



Тульский государственный университет

Донецкий национальный технический университет

Белорусский национальный технический университет

**Научно-образовательный центр геоинженерии,
строительной механики и материалов**

**6-я Международная конференция
по проблемам горной промышленности,
строительства и энергетики**

**СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЭНЕРГЕТИКИ**

Материалы конференции

Том 2

*Под общей редакцией
доктора техн. наук, проф. Р.А. Ковалева*

**Тула - Донецк – Минск
27 – 29 октября 2010 г**

«Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» - 6-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики.

Материалы конференции: ТулГУ, Тула, 2010, Т2, 534 с.

В сборнике представлены материалы научных исследований по эффективным технологиям в области геоэкологии, геотехнологиям, мониторингу природно-техногенной среды, технологиям переработки и хранения отходов производства, экономике природопользования, механике материалов и строительных конструкций; технологиям и экологическим проблемам строительных материалов; эксплуатации, обследованию и усилению строительных конструкций; архитектуре и архитектурному проектированию; технологии, организации, управлению и экономике строительного производства; энергетике, энергосбережению, электрооборудованию и электроснабжению; теплогазоснабжению, санитарно-техническим системам и оборудованию.

Предложены способы оценки, прогнозирования и контроля техногенного загрязнения окружающей среды. Обсуждаются вопросы безопасности подземных горных работ, а также проблема управления риском потенциально опасной деятельности.

Сборник предназначен для научных, инженерно-технических работников и студентов, изучающих проблемы создания системы научных знаний и их эффективного практического применения при решении социально-экономических и экологических задач в горной промышленности, строительстве и энергетике.

Организационный комитет благодарит ученых, специалистов и руководителей производств, принявших участие в работе конференции, и надеется, что обмен информацией был полезным для решения актуальных задач в области фундаментальных и прикладных научных исследований, производственной деятельности и в образовательной сфере.

ISBN

© Авторы материалов, 2010

© Изд-во ТулГУ, 2010

Tula State University

Donetsk national technical university

Belarusian national technical university

**Scientific-educational centre of geoengineering,
building mechanics and materials**

**The 6-st International Conference
on the Mining Industry, Building and Energetics Problems**

**SOCIO-ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL
PROBLEMS OF THE MINING INDUSTRY,
BUILDING AND ENERGETICS**

Materials of the Conference

Volume 2

**Under the editorship of Doctor of Science,
Professor Roman A. Kovalev**

**Tula – Donetsk – Minsk
27 - 29 October 2010**

УДК 622:001.12/18:504.062(1/9);620.9+502.7+614.87

«Socio-economic and Environmental Problems of the Mining Industry, Building and Energetics» - the 5-st International Conference on the Problems of the Mining Industry, Building and Energetics.

Conference materials: Tula State University, Tula, 2010, 534 p.

There is information about scientific research by effective technologies at the environmental protection area, geotechnologies, monitoring natural and man-caused environment, reprocessing and storage industrial wastes technologies, nature management economics, mechanics of materials and building constructions; technological and environmental problems of building materials; exploitation, inspection and strengthening the building constructions; architecture and architectural designing; technology, organizing, management, and economics of building industrial; energetics, energy-saving, electrical equipments and electric power supply; heat and gas supply, sanitary-technological systems and equipment in the collection of papers.

Methods of estimating, forecasting and man-caused controlling of environmental polluting were proposed. Underground mining safety and the problem of management by potential dangerous activity risk are discussed.

The collection of papers is meant for scientists, engineers and students, which studying problems of creating scientific knowledge system and their effective practical using for solving socio-economic and environmental problems at the mining industry, building and energetics.

Organizational committee thanks the scientists, specialists and chiefs of enterprises taking part in working the Conference and hopes for that the information changing has been useful for solving topical problems at the fundamental and applied scientific researches area, practical business activity and education sphere.

ISBN

© Authors of materials, 2010
© Tula State University, 2010



СТРОИТЕЛЬСТВО, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ

УДК 547.3

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Гурылева В. Л., Тамаров В.В.

*Ярославский государственный технический университет,
г. Ярославль, Россия*

Изучены понятие и виды малоэтажного строительства, выявлены основные причины сдержанного роста индивидуального жилищного строительства, определены плюсы и минусы возведения малоэтажных зданий, рассмотрены вопросы ценообразования на рынке индивидуального жилья.

За последние несколько лет объемы малоэтажного индивидуального строительства значительно возросли, а конкретнее более чем на 40 %. Статистика показывает, что индивидуальное домостроение в 2010 году выросло на 147 % по сравнению с 2009 годом.

Малоэтажное домостроение часто называется перспективным сегментом жилищного строительства. Эта тема обсуждается и в органах местного самоуправления, и на заседаниях Госсовета при президенте, и на всевозможных научно-практических конференциях. Ожидается, что более активное строительство малоэтажных домов предоставляет реальную возможность снизить себестоимость квадратного метра жилья в России, а также будет способствовать решению жилищных проблем многих слоев населения, в том числе и молодежи. При этом развернуться малоэтажному строительству, скорее всего, предстоит в регионах. То, что строительная отрасль может стать локомотивом всей промышленности России, говорилось неоднократно, но темпы разви-

тия даже в предусмотренном нацпроекте более чем скромные и не позволяют даже в ближайшие 20-30 лет приблизиться к уровню западных стран ни по качественным показателям, ни по количественным. Сегодня в России строится 0,5 кв.м. на человека в год. За рубежом эти показатели от 1 до 3,5 кв.м в год на человека. Китай строит 1 кв.м жилья на человека в год и с каждым годом темпы строительства стремительно растут. Сегодня на одного жителя России приходится 19,7 кв. м жилья. В Германии 35, в Канаде 40, в США 70 кв.м. жилья на человека. Если начинать с этих позиций, то уже сегодня необходимо как минимум удвоить темпы роста строительства. Но если учесть качественное состояние жилья: объём неотложных капремонтов, реконструкции жилья (более 550 млн.кв.м. жилья) и выбывания ежегодно до 30 млн. кв. жилья, то темпы роста строительства жилья нужно утроить.

В практике отечественного градостроительства, малоэтажным принято считать комплекс зданий, этажность которых не превышает трех этажей. Однако, учитывая имеющиеся тенденции по общему росту этажности при комплексном жилищном строительстве, с учетом современного состояния рынка недвижимости, некоторые специалисты считают целесообразным пересмотреть данное определение.

Для современного определения "малоэтажный комплекс" используются следующие критерии:

- Дома с квартирами.
- Этажность не более 9-ти этажей.
- Расчетная плотность застройки не должна превышать 250 чел/га.
- Придомовая территория - общественная, без выделения участков собственникам квартир (в аренду или собственность).
- В каждом доме существует подъезд (на несколько квартир).
- В каждом подъезде существуют общественные зоны: холлы, лестничные пролеты.
- В домах есть техподполья или техэтаж/чердак, откуда разводятся и где собраны коммуникации со всего дома: водопровод, канализация и пр.
- Дома оборудованы как минимум пожарной сигнализацией.
- В домах существует понятие сантехнического стояка, общего для нескольких квартир.

Класс определяется сочетанием местоположения и характеристик собственно проекта.

На сегодняшнем рынке представлено две категории малоэтажной застройки:

- 1 эконом-класс;
- 2 бизнес-класс.



Основные отличительные характеристики категории «бизнес» от категории «эконом»:

- огороженная, охраняемая благоустроенная территория;
- организованная автомобильная парковка;
- высота потолков не менее 2,9м в чистоте.

Первоочередным фактором для определения класса является местоположение, хотя есть примеры, когда недостатки местоположения компенсируются высокими качественными характеристиками проекта. Внутри категорий можно достаточно широко подразделять подкатегории, по различным признакам: местоположению, цене, количеству квартир, используемым материалам строительства, развитости инфраструктуры и сервисов, инженерному оснащению, удаленности от центра и пр.

Малоэтажное строительство является одним из самых перспективных секторов экономики с годовым объёмом на уровне 6 млрд. евро. Тем не менее, рост индивидуального жилищного строительства сегодня сдерживается, основные тому причины: отсутствие «активной» градостроительной политики и территориального планирования на всех уровнях власти, а также несовершенство законодательства. Действующее жилищное, земельное и градостроительное законодательства:

- 1 не учитывают особенности отношений, возникающих при реализации возможного осуществления объединениями граждан комплексного малоэтажного жилищного строительства;
- 2 не устанавливают формы таких объединений и особенности осуществления ими деятельности;
- 3 в полной мере не регламентируют отношения, возникающие по поводу общего имущества в малоэтажной застройке;
- 4 не предусматривают формы возможной государственной поддержки указанных объединений граждан;
- 5 не предусматривают упрощенного предоставления данным объединениям граждан земельных участков для их комплексного освоения путем малоэтажного строительства.

К плюсам малоэтажного строительства можно отнести простое и быстрое внедрение новых передовых технологий. Строительство малоэтажного объекта занимает меньшие сроки. Предоставляется возможность адаптации под индивидуальные пожелания и требования клиента (как планировки внутреннего пространства дома, так и благоустройства придомовой территории).

Большим недостатком является то, что подводящая инженерная инфраструктура на земельном участке малоэтажного комплекса рассчитана на меньшее количество единиц жилья, что не снижает, а уве-

личивает уровень сложности и разветвлённости организации сетевого инженерного обеспечения при строительстве. А также усложняется система контроля качества строительного производства ввиду повышенной степени индивидуальных решений в проектах малоэтажных комплексов.

Самый актуальный вопрос, который неизбежно возникает на любых конференциях и совещаниях, посвященных малоэтажному строительству – это стоимость жилья. Эксперты рынка прекрасно осознают, что высокий спрос на загородные дома в России возможен при соблюдении нескольких обязательных условий. Первое – качество жилья должно быть ничуть не ниже, чем качество городских квартир. Другими словами и планировка, и инженерные системы частных домов должны быть не хуже, чем в современных новостройках. Второе – стоимость жилья в индивидуальных домах должна быть ощутимо более низкой, чем в многоквартирном доме. Только в этом случае, многие представители городского среднего класса согласятся на переезд из городской черты в близлежащий пригород, и только тогда малоэтажное строительство сможет составить реальную альтернативу строительству многоквартирных домов. По мнению специалистов фонда развития жилищного строительства стоимость готового жилья с учетом цены земельного участка и инфраструктуры должна составлять около 25 000 - 30 000 рублей за 1 квадратный метр. В противном случае, данное предложение будет недоступным для среднего класса. Но и эта цифра является слишком высокой. Во всяком случае, ажиотажного спроса на дома по такой цене не прогнозируется (стоимость строительства жилого малоэтажного дома определена от 18000 руб. за 1 м² на 01.05.2010г.).

Резервы снижения цены на малоэтажное строительство сегодня напрямую связаны с удешевлением земельных участков и инженерной инфраструктуры. Другими словами — от эффективности государственно-частного партнерства и синхронных усилий власти и бизнеса. Подсчитано, что только 25% в структуре стоимости дома составляет себестоимость строительства. 15% приходится на отделку, 30–35% — проведение коммуникаций к поселку и внутри него и 30% — на землю.

Речь идет, прежде всего, об инновационных технологиях малоэтажного строительства. Для государства непринципиально из чего строятся новые дома, но классический материал — кирпич слишком дорог для нового покупателя. Кроме того, «каменщики» трудятся над домом годами. Быстровозводимые технологии малоэтажного строительства позволяют сдать объект от нуля под ключ в течение 2–3 месяцев, а в отдельных случаях срок стройки измеряется даже не меся-



цами, а днями. Столь форсированные темпы приносят дополнительную экономию, также отражающуюся на стоимости жилья.

Единственная возможность ощутимо снизить цены в малоэтажном строительстве – это применение современных технологий, в частности строительство сборных, каркасных домов по канадской технологии.

В деревянном домостроении применяются, в основном, три известные архитектурно-строительные системы: домостроение из массивной древесины, каркасное и панельное домостроение. Как полагают специалисты, структура деревянного домостроения на ближайшие 10-15 лет (по оптимистическому прогнозу) будет выглядеть следующим образом:

- 1 домостроение из массивной древесины — 35-40%;
- 2 панельное деревянное домостроение — 30-35%;
- 3 каркасное деревянное домостроение — 25-30%.

Строительство блокированных жилых домов с числом блок-квартир от четырех до десяти позволит снизить строительную стоимость квартиры по сравнению с отдельно стоящим домом на 20-25%, а также затраты на отопление — на 35-40%, на прокладку инженерных сетей и благоустройство территории — на 40-45%

Проблема заключается в том, что при продвижении этих технологий строители и руководители самого разного ранга наталкиваются на боязнь людей переезжать из старых бетонных коробок в сборные дома, даже большей площади. Сказываются годами сформированные стереотипы, а также ошибки, совершенные строителями первых каркасных домов в России. Россияне привыкли к железобетонным домам, деревянные каркасные строения с утеплителем внутри кажутся им ненадежными. Однако немалую ставку стоит делать именно на каркасное малоэтажное домостроение, как на наиболее перспективный способ решения проблемы доступного жилья в России. Ведь именно каркасное малоэтажное строительство из SIP панелей помогло в своё время решить проблему доступного жилья в Северной Америке и странах Северной Европы. Поэтому рекомендуется более тщательно работать с населением, разъяснять все выгоды новых материалов и убеждать потенциальных покупателей индивидуальных домов эконом-класса в качестве и надежности новых технологий в сфере малоэтажного строительства.



УДК 621.926.553

ОСОБЕННОСТИ КОНТУРА КОРРЕКЦИИ ПО УРОВНЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЗАГРУЗКИ СЕПАРАТОРНОЙ ЦЕМЕНТНОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Сибирцева Н.Б., Потапенко А.Н., Кладиев А.Н.

Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

Применяемые методы измерения уровня измельчаемых компонентов в цементной мельнице направлены на определение уровня загрузки в одной из камер или в целом в мельнице, но отсутствуют методы измерения уровня загрузки каждой камеры мельницы, что важно как с позиции энергосбережения, так и с позиции получения качества готового продукта.

Основной существующий метод измерения уровня измельчаемых компонентов основан на электроакустическом принципе, заключающемся в измерении шума в одной из камер цементной мельницы, как правило, в 1-ой камере [1]. Из современных методов измерения уровня загрузки цементных мельниц необходимо отметить вибрационный подход, основанный на измерении вибраций одной из опор этих мельниц. Известен гидравлический принцип измерения уровня загрузки сырьевых мельниц. Особенность этого метода заключается в измерении уровня загрузки мельницы с помощью датчика давления, находящегося в системе централизованной маслосмазки подшипников этой мельницы [2].

Для применения гидравлического принципа измерения уровня загрузки в цементных мельницах рассмотрим процесс измельчения и смешивания клинкера и добавок, который осуществляется в трубных шаровых мельницах. Одна из технологических схем измельчения исходных компонентов в сепараторной цементной мельнице показана на рис. 1. Добавки подаются в мельницу в соотношениях с клинкером в зависимости от марки выпускаемого цемента.

Основные элементы процесса измельчения компонентов в цементной мельнице следующие. Бункер клинкера 1.1, бункер гипса 1.2. и бункер добавок 1.3 (группа элементов 1). Компоненты дозируются питателями-дозаторами (группа элементов 2). Ленточными конвейерами 3 эти компоненты подаются в воронку 4 мельницы 5. Первая камера 5.1 загружается шарами, вторая 5.2 – цельпесками. Измельченный материал 6 подается в элеватор 7, а затем с помощью пневматического конвейера 8 подается в сепаратор 9. Тонкая фракция 10 с помо-



стью циркулирующего воздуха подается в рукавный фильтр 11. В этом фильтре выделяется готовый продукт 12 и подается в силоса. Очищенный воздух частично выбрасывается в атмосферу 13, а другая его часть 14 поступает в сепаратор 9. Крупка 15 из сепаратора возвращается в воронку 4 мельницы. Удаление пыли 16 из мельницы 5 осуществляется через аспирационную коробку 17, а затем она попадает в другой фильтр. Грубые фракции 18 из аспирационной коробки 17 подаются в ковшовый элеватор 7, а мелкие фракции из рукавного фильтра в силоса для цемента.

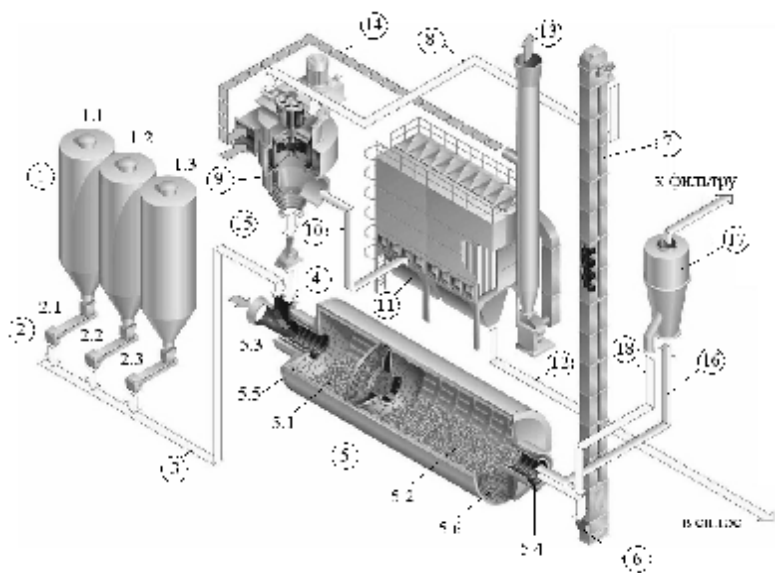


Рис. 1. Технологическая схема измельчения материалов в цементной мельнице

Автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ) цементными мельницами обеспечивают эффективность процесса измельчения с учётом функционирования локальных систем автоматического регулирования (САР). В состав локальных входят также САР для обеспечения смазки трущихся частей механизмов мельницы на основе централизованных маслостанций, предназначенных для стабилизации температурного режима работы подшипников мельницы, редукторов и подшипников главного электродвигателя мельницы. Схема расположения систем централизованной смазки мельницы показана на рис. 2.

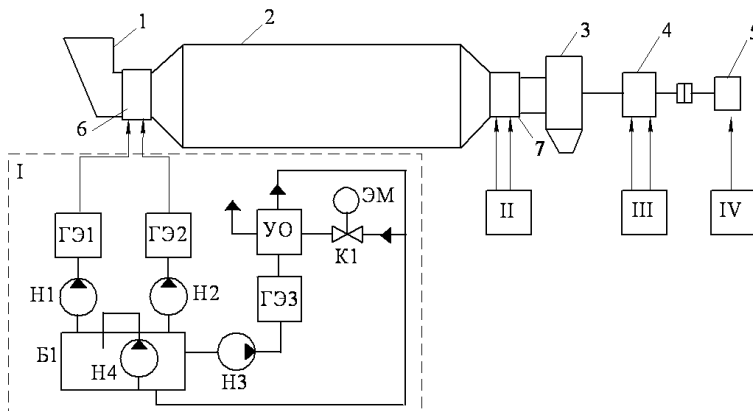


Рис. 2. Централизованные системы смазки цементной мельницы

На схеме показаны основные элементы оборудования (рис. 2), а именно, загрузочная часть 1 мельницы 2 и её разгрузочная часть 3, редуктор привода 4 и главный электродвигатель мельницы 5. Загрузочная 1 и разгрузочная 3 части цементной мельницы 2 включают цапфы, связанные с торцевыми крышками мельницы и опираются на входные 6 и выходные 7 подшипники с баббитовой заливкой, которые смазываются жидкой смазкой. В состав централизованной системы жидкой смазки цементной мельницы входного подшипника входят насосы высокого Н1 и низкого Н2 давления, циркуляционный насос Н3 для охлаждения масла в системе смазки, погружной насос Н4 для перемешивания масла в маслобаке, элементы гидросистем этих насосов ГЭ1 – ГЭ4 (фильтры, обратные клапаны, предохранительные клапаны и др.), устройство охлаждения УО (маслоохладитель), через который по одним каналам циркулирует нагретое масло, а по другим – охлаждающая жидкость из системы охлаждения СО, регулирующий клапан К1 с электрическим приводом ЭМ и маслобак Б1 с нагревательными элементами НЭ.

Схема систем смазки цементной мельницы включает три централизованные системы жидкой смазки: входного подшипника мельницы (I); выходного подшипника мельницы (II); редуктора главного привода (III). Подшипники главного электродвигателя обслуживается специализированной станцией густой смазки (IV).

В условиях работы цементной мельницы высокие температуры ведут к опасным ситуациям для трущихся частей механизмов мельни-



цы. В связи с этим в централизованных системах смазки предусмотрено охлаждение масла на базе маслоохладителя. Схема системы централизованной смазки для одного из подшипников цементной мельницы с применением насосов высокого и низкого давления показана на рис. 3.

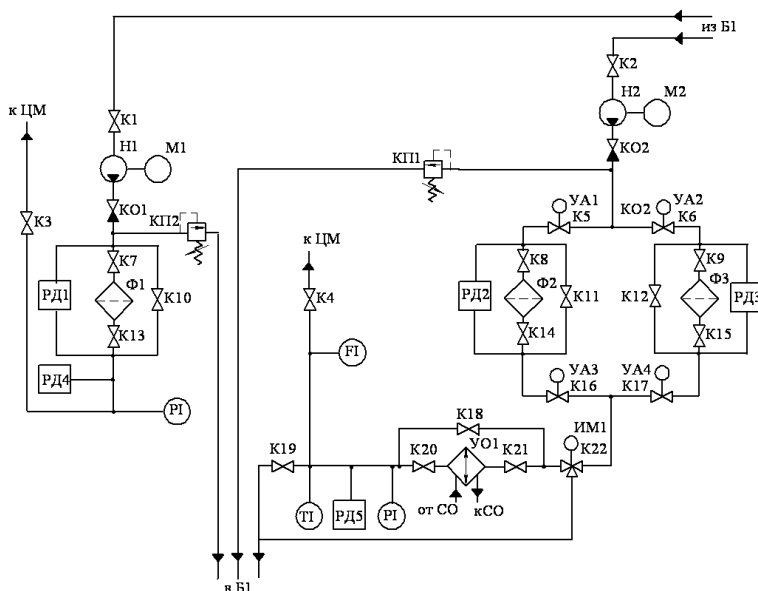


Рис.3. Схема основной части системы смазки подшипника цементной мельницы

Обозначения элементов системы смазки подшипника на схеме следующие: шаровые краны К1-К4, К7-К15, К18-К21, электроприводы М1 и М2 соответственно насосов Н1 и Н2 мельницы, предохранительные клапаны КП1 и КП2, клапаны обратные КО1 и КО2, клапаны К5, К6, К16, К17 с соответствующими электромагнитными приводами УА1-УА4, маслофильтры Ф1-Ф3, реле перепада давления РД1-РД3, реле давления РД4 и РД5, маслоохладитель УО1, трёхходовой регулирующий клапан К22 с исполнительным механизмом ИМ1, приборы для измерения соответственно расхода FI, давления PI и температуры TI. Дополнительные обозначения следующие: цементная мельница ЦМ (подача жидкой смазки к подшипнику), маслобак Б1, система охлаждения СО жидкой смазки.

Анализ автоматизированной системы смазки мельницы показывает следующее. Во-первых, возможно получение первичной информации от датчика давления, находящегося в одной из систем централизованной смазки I или II (см. рис. 2), для использования этой информации в автоматизированной системе загрузки мельницы, так как изменяется давление при изменении степени загрузки мельницы. Во-вторых, для получения функциональной связи между загрузкой мельницы и давлением в гидросистеме насоса/насосов систем централизованной смазки необходимо обеспечить стабилизацию расхода жидкого масла в системах I и II мельницы. В-третьих, необходимо предусмотреть компенсацию возмущающих воздействий в работе систем централизованной смазки I или II с учетом нагрева или охлаждения масла в различные периоды года.

В связи с изложенным новизна предполагаемых научных результатов работы заключается в разработке способа и технических решений для разработки контура коррекции по уровню измельчаемых компонентов в цементной мельнице, а также в алгоритмах и компьютерной поддержке автоматизированного управления процессом загрузки этой мельницы.

Техническую и практическую значимость имеют, во-первых, компьютерная поддержка для АСДУ цементной мельницы, а во-вторых, разработка на базе проведенных исследований энергоэффективных технических решений для контура коррекции по уровню с целью измерения уровня измельчаемых компонентов в камерах мельницы.

В централизованных системах смазки подшипников предусмотрено основное охлаждение жидкой смазки маслобака Б1 на базе маслоохладителя УО1, как показано на рис. 4. Для этой системы охлаждения масла предусматриваются условия, чтобы Б1 и УО1 находились в непосредственной близости от мельницы с возможностью регулирования температуры циркулирующей жидкой смазки на основе применения локальной САРЗ, что позволяет уменьшить время запаздывания в гидросистемах.

Обозначения на схеме (рис. 4) следующие: маслобак Б1, насос НЗ с электроприводом МЗ, предохранительный клапан КП1, клапан обратный КО1, маслофильтры Ф1 и Ф2, реле перепада давления РД1 и РД2, шаровые краны К2-К8, трёхходовой клапан К1 с исполнительным механизмом ИМ1, маслоохладитель УО1 и система охлаждения СО.

Исследуемым объектом управления (ОУ1) в локальной САРЗ является процесс охлаждения жидкой смазки маслобака по каналу регулирования «температура масла – расход жидкой смазки через масло-



охладитель». Регулируемая величина ОУ1 – температура масла, а регулирующая величина – расход жидкой смазки через УО1. Следует отметить, что выбранный канал регулирования ОУ1 позволяет практически исключить дополнительное охлаждение жидкости в маслоохладителе гидросистемы насоса низкого давления Н2.

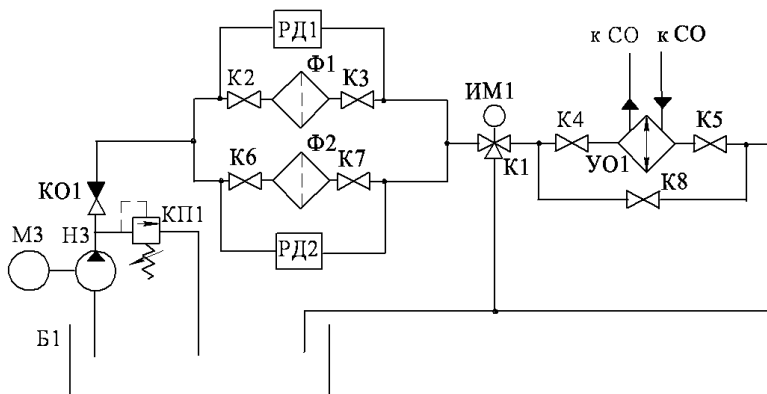


Рис.4. Схема системы охлаждения жидкой смазки гидробака

Как показала практика, уравнение движения ОУ1 можно представить в виде неоднородного дифференциального уравнения 2-го порядка следующего вида

$$\tau_1 \tau_2 \frac{d^2 T_o(t)}{dt^2} + (\tau_1 + \tau_2) \frac{dT_o(t)}{dt} + T_o(t) = k_1 G_o(t), \quad (1)$$

где k_1 – коэффициент передачи ОУ1; τ_1 τ_2 – постоянные времени рас- пределённого ОУ1; $T_o(t)$ – температура масла на сливе в бак Б1; $G_o(t)$ – расход жидкой смазки через маслоохладитель УО1.

Уравнение неразрывности струи с учётом разделения потоков с помощью трёхходового клапана К1 имеет следующий вид

$$G_c(t) = G_o(t) + G_1(t), \quad (2)$$

где $G_c(t)$ – расход жидкой смазки в трубопроводе на сливе жидкой смазки в Б1; $G_1(t)$ – расход жидкой смазки через перемычку, связывающую трёхходовой клапан К1 с трубопроводом на сливе жидкой смазки в Б1.

Учитывая, что $G_o = G_c = \text{const}$ в каждый момент времени ($G_o(t)$ – расход жидкой смазки на входе трёхходового клапана К1), то из (2) следует соотношение:

$$G_o(t) = G_c(t) - G_1(t). \quad (3)$$

Рассмотрим участок на сливе жидкой смазки в Б1 с учётом расход жидкой смазки через перемычку, связывающую трёхходовой клапан К1 с трубопроводом на сливе жидкой смазки в Б1 и расход жидкой смазки через маслоохладитель УО1. С учетом закона сохранения количества теплоты и уравнения (3) получим следующее выражение:

$$G_c(t) T_c(t) = G_1(t) T_6(t) + (G_c(t) - G_1(t)) T_o(t), \quad (4)$$

где $T_c(t)$ – температура жидкой смазки в трубопроводе на сливе жидкой смазки в Б1; $T_6(t)$ – температура жидкой смазки через перемычку, связывающую трёхходовой клапан К1 с трубопроводом на сливе жидкой смазки в Б1, причём температура жидкой смазки на вход трёхходового клапана К1 и температура жидкой смазки через перемычку равны; $T_o(t)$ – температура жидкой смазки после маслоохладителя УО1.

В этом случае мы получаем математическую модель исследуемого процесса, в виде системы из 3-х уравнений (1), (2) и (4).

В заключение следует отметить. Разработка контура коррекции по уровню автоматизированной системы загрузки сепараторной мельницы на основе программно-технического комплекса с определением информации о загрузках одной из камер этой мельницы и в целом цементной мельницы, с возможностью вычисления соотношения измельчаемых компонентов в её камерах и с интеграцией разрабатываемой системы в АСДУ цементной мельницы необходима для повышения в целом эффективности автоматизированной системы управления цементной мельницей. Новизна предполагаемых результатов работы заключается в разработке технических решений контура коррекции по уровню загрузки автоматизированной цементной мельницы, а также в алгоритмах и компьютерной поддержке автоматизированного управления этим процессом.

Библиографический список

1. Автоматизация производственных процессов в промышленности строительных материалов/ Под редакцией В.С. Кочетова. – Л.: Стройиздат, 1986. – 286 с.
2. Троп, А.Е. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик/ А.Е. Троп, В.З. Козин, Е.В. Прокофьев. – М.: Недра, 1986г. – 303с.





УДК 625.745.1-047.43

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Семашко С.В., Щербаков А.С.

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

Рассмотрены некоторые особенности состояния мостовых сооружений через систему управления эксплуатацией мостов (СУЭМ), определены цели национальной политики по эффективному решению улучшения состояния мостовых сооружений в России.

«Из всего, что воздвигает и строит человек, повинуюсь жизненному инстинкту, на мой взгляд, нет ничего лучше и ценнее мостов»
(Иво Андрич. ...Человеку и Человечеству.)

В течение последних десяти лет в России существенные преобразования затронули всю область промышленного и жилищного строительства, а также эксплуатацию зданий и сооружений. Не остались в стороне от «эпохи перемен» и мостостроение, и эксплуатация мостовых сооружений.

Известно, что безопасная эксплуатация мостов в современных условиях в значительной мере определяется достоверностью оценки текущего состояния мостовых сооружений и своевременным проведением комплекса ремонтных и профилактических работ. В процессе эксплуатации мостовые сооружения подвергаются неблагоприятному воздействию со стороны ряда факторов. К этим факторам относятся: природно-климатические воздействия, постоянные и переменные нагрузки; различные химические вещества (природного и техногенного генезиса). Вследствие неблагоприятных воздействий в элементах мостового сооружения растет число повреждений и дефектов, накопление которых приводит к тому, что материал конструкций претерпевает ряд структурных преобразований, которые снижают прочностные характеристики использованных материалов. Интенсивность развития повреждений является одним из основных, трудно контролируемых факторов, отвечающим за разрушение конструкций. Предотвратить эти разрушения возможно только при своевременном анализе имеющихся дефектов и повреждений.

Следовательно, на современном уровне научно-методического и технического обеспечения, наиболее целесообразно проводить выяв-

ление и устранение различных дефектов и повреждений на основе комплексирования технологий, которые позволяют проводить оценку текущего состояния и осуществлять прогнозирование технического состояния мостовых сооружений.

В настоящее время почти все европейские страны имеют официальные национальные системы управления мостами, которые начали создаваться с начала 80-х годов прошлого столетия. Подобной системы в России нет. В нашей стране одновременно сосуществуют несколько систем для разного уровня управления (федерального, территориального, городского и т.д.), по ряду вопросов плохо согласованных между собой. Такое положение дел связано с тем, что при построении этих систем использовались разные подходы, а цели и задачи эксплуатации и содержания мостов на разных уровнях не всегда достаточно хорошо увязаны между собой.

В тоже время, за последние десять лет дорожно-мостовая наука России нашла эффективные решения для ряда актуальных задач, связанных с повышением надежности и долговечности автомобильных дорог и дорожных сооружений. Одним из наиболее значимых, положительных результатов следует признать и разработку модели системы управления эксплуатацией мостов, путепроводов и других мостовых сооружений (1990-1991г.г.). Выбор путей совершенствования управления мостами основывался на анализе опыта, накопленного в России, наметившихся тенденций к 1990 г., а также на анализе зарубежного опыта [3]. Апробация этой модели проходит в Федеральном дорожном департаменте Министерства транспорта Российской Федерации. На сегодняшний день накоплено достаточно данных для того, чтобы убедиться в том, что реализация этой модели управления в масштабе всей страны позволит рационально расходовать выделяемые средства. Актуальность этой работы подтверждается и тем, что в настоящее время она соответствует официально провозглашенным задачам модернизации дорожного хозяйства.

Предполагается, что новая система управления должна быть настолько увязана с концепцией эксплуатации, чтобы иметь возможность влиять на эксплуатацию посредством финансирования и контроля качества работ. Создание работоспособной и эффективной системы эксплуатации невозможно без наличия достоверной информации о мостовых сооружениях. Основные требования к информации, её сбору и обновлению, следующие:

- привлечение только специализированных организаций;
- возможность автоматизации на всех этапах сбора и обработки;



- выбор наиболее достоверных и значимых критериев для оценки состояния мостов;
- объем, достаточный для обоснования выводов и принятия решений.

Важным звеном в управлении является прогноз изменения состояния сооружений. Для повышения объективности необходимо, чтобы прогнозирование осуществлялось на основе достоверной информации, с использованием качественных и количественных характеристик, а не только на основе экспертных оценок. Не менее важным направлением совершенствования системы управления эксплуатацией мостов (СУЭМ) является создание соответствующей системы нормативной документации, обеспечивающей возможность единого подхода к оценке состояния мостовых сооружений.

Отметим, что к концу 90-х годов прошлого века были достигнуты положительные результаты по внедрению новых технологий, которые позволили:

- применить новые технические и технологические решения при содержании и ремонте мостов;
- внедрить систему диагностики и определить ее регламент;
- приостановить накопление и начать снижение количества мостов, требующих ремонта (так называемый «недоремонт»).

Наличие достигнутых положительных результатов не привело к совершенствованию отечественной системы управления мостами. В течение 1991 - 1995 гг. темп накопления «неудовлетворительных» мостов увеличился. «Недоремонт» значительно превышал темп строительства. Причин неудач начинаний 1990 - 1991 гг. несколько:

- во-первых, не удалось изменить систему планирования ремонтных работ, предполагающей планирование на основании расчетов остаточного ресурса, эффективности капитальных вложений и приоритетности;
- во-вторых, не состоялся переход на новую систему оценки технического состояния;
- в-третьих, не удалось отработать систему контроля качества работ по содержанию и ремонту мостов.

Также не удалось обеспечить взаимосвязь между различными видами работ: уходом, профилактикой, планово-профилактическими работами, ремонтом и видами надзора. Без этой взаимосвязи невозможно обеспечить своевременность проведения работ по надзору и его эффективность на разных стадиях жизни сооружения.

Анализ зарубежного опыта по использованию таких систем показывает значительный прогресс за рубежом в практическом решении

вопросов управления. Это необходимо учитывать при корректировке отечественной СУЭМ, на что указывается в «Концепции улучшения состояния мостовых сооружений на период 2002 - 2010 гг.» [1].

На международном симпозиуме, состоявшемся в Нижегородской области в 2007г., прошли обсуждения на тему: «Прогрессивные технические решения и мониторинг в строительстве, ремонте и содержании мостовых сооружений». В результате состоявшихся дискуссий были выделены следующие приоритетные направления в строительстве, ремонте и эксплуатации мостовых сооружений [2]:

- подготовка высококвалифицированных специалистов по проектированию, строительству, диагностике, ремонту, реконструкции и эксплуатации мостовых сооружений, обладающих необходимыми знаниями новых материалов, конструктивных решений и технологий;

- развитие экспериментально-теоретических методов диагностики эксплуатационного состояния мостовых сооружений с использованием различных физических эффектов с применением компьютерных технологий обработки данных;

- совершенствование существующих и разработка новых конструктивных решений и технологий строительства, ремонта мостовых сооружений, основанных на использовании новых материалов.

К особенностям современного состояния мостовых сооружений относятся следующие показатели:

- снижение количества мостов с оценкой «хорошо»;

- стабильные показатели общего состояния мостов с оценкой «неудовлетворительно»;

- сохранение на сети дорог большого количества мостов с недопустимо низкой грузоподъемностью (до 15т около 250 сооружений) и недопустимо малым габаритом (аварийный габарит - более 250 сооружений);

- отсутствие тенденции замены деревянных мостов на капитальные;

- приостановление снижения «недоремонта» (остается на уровне 2002 г.);

- невозможность движения автомобилей с расчетной скоростью не более 50% сооружений;

- отсутствие планируемых показателей по долговечности сооружений: по времени эксплуатации в работоспособном состоянии (28 лет вместо требуемых 35 лет и более); по времени эксплуатации до предельного износа (50 лет вместо требуемых 65 -70 лет).

Основной целью усовершенствования системы управления мостами является улучшение транспортно-эксплуатационного состояния



сооружений и повышение качества услуг, предоставляемых пользователям дорог.

Известно, что мостовое сооружение за свою жизнь проходит три важнейших этапа эксплуатации [3].

Первый этап. Построенное сооружение эксплуатируется какое-то время без снижения надежности. За этот период бездефектной эксплуатации протекают основные длительные деформации (усадка и ползучесть), возрастает прочность бетона, нормально функционирует система водоотвода и не нарушается изоляция у деформационных швов, водоотводных трубок, стоек ограждений и тротуаров. Вероятность безотказной работы сохраняется на уровне, обеспечиваемом СНиП 2.05.03-84* ($P > 0,9986$; индекс надежности не менее 3,0) [4]. В указанный период за мостом осуществляется лишь уход. Продолжительность этого периода зависит от качества строительства и составляет от 5 до 8 лет (по данным на 2005 г.).

Второй этап характеризуется возникновением и развитием дефектов, изменением свойств бетона и коррозией металла. Появляются отказы в элементах, срок службы которых ниже, чем пролетных строений (в покрытии, деформационных швах, системе водоотвода, изоляции и т.д.). Продолжительность второго этапа определяется временем, за которое вероятность безотказной работы пролетного строения снижается до 0,9, т.е. индекс надежности уменьшается до 1,3. За этот период за мостом ведется уход и периодически выполняются профилактические работы в рамках работ по содержанию. Продление указанного этапа возможно при проведении планово-предупредительных работ (ППР), которые могут отодвинуть работы по ремонту и капитальному ремонту моста на 5 - 15 лет. Экономическая целесообразность такого «смещения» капитальных затрат очевидна.

Снижение индекса надежности на 1,7 означает, что дальнейшая эксплуатация моста по первоначальной схеме невозможна, мост должен закрываться на ремонт или реконструкцию, поскольку работоспособность пролетных строений оказалась исчерпанной. Если выполнение ремонта задерживается и по каким-то причинам должно быть перенесено на более поздний срок, дальнейшая временная эксплуатация моста возможна лишь при пересмотре условий нагружения сооружения, т.е. при введении существенных ограничений по массе временной нагрузки и изменении условий движения. Чаще всего после такой временной эксплуатации требуется замена сооружения. Продолжительность этого этапа составляет, как правило, 5-10 лет.

Третий этап - эксплуатация сооружения после ремонта. Продолжительность третьего этапа определяется временем достижения та-

кого состояния сооружения, когда при максимально возможных ограничениях по временной нагрузке вероятность безотказной работы пролетных строений опять достигает 0,9.

Предельный срок службы моста T_{cl} установлен по повторному отказу и характеризует такое состояние, когда ремонтные мероприятия оказываются менее выгодными, чем замена моста.

Таким образом, исходя из современных подходов к оценке обследования и эксплуатации мостовых сооружений, целями управления состоянием мостов являются:

- увеличение периода бездефектной эксплуатации T_0 , что можно осуществить, повысив качество строительных работ (например, за счет организации постоянного контроля на всех уровнях и сопровождения работ) и обеспечив постоянный уход за сооружением с самого первого дня эксплуатации;

- уменьшение темпа износа элементов, которое можно осуществить, проводя постоянный надзор за сооружением и своевременное выполнение профилактических работ;

- выполнение планово-предупредительных работ ранее, чем будет исчерпана работоспособность, что можно эффективно осуществить только при условии организованного надзора и планирования;

- увеличение послеремонтного срока эксплуатации. Этот период характеризуется повышенным темпом износа оставшихся после ремонта элементов и необходимостью, как и после строительства, проведения своевременных и в требуемом объеме работ по содержанию. Ресурс моста может быть существенно продлен, если будут применены при ремонте более долговечные материалы или более надежные технические решения, по сравнению с традиционными. За счет мероприятий, осуществляемых только при содержании, можно увеличить работоспособность сооружения с 28 лет (сегодняшний уровень) до 35 - 50 лет в зависимости от вкладываемых средств. Как следствие, можно увеличить предельный срок службы моста до 70 - 100 лет, а при соответствующей политике ремонта - более 100 лет.

Повышение надежности мостов - одна из основных задач эксплуатации дорожной сети, так как мосты являются наиболее ответственными и сложными элементами дорог. Фактически, именно мосты определяют пропускную способность автомобильных дорог. Вместе с тем, мосты - капиталоемкие объекты строительства, реконструкции и ремонта, поэтому необходимо, чтобы экономический эффект их использования был наибольшим.



Недостаточно мосты построить. Чтобы обеспечить оптимальную долговечность мостов, необходимо проводить большой и сложный комплекс работ по их эксплуатации.

Библиографический список

1. Концепция улучшения состояния мостовых сооружений на федеральной сети автомобильных дорог (на период 2002 - 2010 гг.) / Минтранс России, Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор). - М.: ГП «Информавтодор», 2003.
2. <http://www.bridgeart.ru> Инновационные технологии в строительстве, эксплуатации, ремонте и реконструкции транспортных сооружений
3. <http://base1.gostedu.ru> Управление состоянием мостовых сооружений на федеральной сети автомобильных дорог России
4. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы / Госстрой СССР. - Введ. 01.01.86. - М.: ГП ЦПП Минстроя России, 1996.-214 с.



УДК 624.159.1

НАРУШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СООРУЖЕНИЙ ОТ КРАТКОВРЕМЕННО ДЕЙСТВУЮЩИХ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Самедов А. М., Вапничная В.В., Мани Ага Давудий Джольфи

*Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт», Украина*

Рассмотрено изменение напряжённно-деформированного состояния оснований сооружений из намывного песка, лессовидных супесей и суглинков при коротковременно действующих динамических нагрузках в грунтах при различных влажностях, коэффициентах пористости и скоростях нагружения. Построены диаграммы зависимости между напряжением и общей деформацией. Получены параметры изменения величины избыточных давлений в поровой воде водонасыщенных грунтов от динамических нагрузок и времени перехода на разжижение.

В инженерной практике часто встречаются недопустимые деформации, раскрытие трещин, потери устойчивости и разрушение зданий и сооружений от коротковременно действующих динамических нагрузок. Источниками таких нагрузок являются динамические воздействия при внедрении свай в грунт, сейсмические воздействия, движение грузовых транспортов, вибрация от подвижного состава

железнодорожного транспорта и метрополитена, взрывные волны при добыче полезных ископаемых и т. д. Перечисленные кратковременно действующие динамические нагрузки резко изменяют свойства грунтовых оснований под зданиями и сооружениями, которые состоят из водонасыщенных намывных песков, лессовидных суглинков и супесей, приводят их к разжижению и течению, а также нарушают устойчивость близстоящих зданий и сооружений [1-4], создают аварийные ситуации.

При кратковременно действующих динамических нагрузках в порах грунтов давление не успевает перераспределяться между поровой водой, воздухом и твёрдыми частицами, поэтому создаётся избыточное давление в водонасыщенном массиве, что приводит к разжижению.

Структура намывных песков и лессовидных грунтов при увлажнении - разрушается, а в период кратковременно действующих динамических нагрузок переукладка твёрдых частиц грунта не успевает произойти и они осаждаются. Повышенное избыточное давление провоцирует разжижение грунтов.

При кратковременных динамических воздействиях (ударного или сейсмического характеров) процесс нагружения водонасыщенного грунта сопровождается одновременным развитием обратимой и необратимой частей деформации. Количественное соотношение между этими частями может значительно изменяться даже в пределах одного цикла нагружения, что приводит к существенным качественным различиям отдельных этапов деформирования (рис. 1). Нами были испытаны образцы из намывных песков, лессовидных супесей и суглинков.

Физическое состояние намывного песка до удара характеризовалось следующими параметрами: начальным коэффициентом пористости $e_0=0,79$; весовой влажностью $w=8,9\%$; размером фракций (гранулометрический состав) $d=0,50-0,25$ мм; удельным весом частиц – $\gamma_s=26,4$ кН/м³; удельным весом грунта – $\gamma=15,6$ кН/м³, удельным весом в сухом виде $\gamma_d=14,5$ кН/м³.

Физическое состояние лессовидных супесей до удара: природная влажность $w=0,042$; удельный вес частиц – $\gamma_s=27,4$ кН/м³; удельный вес $\gamma=14,5$ кН/м³; удельный вес сухого грунта $\gamma_d=13,9$ кН/м³; пористость $n=46\%$; угол внутреннего трения $\phi=31^\circ$; сила сцепления $c=0,07$ МПа; влажность, на границе: текучести – $W_L=0,227$; раскатывания $W_p=0,171$; относительная просадочность $\delta=0,108$; коэффициент фильтрации $K_f=0,5$ см/ч, толщина слоя $H=18$ м; коэффициент пористости $e_0=0,818$.

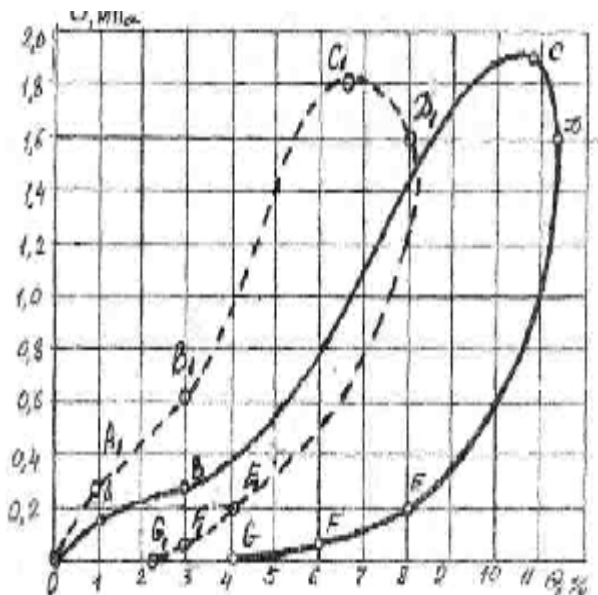


Рис.1. Диаграмма зависимости между напряжением и деформацией для намывного песка: $e_0=0,79$; $w=0,089$; $d\Theta_{s_2}/dt = 80$ 1/сек (пунктирные) и лессовидных супесей: $e_0=0,818$; $w=0,042$; $d\Theta_{s_2}/dt = 80$ 1/сек

Условия динамического деформирования грунта можно определить скоростью изменения напряженного состояния или скоростью деформаций $d\Theta/dt$. Поэтому в качестве характеристики динамического процесса принимаем среднюю скорость деформации при нагружении $d\Theta_{s_2}/dt = 80$ 1/сек для намывных песков и лессовидных супесей. Качество формы диаграммы намывных песков и лессовидных супесей одинакова, но количественно отличается.

Из рис. 1 видно, что на участке ОА преобладают упругие деформации, при этом точка А может рассматриваться как предел пропорциональности (σ_s). Нагружение выше этой точки сопровождается интенсивным развитием пластических деформаций при сохранении темпа возрастания упругой деформации, соответствующий участку ОА. Кривая ОАВ характеризуется упрочняющейся упруго-пластической средой, при этом:

$$\frac{d^2s}{d\Theta^2} < 0. \quad (1)$$

В точке В - перегиб кривой, ее положение определяется условием:

$$\frac{d^2 s}{d\Theta^2} = 0. \quad (2)$$

При дальнейшем росте напряжений продолжается одновременное развитие упругих и пластических деформаций, однако преобладание упругих деформаций в водонасыщенных грунтах уже не происходит, так как грунт разжижается и увеличивается поровое давление воды. Действующее на грунт напряжение в каждый момент уравнивается не только внутренним сопротивлением грунта, но и силами инерции движения разжиженной частицы. Благодаря проявлению вязких свойств скелета грунта, рост деформаций в нем на всем этапе нагружения ОАВС отстает от тех значений, что при более медленном действии данного напряжения, что приводит к повышению предела пропорциональности (σ_s). Однако запаздывание деформаций носит временный характер, что проявляется в продолжении роста деформаций после достижения напряжениями максимального значения (точка С, рис. 1), т.е. имеет место последствие нагружения. Восстановление обратимой части деформации начинается в точке D при напряжении, меньшем максимального, и продолжается на участке DE с монотонно возрастающей скоростью, причем напряжения убывают быстрее деформаций. На участке EF скорость деформации по отношению к напряжению резко возрастает, это явление носит название вторичной пластичности. При полном снятии динамической нагрузки восстановление обратимой части деформации продолжается (участок FG, рис. 1), т.е. наблюдается последствие нагрузки. Площадь диаграммы, ограниченная кривой $\sigma \sim \Theta$ и осью деформаций, характеризует величину поглощенной энергии кратковременных динамических воздействий при разжижении, т.е. диссипативные свойства грунта. Отрезок OG (рис. 1) определяет остаточную деформацию при данных динамических воздействиях. При разгрузке под действием сил инерции происходит разуплотнение грунта, характеризующее разжижение даже при влажности до 10 % намывного песка. Степень запаздывания деформаций зависит от вида грунта, его плотности, влажности, гранулометрического состава и от скорости изменения напряженного состояния под действием кратковременных динамических нагрузок.

В сухом состоянии ($W=3\%$) предварительно уплотненный вибрированием намывной песок (при частоте вибрации 60 Гц и амплитуде 0,35 мм) имел начальный коэффициент пористости $e_0=0,52$, после этого образец был подвержен динамическому удару. Из рис. 2 видно, что для плотного сухого песчаного грунта характеристика нагружения



(участок ОВС) является жесткой ($d2\sigma/d\Theta^2 > 0$), а влияние сил инерции столь значительно, что образуется отрицательная остаточная деформация (точка G), т.е. наблюдается разуплотнение грунта.

Точки со штрихами на диаграмме (рис. 2) соответствуют повторному удару с несколько меньшей скоростью, при этом разуплотнение продолжается (точка G'). Последующие удары (на рис. 2 не показаны) привели к образованию положительной остаточной деформации, однако величина ее незначительна (от 0,4 до 0,6 %).

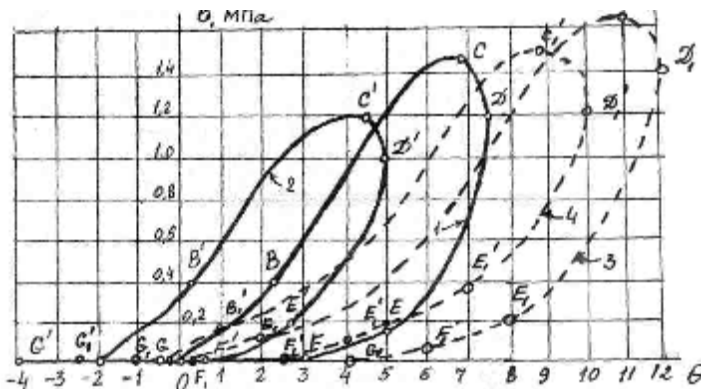


Рис. 2. Диаграмма зависимости между σ и Θ для намывного песка (сплошные линии) 1. $e_0=0,52$; $w=0,03$; $d\Theta_{s2}/dt=40$ 1/сек; 2. $e_0=0,52$; $w=0,03$; $d\Theta_{s2}/dt=32$ 1/сек; для лессовидных супесей (пунктирные линии) 3. $e_0=0,818$; $w=0,042$; $d\Theta_{s2}/dt=40$ 1/сек; 4. $e_0=0,818$; $w=0,042$; $d\Theta_{s2}/dt=32$ 1/сек

Проведенные исследования с намывным песком при тех же параметрах динамических воздействий, но различных влажностях (от 10 до 32 %) показали, что качественный характер диаграммы между σ и Θ соответствует рис. 2, но с увеличением влажности количественные характеристики резко изменяются в сторону роста разуплотнения и разжижения.

Под действием кратковременных динамических воздействий в водонасыщенном грунте резко изменяется поровое давление воды. С увеличением плотности намывных песков разжижения уменьшается.

Динамическое воздействие в лессовидных супесях при увлажнении водой до водонасыщенного состояния $W_{sat}=0,40$ показали, что лессовидные супеси дают просадку и при динамических нагрузках разжижаются. При повторных динамических нагрузках сначала разжижения увеличивается, а затем стабилизируется.

На рис. 3 приведены эпюры распределения избыточных давлений (кПа) в воде для различного количества ударов (рис. 3, а) и различных моментов времени (рис. 3, б) приложения динамического воздействия.

Такой вид эпюры избыточных давлений в поровой воде свидетельствует о наличии для каждого момента времени границы раздела между уплотненной частью песчаного грунта и грунтом, который ещё находится в полностью разжиженном состоянии.

Процесс переукладки частиц намывного песка и лессовидной супеси начинается в нижней части слоя и постепенно распространяется вверх. Вертикальный участок эпюры избыточных давлений (кПа) (рис. 3) соответствует зоне переупакованного грунта, а горизонтальный участок - времени подхода границы между разжиженным и уплотненным песком в точке, в которой измеряется давление. Таким образом, давление в любой точке определяется весом вышележащей зоны разжиженного водонасыщенного массива, которая постепенно уменьшается,

Скорость перемещения границы между разжиженным и уплотненными слоями определяется скоростью отжатия воды из пор грунта под действием кратковременных нагрузок.

Опыты показали, что при увеличении однократно сжимающейся динамической нагрузки в разжижаемых водонасыщенных грунтах, одновременно развиваются упругие Θ_u и пластические Θ_{pl} деформации, сумма которых равна полной объемной деформации Θ , т.е.

$$\Theta = \Theta_u + \Theta_{pl}.$$

На участке нагружения $0 < \sigma < \sigma_s$ имеем $\Theta_u > \Theta_{pl}$, а при $\sigma > \sigma_s$ продолжается рост как упругих, так и пластических деформаций, причем значения пластических могут превышать значения упругих. Упругие и пластические деформации при действующих кратковременных нагрузках в водонасыщенном разжиженном грунте являются функциями скорости динамического нагружения. При различных величинах скоростей динамического воздействия изображения зависимости $\sigma \sim \Theta$ изменяется.

С увеличением скорости динамического воздействия на разжиженный песчаный грунт, начальный модуль деформации E_0 уменьшается и приводит к аварийности зданий и сооружений.

С вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В водонасыщенных грунтах от кратковременных динамических воздействий при забивке свай или уплотнении ударными трамбовками, а также при сейсмических воздействиях, от автомобильного и железнодорожного транспорта - происходят разуплотнения с разжижением.

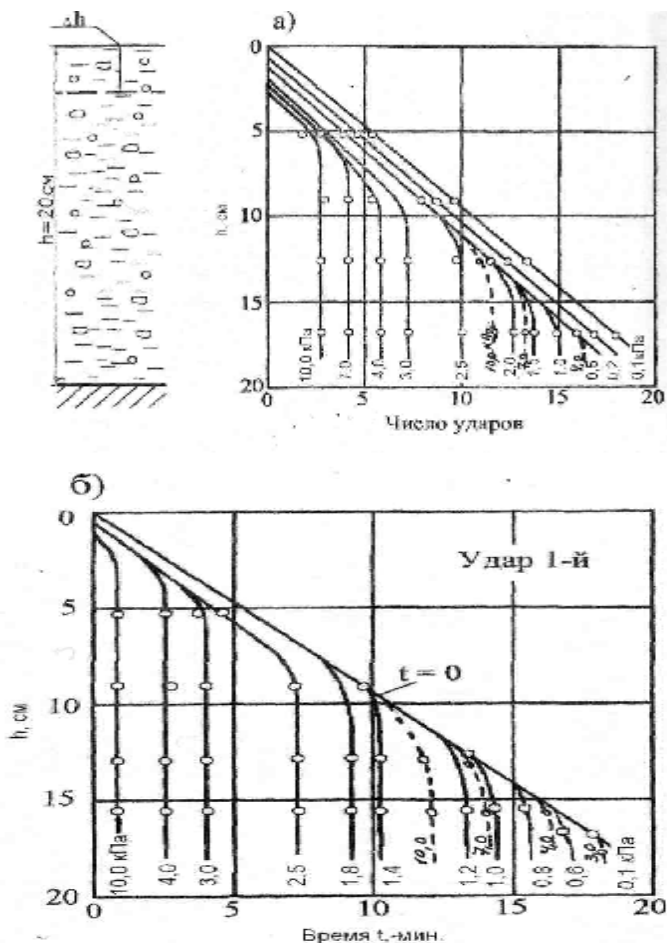


Рис. 3. Величина избыточных давлений в поровой воде при последовательных ударах (а) и изменение давлений в поровой воде после перехода слоя намывного песка и лессовидных супесей в полностью разжиженном состоянии (б). Сплошные линии – намывные пески, пунктирные линии – лессовидные супеси

2. Под действием кратковременных динамических воздействий в водонасыщенном грунте резко изменяется поровое давление воды. Эпюры распределения избыточных давлений в поровой воде зависят от времени приложения динамической нагрузки.

3. Процесс переукладки частиц грунта в разжиженном массиве начинается в нижней части слоя и постепенно распространяется вверх, по аналогии процесса уплотнения грунта.

Библиографический список

1. Кравець В.Г., Самедов А.М., Мирослав Худ Ик, и др. Влияние динамических воздействий на разжижения пылеватых песков, супесей и суглинков. *Miedzynarodna Konferencja v Szkola Geomechaniki, Gliwice-Ustran 21-24 pazdziernike 2003*, С. 107-119;
2. Самедов А. М., Исмаилов Т. Смещение разжиженного масива вдоль линии подпорных стен. *Miedzynarodna Konferencja v Szkola Geomechaniki, Gliwice-Ustran 21-24 pazdziernike 2003*, С. 151-158;
3. Самедов А.М., Ган А.Л., Исмаилов Т., Озчелик Мехмет. Разжижение пылеватых песков, супесей и суглинков при фильтрационных воздействиях. *Вісник Житомирського Державного Технологічного Університету*, випуск 3(27) - 2003. -С. 204-208.
4. Самедов А. М., Зуевская Н.В., Жданова Е.А., Мехди Заре, Хамед Эбрахими. Деформирование оснований станций метрополитена мелкого заложения в процессе эксплуатации при динамических воздействиях подвижного состава. *Вісник НТУУ "КПІ". Серія Гірництво*. – 2008. – Вип. 16. – С. 16-24.



УДК 539.3: 624

ИЗГИБ ПЛАСТИН ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕЙ СРЕДЫ ЗА ПРЕДЕЛАМИ УПРУГОСТИ

Трещев А.А., Божанов П.В.

Тульский государственный университет, Россия

Представлено решение задачи упруго-пластического изгиба квадратных пластин, выполненных из титанового сплава ВТ14, с учетом воздействия водородосодержащей среды при снижении пределов текучести. Решение производится на основе теории малых упруго-пластических деформаций. Приведены разрешающие уравнения для трех случаев возникновения пластичности в теле пластины. Решены конкретные задачи. Проанализированы полученные результаты.

Агрессивные среды, проникая в объем конструктивных элементов, как правило, приводят к значительным изменениям механических характеристик материалов и сокращению сроков службы сооружений и аппаратов. Прямоугольные пластины, как элементы сооружений, яв-



ляются довольно распространенными элементами конструкций, работающими в этих средах. Разрушение пластин происходит под совместным воздействием нагрузки и среды, представляющей собой физико-химические процессы, возникающие на поверхности и распространяющиеся вглубь объема исследуемых элементов [1]. В таких отраслях промышленности, как энергетическая, космическая, нефтеперерабатывающая, химическая, металлургическая, как правило, рабочей средой оказывается водородосодержащая.

Титановые сплавы, изначально не обладая чувствительностью к виду напряженного состояния, в процессе насыщения водородом (наводороживания) приобретают свойства разнсопротивляемости, которые меняются в течение времени, что приводит к снижению пределов текучести и раннему разрушению. Изучение свойств и поведения материалов с начальной и наведенной разнсопротивляемостью показало, что ощутимые эффекты, возникающие в работе конструкций, обнаруживаются, преимущественно, при сложном напряженно-деформированном состоянии.

В предлагаемой работе построена математическая модель описания работы тонких пластинок из материалов, изначально не чувствительных к виду напряженного состояния и проявляющих свойства наведенной разнсопротивляемости в процессе насыщения активной водородосодержащей средой, за пределом упругости. В качестве примера произведен расчет шарнирно-опертой по контуру квадратной пластины, выполненной из титанового сплава BT14 и загруженной равномерно распределенной нагрузкой. При этом в качестве критерия пластичности использовалось предложенное авторами [2, 3], условие:

$$F(s_{ij}, C) = t \cdot f(x, C) = k_t(C), \quad (1)$$

где C – объемная концентрация водорода в теле конструкционного материала, в общем случае, это функция времени и координат $C = C(x, y, z, t)$; $f(x, C)$ – функция, учитывающая вид напряженного состояния и зависящая от концентрации агрессивной среды в материале; $k_t(C) = \sqrt{2/3} t_s(C)$; $t_s(C)$ – предел текучести при простом сдвиге; $f(0, C) = 1$; $f(x, 0) = 1$.

Аппроксимация для функции пластичности $f(x, C)$ использовалась на основе предложенной авторами ранее [2], но в несколько уточненном виде:

$$f(x, C) = b_1(C) + b_2(C) \cdot e^{b_3(C)x}, \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
 &\text{где} \quad b_1(C) = B_{10} + B_{11} \cdot \operatorname{sign} x + (B_{12} + B_{13} \cdot \operatorname{sign} x) e^{\frac{C}{B_{14} + B_{15} \cdot \operatorname{sign} x}}; \\
 &b_2(C) = \frac{B_{20} + B_{21} \cdot \operatorname{sign} x}{\frac{C + (B_{24} + B_{25} \cdot \operatorname{sign} x)}{B_{26} + B_{27} \cdot \operatorname{sign} x}} + B_{28} + B_{29} \cdot \operatorname{sign} x; \\
 &b_3(C) = B_{30} + B_{31} \cdot \operatorname{sign} x + (B_{32} + B_{33} \cdot \operatorname{sign} x) e^{\frac{C}{B_{34} + B_{35} \cdot \operatorname{sign} x}}; \\
 &B_{10} = 0,875905; \quad B_{11} = 0,149275; \quad B_{12} = 0,124095; \quad B_{13} = -0,149275; \\
 &B_{14} = 0,01111; \quad B_{15} = 0,09771; \quad B_{20} = -0,928415; \quad B_{21} = 0,949085; \\
 &B_{22} = 0,5; \quad B_{23} = -0,5; \quad B_{24} = 0,064855; \quad B_{25} = -0,064855; \\
 &B_{26} = -0,0110215; \quad B_{27} = -0,0804125; \quad B_{28} = 0,115165; \\
 &B_{29} = -0,135835; \quad B_{30} = 1,833305; \quad B_{31} = 0,948445; \quad B_{32} = 2,23132; \\
 &B_{33} = -0,03285; \quad B_{34} = -0,050475; \quad B_{35} = 0,020125.
 \end{aligned}$$

Экспериментальные данные здесь, как и в работах [2, 3], заимствованы из [4]. Решение задачи упруго-пластического изгиба пластин проводится на основе теории малых упруго-пластических деформаций. При решении поставленной задачи принимаются следующие предпосылки: а) используются обычные положения технической теории изгиба пластин – гипотеза прямых нормалей и гипотеза плоского напряженного состояния; б) диаграммы напряжений-деформаций материалов имеют ярко выраженную площадку текучести, такую, чтобы применение концепции идеально упруго-пластического тела к рассмотренному материалу не вызывало возражений; в) активное нагружение считается простым.

Рассматривается три стадии работы пластин: стадия упругих деформаций (рис. 1, а); упруго-пластическая стадия с односторонней пластичностью (рис. 1, б) и упруго-пластическая стадия с двусторонней пластичностью (рис. 1, в).

Для вывода разрешающего дифференциального уравнения воспользуемся уравнениями равновесия [5]:

$$\begin{aligned}
 &\frac{\partial M_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial M_{12}}{\partial x_2} - Q_1 = 0; \quad \frac{\partial M_{12}}{\partial x_1} + \frac{\partial M_{22}}{\partial x_2} - Q_2 = 0; \\
 &\frac{\partial Q_1}{\partial x_1} + \frac{\partial Q_2}{\partial x_2} - q = 0.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Геометрические соотношения для упругой стадии имеют вид:

$$e_{11} = z \cdot m_1; \quad e_{22} = z \cdot m_2; \quad e_{12} = z \cdot m_{12}, \tag{4}$$



где $m_1 = -\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2}$; $m_2 = -\frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2}$; $m_{12} = -\frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2}$, e_{ij} – деформации пластины, w – прогибы пластины, z – координата по толщине пластины.

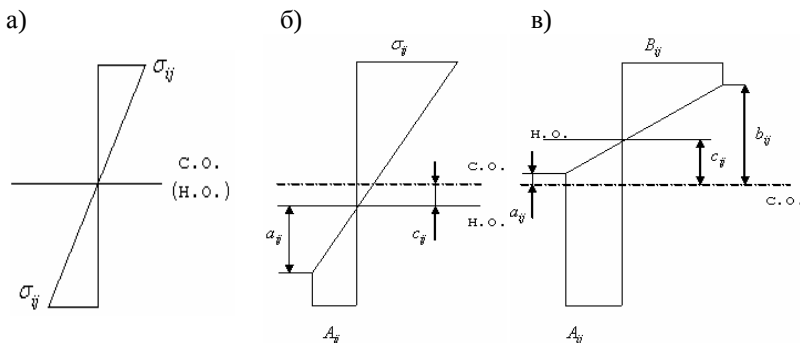


Рис. 1. Эпюры напряжений для трех стадий работы пластин

Физические зависимости [5]

$$M_{11} = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + n \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} \right); \quad M_{22} = -D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} + n \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} \right);$$

$$M_{12} = -D(1-n) \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2},$$

$$Q_1 = -D \frac{\partial}{\partial x_1} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + n \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} \right); \quad Q_2 = -D \frac{\partial}{\partial x_2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} + n \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} \right),$$

где $D = \frac{E h^3}{12(1-n^2)}$, E – модуль упругости, n – коэффициент Пуассона, h – толщина пластины.

Рассматривая выражения (3) – (5) совместно, для упругой стадии приходим к известному уравнению [5]

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x_1^4} + \frac{\partial^4 w}{\partial x_2^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x_1^2 \partial x_2^2} = \frac{q}{D}. \quad (6)$$

С увеличением нагрузки и достижением напряженного состояния величины, соответствующей появлению пластичности в каких-либо волокнах, в рассматриваемой области начинает реализовываться упруго-пластическая стадия работы с односторонней пластичностью.

В результате происходит смещение нейтральной оси сечения от срединной плоскости, и в срединной плоскости начинают развиваться деформации, а геометрические соотношения для произвольной точки приобретут следующую форму

$$e_{11}=e_{11}-z \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} ; \quad e_{22}=e_{22}-z \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} ; \quad e_{12}=e_{12}-z \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2} . \quad (7)$$

где e_{11}, e_{22}, e_{12} – деформации в срединной плоскости пластины.

Выражения для напряжений с учетом (7) запишутся в виде

$$s_{ij} = k_{ij}(r_{ij} - z \cdot D_{ij}), \quad (i, j = 1, 2), \quad (8)$$

где $k_{11}=k_{22}=E/(1-n^2)$; $k_{12}=E/(1+n)$; (по индексам не суммировать)

$$r_{11}=e_{11}+n \cdot e_{22}; \quad r_{22}=e_{22}+n \cdot e_{11}; \quad r_{12}=e_{12};$$

$$D_{11}=\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2}+n \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2}; \quad D_{22}=\frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2}+n \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2}; \quad D_{12}=\frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2} .$$

Положение нейтральной оси c_{ij} (см. рис. 1) определяем из условия:

$$\text{при } z = c_{ij}, s_{ij} = 0 \Rightarrow c_{ij} = r_{ij} / D_{ij}, \quad (9)$$

а координата начала зоны текучести a_{ij} (см. рис. 1, б):

$$\text{при } z = a_{ij}, s_{ij} = A_{ij} \Rightarrow a_{ij} = (k_{ij} \cdot r_{ij} - A_{ij}) / (k_{ij} \cdot D_{ij}), \quad (10)$$

где $A_{ij} = F_{ij}(F)$.

Значения параметра r_{ij} вычисляем исходя из предположения отсутствия в срединной плоскости продольных сил $N_{ij} = 0$:

$$N_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} s_{ij} dz = \int_{-h/2}^{a_{ij}} s_{ij} dz + \int_{a_{ij}}^{h/2} A_{ij} dz = 0 \Rightarrow P_1 \cdot r_{11}^2 + V_1 \cdot r_{11} + U_1 = 0;$$

$$P_2 \cdot r_{22}^2 + V_2 \cdot r_{22} + U_2 = 0; \quad P_3 \cdot r_{12}^2 + V_3 \cdot r_{12} + U_3 = 0. \quad (11)$$

Коэффициенты P_k, V_k, U_k однозначно вычисляются через ранее определенные параметры.

Представим момент как сумму интегралов

$$M_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} s_{ij} z dz = \int_{-h/2}^{a_{ij}} s_{ij} z dz + \int_{a_{ij}}^{h/2} A_{ij} z dz \Rightarrow M_{ij} = C_{ij} + D_{ij} \cdot D_{ij}. \quad (12)$$

где $C_{ij} = (h^2 / 4 - a_{ij}^2) \cdot (k_{ij} \cdot r_{ij} - A_{ij}) / 2$; $D_{ij} = -k_{ij} \cdot (a_{ij}^3 + h^3 / 8) / 3$.



Из рассмотрения полученного выражения (12) совместно с зависимостями (3), (7), (8) приходим к разрешающему дифференциальному уравнению равновесия для упруго-пластической стадии работы пластины с односторонней пластичностью

$$D_{11} \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} D_{11} + D_{22} \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} D_{22} + 2 D_{12} \frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial x_2} D_{12} = q. \quad (13)$$

При дальнейшем увеличении нагрузки и распространении пластичности по глубине сечения, в некоторой точке пластины возникают пластические деформации в противоположных волокнах, и работа материала пластины здесь переходит в упруго-пластическую стадию с двусторонней пластичностью. В рассматриваемой стадии соотношения (7) – (10) сохраняют свою силу.

Координата начала зоны пластичности b_{ij} (см. рис. 1, в), определяется из условия:

$$\text{при } z = b_{ij}, s_{ij} = B_{ij} \Rightarrow b_{ij} = \frac{k_{ij} \cdot r_{ij} - B_{ij}}{k_{ij} \cdot D_{ij}}. \quad (14)$$

Выполнив аналогичные выкладки, проведенные для состояния односторонней пластичности, получим уравнения для параметров r_{ij}

$$\begin{aligned} N_{ij} &= \int_{-h/2}^{h/2} s_{ij} dz = \int_{b_{ij}}^{a_{ij}} s_{ij} dz + \int_{a_{ij}}^{h/2} A_{ij} dz + \int_{-h/2}^{b_{ij}} B_{ij} dz = 0 \Rightarrow \\ r_{11} &= \frac{A_{11} + B_{11}}{2 k_{11}} - \frac{A_{11} + B_{11}}{A_{11} - B_{11}} \cdot \frac{h}{2} D_{11}; \quad r_{22} = \frac{A_{22} + B_{22}}{2 k_{22}} - \frac{A_{22} + B_{22}}{A_{22} - B_{22}} \cdot \frac{h}{2} D_{22}, \\ r_{12} &= \frac{A_{12} + B_{12}}{2 k_{12}} - \frac{A_{12} + B_{12}}{A_{12} - B_{12}} \cdot h \cdot D_{12}. \end{aligned} \quad (15)$$

Выражение для момента представляется как сумма интегралов

$$M_{ij} = \int_{-h/2}^{b_{ij}} B_{ij} z dz + \int_{b_{ij}}^{a_{ij}} s_{ij} z dz + \int_{a_{ij}}^{h/2} A_{ij} z dz \Rightarrow M_{ij} = R_{ij} + F_{ij} \cdot \Delta_{ij}. \quad (16)$$

Из совместного рассмотрения зависимостей (16), (3), (7), (8) вытекает разрешающее дифференциальное уравнение равновесия пластины для упруго-пластической стадии работы ее материала с двусторонней пластичностью

$$F_{11} \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} D_{11} + F_{22} \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} D_{22} + 2 F_{12} \frac{\partial^2}{\partial x_1 \partial x_2} D_{12} = q, \quad (17)$$

где $F_{ij} = -k_{ij}(a_{ij}^3 - b_{ij}^3)/3$.

Чтобы система уравнений была замкнута, необходимо задавать граничные условия. Для случая шарнирного опирания по контуру имеем:

$$w = 0; \quad \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} = 0; \quad \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} = 0. \quad (18)$$

Таким образом, полученные дифференциальные уравнения (6), (13) и (17) полностью описывают деформирование пластинок на всех стадиях работы материала.

Решение уравнений (13), (17) было произведено при использовании численного метода конечных разностей с использованием метода переменных параметров упругости при поэтапном увеличении нагрузки. Толщина квадратной шарнирно опертой пластины из титанового сплава ВТ14 принималась равной 0,08 м, а геометрические размеры в плане пластины – 1х1 м. Поверхность пластины покрывалась сеткой 20х20 ячеек и, в силу симметрии, рассчитывалась четвертая часть пластины. Задача решалась в двух постановках: 1) изгиб пластин, наводороженных на всю толщину; 2) изгиб пластин в процессе наводороживания с течением времени.

Изгиб пластин, наводороженных на всю толщину. Рассматривался изгиб пластин в отсутствии наводороживания ($C = 0\%$) и пластин, насыщенных на всю толщину с различной концентрацией водородосодержащей среды ($C > 0$).

Для придания безразмерности величинам моментов и прогибов использовались следующие коэффициенты:

$$M_S = k_t(C) \cdot W \quad \text{и} \quad w_S = \frac{D \cdot 100}{M_S \cdot l^2},$$

где D – цилиндрическая жесткость, $W = h^2/6$ – момент сопротивления изгибу (упругий момент сопротивления); l – длина пластины; h – толщина пластины.

Установлено, что предельная нагрузка, соответствующая образованию пластического шарнира, полученная при нулевой концентрации водорода, больше нагрузки, полученной при $C = 0,12\%$, примерно на 32% (рис. 2). В стадии упругих деформаций кривые прогибов совпадают, а в стадии упруго–пластических деформаций кривые, полученные при расчете ненаводороженной и наводороженной пластин имеют заметное расхождение, причем с ростом нагрузки разница увеличивается.

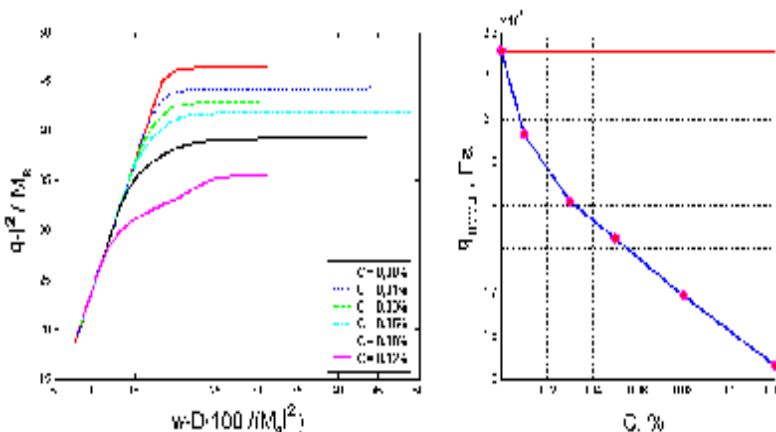


Рис. 2. Зависимость прогибов в центральной точке пластины от нагрузки и предельные нагрузки при разном уровне наводороживания

Изгиб пластин в процессе наводороживания с течением времени. Данная постановка задачи представляет особый практический интерес. Наводороживание принималось нулевым (классический вариант) и затем на определенном шаге изменения нагрузки (в большинстве вариантов расчета, когда начинает образовываться пластичность) начинает действовать наводороживание, то есть на границе пластины устанавливается концентрация водорода $C = 0,05 \%$, нагрузка фиксируется и начинает меняться время (точнее – число Фурье). Концентрация в данной точке пластины в текущий момент времени определяется из второго закона Фика в одномерном виде:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_0 \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}, \quad (19)$$

где $D_0 = \text{const}$ – коэффициент диффузии.

Решение уравнения (19) для случая двусторонней диффузии записывается следующим образом:

$$C(z, t) = C_\infty - \frac{4C_\infty}{p} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1} \cos\left[\frac{(2n+1)pz}{h}\right] e^{-F_0 p^2 (2n+1)^2}, \quad (20)$$

где C_∞ – равновесная концентрация среды на границе пластины,

$F_0 = D_0 t / h^2$ – число Фурье.

Как видно из рис. 3, отражающего основные параметры изгиба пластины во времени, график функции прогибов с увеличением глу-

бины проникновения водорода в тело пластины меняет кривизну и функция начинает расти быстрее, имея тенденцию в какой-то момент времени обратиться в бесконечность (во время образования пластического шарнира). По графикам рис. 3 делается вывод, что может произойти разрушение наводороживаемой пластины через определенное время даже при нагрузках, которые вызывают лишь появление пластических зон в отдельных ее точках при отсутствии водородосодержащей среды. Подобное явление наблюдается, например, для рассматриваемых квадратных шарнирно опертых пластин из титанового сплава BT14 при числе Фурье $F_0 = 0,0038$.

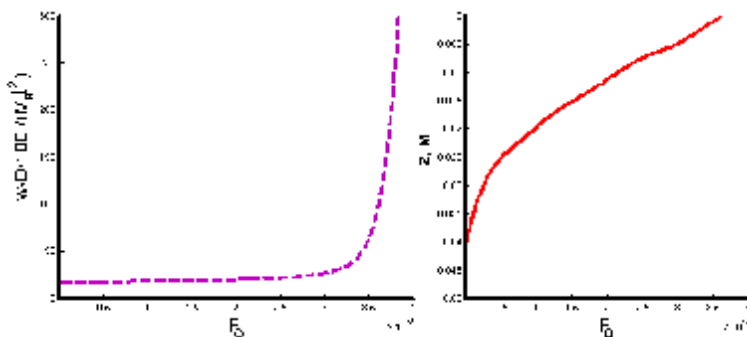


Рис. 3. Изменение прогибов в центре пластины и глубины проникновения среды в пластину во времени

Полученные результаты, очевидно, подтверждают тот факт, что к данным материалам, находящимся в активной водородной среде, недопустимо применение классических подходов. К тому же, исследование развития текучести по поверхности и по толщине пластины выявило качественно новую картину, не укладывающуюся в рамки классической теории изгиба пластин.

Библиографический список

1. Овчинников И.Г. Модель взаимодействия нагруженных элементов конструкций с водородосодержащей средой и ее приложения / И.Г. Овчинников, А.Б. Рассад / Прикладные проблемы прочности и устойчивости деформируемых систем в агрессивных средах. – Саратов: СПИ, 1989. – С. 12–16.
2. Трещев А.А. К теории пластичности материалов, чувствительных к наводороживанию / А.А. Трещев, П.А. Полтавец // Проблемы машиностроения и автоматизации. Институт машиноведения РАН им. Благонравова. Международный журнал. № 2. – 2006. – С. 60–67.
3. Полтавец П.А. К теории пластичности материалов, подверженных водо-



родному охрупчиванию / П.А. Полтавец, А.А. Трещев // Изв. вузов. Строительство. – 2006. – №1 (565). – С. 18–23.

4. Гервиц Т.Я. Влияние газонасыщения на статическую прочность титановых сплавов / Т. Я. Гервиц // ФХММ. – 1981. - № 2. – С. 45–48.

5. Тимошенко С.П. Пластинки и оболочки / С.П. Тимошенко, С.Войновский–Кригер. – М.: Наука, 1966. – 635 с.



УДК 666.715:666.362:669.054.8

НЕКОНДИЦИОННОЕ ГЛИНИСТОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ

Рябов Г.Г., Рябов Р.Г.

Тульский государственный университет, г.Тула, Россия

В статье рассматриваются пути получения строительной керамики из некондиционных суглинков и способ повышения цветовой гаммы изделий.

Известно, что тонкодисперсные примеси оксида железа, содержащиеся в химическом составе глинистого сырья, придают красный цвет керамическому кирпичу. Очень часто на красной поверхности кирпича после обжига проявляются белые пятна – высолы. Чтобы исключить видимость последних, разработана методика проектирования состава керамических масс, предусматривающая перевод красного цвета керамики в светлые тона (например желтый, светло – желтый) путем введения в состав красножгущегося легкоплавкого глинистого сырья тонкомолотых карбонатовосодержащих добавок (извести, мела) [2].

Сущность методики проектирования состава глиносмеси заключается в определении расхода известняка или мела, вводимого в состав глинистого сырья определяемого по формуле 1:

$$И = \frac{A_{ж.г.} - M_{ж.и.} \cdot A_{к.г.}}{0,4 M_{ж.и.}}, \quad (1)$$

где И – расход известняка или мела, мас.%;

$A_{ж.г.}$ – содержание Fe_2O_3 в составе глины или суглинка, масс.%;

$M_{ж.и.}$ – экспериментально установленный коэффициент, соответствующий цвету керамики, конкретно для:

- розового цвета – 0,4; - желтого – 0,3; - светло – желтого – 0,2;

0,4 – условно принятый коэффициент для перевода Са в $CaSO_3$.

В данной работе были приняты некондиционные красножгущиеся низкопрочные суглинки Осиногорского месторождения Тульской области, имеющие предел прочности при сжатии, в обожженном при температуре 1000°C – $7,34\text{МПа}$, причем с наличием белых пятен (высолов) на поверхности.

Получить керамический кирпич, и, тем более лицевой, из таких суглинок практически невозможно. Обычно такие суглинки залегают слоями между более качественными. С целью повышения прочности керамики из таких суглинок, в их состав добавили полукислые легкоплавкие глины, залегающие послойно с бурым углем в Кимовском разрезе Тульской области. Эти глины для производства кирпича также являются некондиционным сырьем, вследствие повышенного содержания в их составе примесей типа гипса и других серосодержащих солей, способствующих образованию высолов. Однако, керамика на основе суглинок, обожженная при $t_{\text{max}} = 1000^{\circ}\text{C}$ имеет прочность при сжатии более 20 МПа . Характерной особенностью этих глин является наличие повышенного количества CaFe_2O_3 . Вышеуказанное глинистое сырье принято для отбеливания.

В таблице 1 приведен химический состав глинистого сырья, принятого для объемного окрашивания. В качестве карбонатосодержащей добавки использован мел. Мел принят природный, с удельной поверхностью $30\text{ м}^2/\text{кг}$.

Таблица 1

Химические составы глинистого сырья, принятого для исследования

Технические составы глинистого сырья, принятого для исследования										
№ п/п	Глинистое сы- рье	Содержание оксидов, масс. %								
		SiO ₂	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO + MgO	K ₂ O + Na ₂ O	SO ₃ ²⁻ сульфат- соединение	S сульфид	П.П.П.	%
1	Осиногорский суглинок (ОГС)	73,3	11,7	4,4	2,4	3,14	-	-	4,84	100
2	Кимовская полу- кислая глина (КИГ)	52,2	21,4	10,8	3,4	2,26	0,83	2,84	6,15	100
3	Глиносмесь (ГСМ)=80 %ОГС+20%КИГ	69,1	13,8	5,68	2,6	2,9	0,15	0,57	5,8	100

Как видно из химического состава, количество сульфат-сульфидных соединений в глиносмеси не превышает норму (менее



0,8%), что допускается требованием ГОСТ 2178-88 применительно к глинистому легкоплавкому сырью. Кроме того, добавление Кимовских глин к суглинкам позволила повысить прочность глиносмеси, обожженной при температуре 1000°C с 7,34 МПа до 10,73 МПа. Содержание сульфат – сульфидных соединений еще в большей степени уменьшается по мере частичной замены глиносмеси тонкодисперсным мелом.

Для проведения экспериментального исследования, направленного на объемное окрашивание глинистого сырья, был осуществлен расчет расхода мела с применением формулы 1.

Таблица 2

Расход мела для отбеливания

п/п	Расход мела для получения следующего цвета керамики, мас. %				Количество оксидов железа в массе, которое необходимо отбелить чтобы получить цвет керамики, $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3$, масс. %			
	красный	розовый	желтый	светло-желтый	красный	розовый	желтый	светло-желтый
1.	Осиногорский суглинок							
1.1	0	-	-	-	-	-	-	-
1.2	-	$\frac{21,44^*}{8,58^{**}}$	-	-	-	-	-	-
1.3	-	-	$\frac{30,58^*}{12,23^{**}}$	-	-	-	-	-
1.4	-	-	-	$\frac{48,88^*}{19,6^{**}}$	-	-	-	-
2.	Для глиносмеси (20% ОГС + 20%КИГ)							
2.1	0	-	-	-	Щ5,68	-	-	-
2.2	-	$\frac{29,80^*}{11,6^{**}}$	-	-	-	4,64	-	-
2.3	-	-	$\frac{40,833^*}{16,33^{**}}$	-	-	-	4,9	-
2.4	-	-	-	$\frac{25,8^*}{64,5^{**}}$	-	-	-	5,16

Примечание * в числителе – расчетный расход мела;

** в знаменателе – принятый для опытов.

В таблице 2 приведены результаты расчета расхода мела для отбеливания Осиногорских суглинок в зависимости от проектируемого цвета стеновой керамики. Указано количество оксидов железа $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3$,

которое необходимо отбелить, чтобы получить вместо красного цвета более светлые тона стеновой керамики.

Как видно из таблице 2 расход мела увеличивается по мере увеличения степени осветление керамики, т.е. от красного цвета до светло-желтого. Так же показано, какое количество оксидов железа подлежит «отбелить» мелом чтобы получить проектируемый цвет керамики. Это количество $\Delta\text{Fe}_2\text{O}_3$ в мас. % было определено по формуле 2:

$$И = A_{\text{ж.г.}} - M_{\text{ж.и.}} \cdot A_{\text{к.г.}}, \quad (2)$$

Из результатов расчета (данных таблице 2) видно, что расход мела для Осиногорских суглинок без и с добавкой полукислой Кимовской глины составляет более 20 % (от 21,44 до 40,88 мас. %).

Таблица 3

Состав опытных масс для изготовления образцов керамики светлый тонов

№ п/ п	Компоненты смеси	Индекс	Состав и номера опытных смесей на основе суглинок (ОГС) и мела, г/%				Состав и номера опытных смесей на основе глиносмесей (80% ОГС + 20% КИГ), г/%			
			Партия I, г/%				Партия II, г/%			
			I-1к	I-2	I-3	I-4	II-5к	II-6	II-7	II-8
1	Осиногорский кислый суглинок	ОГС	$\frac{1400}{100}$	$\frac{1280}{91,42}$	$\frac{1230}{87,77}$	$\frac{1126}{80,4}$	-	-	-	-
2	Мел моло- тый	М	0	$\frac{120}{8,58}$	$\frac{170}{12,23}$	$\frac{274}{19,6}$	0	$\frac{162}{11,6}$	$\frac{229}{16,33}$	$\frac{361,0}{25,8}$
3	Глиносмесь, включающая суглинок и Ки- мовскую глину (80% ОГС + 20% КИГ)	ГСМ	-	-	-	-	-	$\frac{1238}{88,4}$	$\frac{1171}{83,67}$	$\frac{1039}{74,2}$
	Итого сухой смеси:	$\Sigma_{\text{ГСМ}}^{\text{сух}}$	$\frac{1400}{100}$	$\frac{1400}{100}$	$\frac{1400}{100}$	$\frac{1400}{100}$	$\frac{1400}{100}$	$\frac{1400}{100}$	$\frac{1400}{100}$	$\frac{1400}{100}$
4	Вода сверх 100% сухой смеси		$\frac{260}{18,6}$	$\frac{260}{18,6}$	$\frac{260}{18,6}$	$\frac{260}{18,6}$	$\frac{260}{18,6}$	$\frac{260}{18,6}$	$\frac{260}{18,6}$	$\frac{260}{18,6}$
5	Итого влаж- ной формо- вочной смеси	$\Sigma_{\text{ГСМ}}^{\text{влаж}}$	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660
6	Общий объем сформованной смеси на 6 об- разцов 5×5×5	V _{общ.} образ- цов, см	750	750	750	750	750	750	750	750

*В числителе – граммы, в знаменателе - % масс.



Во многих работах утверждается, что замена глинистого сырья на 20 % и более мелом приводит к резкому снижению прочности, т.к. степень поризации керамического черепка газом CO_2 , образующимся за счет разложения при обжиге карбонатовсодержащих добавок (CaCO_3), превышает степень спекания глин, за счет образования силиката кальция $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. Резкое снижение прочности подтвердилось экспериментально, т.е. образцы отбеливались, но были чрезмерно пористыми с прочностью не более 5 МПа.

Вследствии этого, в последующих экспериментальных опытах был принят расход мела на 60 мас.% меньше в сравнении с рассчитанным, причем для каждого проектируемого цвета (данные расхода мела в таблице 2 в знаменателе).

В таблице 3 приведены составы опытных масс с частичной заменой Осиногорских низкопрочных суглинков (ОГС) тонкомолотым мелом от 8,58% до 19,6 %, в том числе и с добавлением Кимовской полукислой глины (КИГ) с частичной заменой такой глиносмеси мелом от 11,6 до 25,8%.

Из состава данных масс изготавливали опытные образцы. Формовали образцы по общепринятой методике, приведенной в работе [4]. Сушили образцы в естественных условиях до остаточной влажности 2%, а обжигали в муфельной печи при $t_{\text{max}}=1000^\circ\text{C}$ и выдержкой от 100 до 120 минут. Обожженные образцы испытывали на прочность и другие свойства, которые приведены в таблице 4.

На рисунке показана зависимость предела прочности при сжатии $R_{\text{сж}}$ от расхода мела.

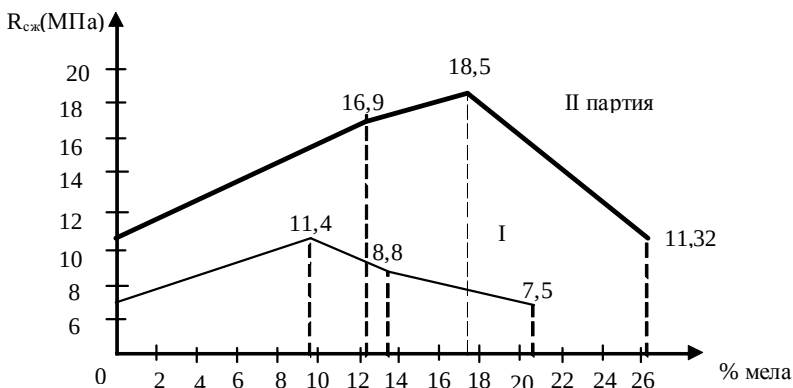


Рис. Зависимость предела прочности при сжатии от расхода мела

Таблица 4
Физико – механические свойства образцов стеновой керамики, изготовленных из проектируемых составов масс на основе Основопресных сульфидов (П) без и с добавлением Кременской глины, т.е. на основе ГМС (80% ОС + 20% КПГ) (П)

№ сл	Индекс с указанием % масс.мела	Средняя плотность ρ_0 , кг/м ³	Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа	Общая усадка		Водопоглощение, масс. %	Корроф. констр. качества, К.к.к.	Теплопроводность, λ , Вт/(м·°С)	Цвет образцов керамики
				Линейная, %	Объемная, %				
Г-1к	Г-0	1870	7,34	2,0	6,1	9,2	$3,93 \cdot 10^{-3}$	0,87	Красный с выделением
Г-2	Г-8,38	1750	11,4	2,5	8,9	9,85	$6,25 \cdot 10^{-3}$	0,82	Красно-розовый
Г-3	Г-12,23	1700	8,83	3,1	9,6	10,1	$5,19 \cdot 10^{-3}$	0,78	Желтый
Г-4	Г-19,6	1650	7,5	4,5	14,3	11,3	$4,46 \cdot 10^{-3}$	0,75	Светло-желтый
Г-5к	Г-0	2100	10,73	8,46	25,4	8,4	$3,91 \cdot 10^{-3}$	1,026	Темно-красный с пылеватост
Г-6	Г-11,6	1950	16,9	7,0	19,3	10,3	$8,67 \cdot 10^{-3}$	0,91	Красно-красный
Г-7	Г-16,23	1870	18,5	6,0	18,0	12,3	$9,94 \cdot 10^{-3}$	0,82	Красно-красный
Г-8	Г-25,23	1760	11,52	8,0	20,2	12,6	$6,5 \cdot 10^{-3}$	0,8	Светло-красный



Как видно из рисунка, предел прочности при сжатии в начале увеличивается до некоторого максимального значения $R_{\max}$, а затем уменьшается.

- для Осиногорских суглинков максимальная величина прочности $R_{\text{сж}}$ увеличивается с 7,34 МПа до 11,14 МПа при содержании в глиномассе 8,58% CaCO_3 (или в пересчете на CaO – 5,62 мас.%), причем при величине отношения в глиномассе:

$$\frac{\% \text{Fe}_2\text{O}_3}{\% \text{CaO}} = \frac{4,022}{5,62} = 0,7 - 0,72;$$

При этом цвет обожженной керамики получается светло – розовый.

- для глиносмеси, содержащей 80% ОГС + 20% КИГ максимальное значение предела прочности при сжатии $R_{\text{сж}}$ составила 18,5 МПа, и соответствует дополнительному введению в состав ГСМ мела 16,33% (или в пересчете на CaO – 8,68 мас.%), причем при величине отношения:

$$\frac{\% \text{Fe}_2\text{O}_3}{\% \text{CaO}} = \frac{4,75}{8,68} = 0,55 - 0,6;$$

Цвет керамики – кремовый, а при более низкой прочности – светло- кремовый. На поверхности обожженных образцов не обнаружено высолов.

Таким образом, при частичной замене низкопрочных красно-жгущихся некондиционных суглинков тонкодисперсным мелом с удельной поверхностью не менее 30 м²/кг до 8,58% достигается увеличением прочности и более светлый тон поверхности керамики (светло – розовый) без признаков высолов, т.е. некондиционный суглинок становится пригодным для получения стеновой керамики.

Более высокий эффект достигается при частичной замене (на 20%) низкопрочных суглинков полукислотной глиной с повышенным содержанием Fe_2O_3 и с дополнительным введением в глиносмесь до 16,33% тонкодисперсного мела или известняка. При этом прочность керамики увеличивается с 7,34 МПа до 18,5 МПа. Цвет керамики кремовый, без наличия высолов.

Библиографический список

1. Гуров Н.Г., Котлярова Л.В., Иванов Н.Н., Управление качеством строительной и теплоизоляционной керамики путем проектирования состава масс. – М.: Строительные материалы/ февраль, 2007 г.
2. Соков В.Н., Лабзина Ю.В., Федосеев Г.П. Лабораторный практикум по технологии отделочных, теплоизоляционных и гидроизоляционных материалов: Учебное пособие для вузов по специальности «Производство строительных изделий и конструкций» - М., Высшая школа, 1991 г. – 112с.

3. Вакалова Т.В., Погребенков В.М. Производство керамического кирпича светлых тонов из красножгущегося глинистого сырья. – М.:/Строительные материалы/ Журнал №9, 2005 г.

4. Книгина Г.И., Васильева Э.Н., Тацки Л.Н. Лабораторные работы по технологии строительной керамики и искусственных пористых заполнителей. – Высшая школа, 1984 г. – 125с.



УДК 778.1:624.016:539.3

РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СРЕД

Леонов В.М.

Тулский государственный университет, Россия

Рассмотрены вопросы анализа характеристик напряженно-деформированного состояния двухкомпонентных сред на операциях электромагнитной обработки.

Обработка двухкомпонентных материалов предполагает формирование с заданными геометрическими и прочностными характеристиками, что, в свою очередь, обуславливает необходимость определения эффективных упругих характеристик. В случае если в многокомпонентной среде каждый из компонентов в пределах упругих деформаций описывается законом Гука, то композиционный материал в целом будет описываться законом Гука. При этом допустимой является запись данного закона не только относительно измеряемых экспериментально локальных значений, но и средних [1]:

$$\langle s \rangle = c^* \cdot \langle e \rangle, \quad \langle e \rangle = s^* \cdot \langle s \rangle, \quad (1)$$

где $\langle s \rangle$ - среднее значение напряжения; $\langle e \rangle$ - среднее значение деформации; c^* - тензор упругости материала; s^* - тензор податливости материала;

Таким образом, могут быть определены макроскопические упругие свойства композита в целом. Далее по известным коэффициентам c_{mn}^* , s_{mn}^* возможно определение модули упругости и коэффициент Пуассона.



Осреднение физических величин при этом возможно производить посредством интегрирования по объему. Среднее напряжение будет определено равенством:

$$\langle s \rangle = \left(\frac{1}{\Delta V} \right) \cdot \int_{\Delta V} s \, dr, \quad (2)$$

где $\langle s \rangle$ - среднее значение напряжения; ΔV - объем единичной области;

В данном случае в качестве элемента объема имеет смысл выбирать область, достаточно большую по сравнению с характерным размером элемента неоднородности [1]. Но одновременно с этим размер области интегрирования должен быть малым по сравнению с расстоянием, на котором существенно изменяется измеряемая величина. Отсюда среднее значение напряжения будет являться функцией координаты. В случае статистической однородности материала имеем постоянство величин $\langle c \rangle$ и $\langle s \rangle$.

Данный подход потенциально позволит произвести расчет сложного напряженного состояния для двух и более компонентных сред, образующих заготовки сложной формы.

Одним из вариантов является формоизменение композитов методами магнитно-импульсной обработки металлов (МИОМ).

Формоизменение на операциях МИОМ связано с необходимостью учета конфигурации и формы заготовки, а также электропроводности материала. Ввиду того, что формоизменение производится через взаимодействие индуцированного тока в обрабатываемой заготовке и электромагнитного поля индуктора, то необходимо выполнение условия непрерывности пути наведенного тока в объеме заготовки. В многокомпонентной среде в ходе обработки особое значение приобретают микропластические деформации, которые приводят к деформационной анизотропии с появлением анизотропного тензора эффективных упруго-пластических жесткостей [2]. Одновременно с этим, наличие ориентированных микропластических зон увеличивает предел текучести.

Принципиальная расчетная схема реализуется с применением МКЭ, что позволит обеспечить требуемую степень дискретизации в сегментах заготовки с наибольшей интенсивностью деформаций и наиболее сложным напряженно-деформированным состоянием.

Операции обработки многокомпонентных материалов с конечной целью изучения их прочностных характеристик возможно расширить методами магнитно-импульсной обработки с предварительным индукционным нагревом.

Заготовка (рисунок 1) деформируется однократным разрядом емкостного накопителя на индуктор после достижения заготовкой заданной температуры [3,4]. Предварительное применение индукционного нагревателя позволит достичь больших деформаций без разрушения материала заготовки, что будет рассмотрено далее.

Т.о. описание напряженно-деформированного состояния (НДС) материала заготовки сопряжено с необходимостью вычисления пространственно-временного распределения компонент тензора деформаций в каждом из элементов с учетом проникновения поля в материал заготовки, анизотропии свойств материала и учета температурного фактора. В рассматриваемой задаче число элементов необходимое для обеспечения устойчивости и сходимости решения составит порядка 15 – 30 тысяч элементов.



Рис. 1. Принципиальная схема формоизменения в конечно-элементной модели [4], построенной с использованием программного комплекса Elmaform 4.2:
 а - расчетная трехмерная модель МКЭ; б – деформированная цилиндрическая заготовка; I, IV – осевое; II, III – поперечное сечения

Ввиду очевидной нелинейности в распределениях полей деформаций и напряжений по объему заготовки, особенно с учетом временного фактора, имеет смысл реализовать многослойную схему дискретизации заготовки по толщине стенки и вдоль продольной оси (рисунок 2). Данный подход позволит с достаточной точностью исследовать аспекты влияния внешнего электромагнитного поля на напряженно-деформированное состояние с учетом скин-эффекта и характера его изменения при повышении температуры.

Практические аспекты воздействия импульсного магнитного поля на нагретый, а также расплавленный металл заключаются в следующем:

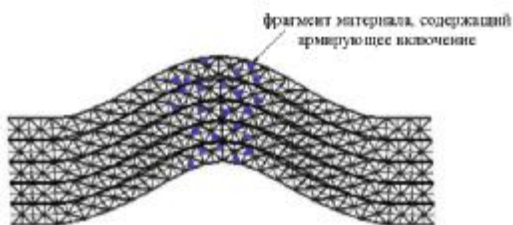


Рис. 2. Расчетная схема материала в многослойном представлении

- распространение ударной волны в материале способствует уплотнению металла при температуре рекристаллизации, его дегазации, а также формированию мелкозернистой структуры. Данное обстоятельство применительно к многокомпонентным средам приведет к более низким значениям напряжений и более равномерному их распределению в окрестности армирующих включений, что позволит снизить вероятность зарождения магистральных трещин при последующей эксплуатации изделия;

- наличие вихревых токов в объеме металла будет способствовать ориентированной кристаллизации металла и движению дислокаций [5], изменению размеров и формы микродефектов;

- силовое воздействие ИМП обеспечит изменение дендритной структуры, а интенсивный теплообмен ускорит образование центров кристаллизации.

Все вышеперечисленные факторы подтверждены практически исследованиями и отмечены в работах ряда авторов [3,5].

Наиболее прогрессивным направлением будет являться обработка материала металлической заготовки посредством ИМП с предварительным нагревом до состояния близкого к температуре плавления. Особое значение здесь приобретет режим обработки, а также использование комбинированной спирали, совмещенной с источниками ТВЧ и МИОМ. Конструктивное совмещение спирали индукционного нагрева с индуктором позволит наиболее гибко варьировать условия протекания процесса формоизменения, а применение предварительно индукционного нагрева существенно снизит остаточные напряжения в изделии, устраним концентраторы напряжений, позволит увеличить эксплуатационные характеристики конечного изделия.

Характеристики НДС многокомпонентной среды в результате обработки будут во многом предопределены способом нагружения опытного образца, формой импульса внешнего давления, соотношении-

ем упругопластических жесткостей компонентов и их пространственным размещением, что в сочетании с температурным фактором требует дополнительного исследования.

Библиографический список

- 1.Шермергор Т.Д Теория упругости микронеоднородных тел. - М.: Наука, 1977. - 399 с.
- 2.Архипов И.К., Толоконников Л.А. Эффективные соотношения между напряжениями и деформациями в корреляционной теории упруго-пластических деформаций. - Тула: Механика твердого тела, 1984. - 140 с.
- 3.Талалаев А. К. Индукторы и установки для магнитно-импульсной обработки металлов / А. К. Талалаев. – М. : НТЦ «Информтехника», 1992. - 143 с.
- 4.Леонов В. М. Получение поперечных пазов и отбортовка боковых отверстий в полых цилиндрических заготовках электромагнитной штамповкой : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 : защищена 07.06.05 : утв. 08.07.05 / Леонов Василий Михайлович. - Тула, 2005. – 174 с. - Библиогр.: с. 163-174.
- 5.Глушников В.А., Гречников Ф.В., Иголкин А.Ю., Черников Д.Г. Исследование возможности воздействия импульсного магнитного поля (ИМП) на жидкий и кристаллизующийся металл (ЖКМ). - Самара: Магнитно-импульсная обработка материалов, 2007. - 276 с.



УДК 622.235

СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПРОТЕКАНИЯ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ В СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛНАХ НА ИХ ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ

Вовк А.А., Вовк О.А., Бузыла А.А.

*Национальный технический университет Украины «КПИ»,
г. Киев, Украина*

В настоящей статье ставится задача установить степень влияния реальных условий протекания упругих деформаций в сейсмических волнах (в условиях изменяющихся уровней напряжений при всестороннем сжатии в анизотропных средах и динамическом режиме приложения нагрузок) на скорости объемных сейсмических волн.

В алгоритмах, описывающих закономерности затухания сейсмических колебаний, равно как и в эмпирических соотношениях, широко используемых в промышленной сейсмике всегда присутствуют



константы среды (E, n), характеризующие её упругие свойства, либо производные от этих констант. В частности, важнейшие характеристики сейсмических волн – скорости объемных сейсмических волн (u_p, u_s) вычисляются из следующих соотношений в виде функций $u_p, u_s = f(P, E, n)$:

а) продольной (u_p), рассматриваемой как скорость распространения данной зоны «сжатия – растяжения» [6]:

$$u_p = \frac{\sqrt{E \cdot (1-n)}}{r \cdot (1+n)(1-2n)} \quad (1)$$

б) поперечной (u_s), определяемой как скорость последовательного скольжения слоев среды относительно друг друга в направлении, перпендикулярном вектору движения [6]:

$$u_s = \sqrt{\frac{G_o}{r}} = \sqrt{\frac{E}{r} \cdot \frac{1}{2(1+n)}} \quad (2)$$

Помимо прочностных характеристик горных пород и плотности при изучении упругих колебаний базовыми константами пород в теории упругости являются модуль Юнга (E), коэффициент Пуассона (n), модуль сдвига (G_o) и модуль всестороннего сжатия (G_o) и их производные – скорость продольных (u_p) и поперечных (u_s) волн. Точность и достоверность решения задач по определению параметров движения сейсмических волн зависит от знания истинных (или близких к ним) показателей свойств среды, их зарождения и распространения.

Наиболее независимым параметром, характеризующим упругие свойства, является коэффициент Пуассона, равный отношению поперечной деформации к продольной при одноосном нагружении [1]. При таком виде нагружения получают и вторую характеристику – модуль упругости (E). Возникает вопрос: насколько правомерно использовать эти характеристики при оценке динамических параметров сейсмических колебаний при движении волн, где деформации осуществляются в динамическом режиме и в условиях всестороннего сжатия? При этом с расстоянием изменяются все три параметра (r, E, n) функциями которых выступают скорости продольных и поперечных волн. В таблицах 1, 2 приведены данные о влиянии режима нагружения на параметры коэффициента Пуассона для некоторых горных пород при одноосном нагружении (таблица 1), при различном напряженном состоянии (таблица 2) для 4-х видов горных пород [3].

Таблица 1

Значения коэффициента Пуассона при статических и динамических способах получения [2]

Порода	m_{σ}	m_{cm}	m_{cm}/m_{σ}
Кварцит	0,083	0,17	2,00
Конгломерат № 1	0,024	0,13	5,42
Сланец	0,180	0,27	1,50
Кварцевый карбонат	0,146	0,16	1,10
Кварцево-серицитовый карбонат	0,098	0,33	3,37
Конгломерат № 3	0,156	0,19	1,22
Песчаник	0,133	0,28	2,10

Таблица 2

Изменение коэффициента Пуассона с глубиной [3]

Тип породы, Категория	Коэффициент Пуассона μ - числитель, m - знаменатель				
	Глубина отбора проб, м				
	100	200	300	400	500
σ , Па	$0,27 \cdot 10^7$	$0,54 \cdot 10^7$	$0,81 \cdot 10^7$	$1,08 \cdot 10^7$	$1,35 \cdot 10^7$
Весьма крепкие песчаники монолитные	<u>0,10</u>	<u>0,11</u>	<u>0,13</u>	<u>0,14</u>	<u>0,15</u>
однородные, I кат.	10,0	9,09	7,69	7,14	6,67
Крепкие песчаники мелкозернистые, алевролиты, II кат.	<u>0,12</u>	<u>0,15</u>	<u>0,17</u>	<u>0,19</u>	<u>0,21</u>
	8,33	6,67	5,88	5,26	4,76
Средней крепости песчаники среднезернистые, алевролиты углистые, III кат.	<u>0,17</u>	<u>0,20</u>	<u>0,25</u>	<u>0,27</u>	<u>0,30</u>
	5,88	5,00	4,00	3,70	3,33
Слабые алевролиты мощные, IV кат.	<u>0,28</u>	<u>0,30</u>	<u>0,33</u>	<u>0,35</u>	<u>0,36</u>
	3,57	3,33	3,03	2,86	2,78

Анализ данных приведенных таблиц позволяет отметить следующее. Суждение, высказанное в работе [1], о том, что для многих твердых тел разница в значениях характеристик упругости, определяемых при различных видах напряженного состояния, несущественна, не находит подтверждения в рамках исследований, отраженных в



таблицах. Из таблицы 1 следует, что коэффициенты Пуассона, полученные в статическом и динамическом режимах, отличаются от 10 % до нескольких раз (в кварцитах и песчаниках – в 2 раза, в сланцах – в 1,5 раза). Значения этого показателя с увеличением глубины (до 500 м) изменяются от 1,3 до 1,8 раза (таблица 2).

В зависимости от глубины взятия проб изменяется и второй важный показатель породы – модуль упругости $E(s_z)$. В работе [3] приведены зависимости модуля упругости от вертикальной составляющей напряжения (s_z) при трехосной нагрузке ($s_x = s_y = 10^7$ Па):

$$\text{для песчаников } E(s_z) = 610 \cdot 10^8 - 342s_z, \quad (3)$$

$$\text{для сланцев углистых } E(s_z) = 470 \cdot 10^8 - 375s_z, \quad (4)$$

$$\text{для сланцев илистых } E(s_z) = 410 \cdot 10^8 - 346s_z. \quad (5)$$

На основе исследований горных пород в условиях литологических угленосных структур автором работы [3] предложена эмпирическая зависимость для нахождения изменений модуля упругости с глубиной следующего вида:

$$\frac{E^I}{E^{II}} = 1 + K \ln \frac{s_1}{s_2} \quad (6)$$

где K – эмпирический коэффициент; s_1, s_2 – литологические напряжения на первом и втором горизонтах отбора проб.

Гравитационные градиенты для нахождения этих напряжений в сланцах могут приниматься в пределах 24,5-25,3 кПа/м, в более прочных сланцах ($s_{сж} = 18$ МПа) – 25,3-25,6 кПа/м, в песчаниках мелкозернистых при $s_{сж} = 80,3$ МПа этот параметр может приниматься в пределах 24,5-25,3 кПа/м. Величина градиента должна уточняться в каждом конкретном случае, так как он имеет широкий диапазон значений для одного и того же типа горной породы.

Следует указать, что в идеально упругих средах модули упругости (E), сдвига (G_{co}) и объемного сжатия (G_o) не изменяются в зависимости от режима нагружения (статического или динамического), т.е.:

$$G_{co}^{cm} = G_{co}^{\partial} = G_{co}^{uo}, \quad G_o^{cm} = G_o^{\partial} = G_o^{uo} \quad (7)$$

Оценку неидеальности породы в работе [4] предлагается выполнять через коэффициенты, представляющие собой отношение факти-

ческих модулей G_{co}^o и G_o^o к их идеальным показателям, т.е.:

$$g_G^{co} = \frac{G_{co}^o}{G_{co}^{uo}}, \quad g_G^o = \frac{G_o^o}{G_o^{uo}} \quad (8)$$

Используя формулы (1), (2), (5) выполним расчеты скорости продольной и поперечной волны в илестых сланцах на различной глубине, результаты которых приводятся в таблице 3.

Таблица 3
Изменение скорости продольных и поперечных волн в илестых сланцах с глубиной [3]

Параметры	Глубина, м				
	100	200	300	400	500
s_z при среднем гравитационном градиенте 25,5 кПа/м	$2,55 \cdot 10^6$	$5,1 \cdot 10^6$	$7,65 \cdot 10^6$	$10,2 \cdot 10^6$	$12,75 \cdot 10^6$
$E(s_z)$ по формуле (5)	$401,2 \cdot 10^8$	$392,4 \cdot 10^8$	$383,5 \cdot 10^8$	$374,7 \cdot 10^8$	$365,06 \cdot 10^8$
Коэффициент Пуассона n_{cm} - числитель,	<u>0,17</u>	<u>0,20</u>	<u>0,25</u>	<u>0,27</u>	<u>0,30</u>
функция $m = 1/n_{cm}$ - знаменатель (табл. 2)	5,88	5,00	4,00	3,70	3,33
Приведенный модуль упругости $E_o = \frac{E(s_z)(1-n)}{(1+n)(1-2n)}$	$431,3 \cdot 10^8$	$435,9 \cdot 10^8$	$460,2 \cdot 10^8$	$468,3 \cdot 10^8$	$491,43 \cdot 10^8$
Скорость продольной волны (u_p), м/с *	<u>4110</u> 4264	<u>4135</u> 4593	<u>4248</u> 4653	<u>4290</u> 4791	<u>4389</u> 5093
Скорость поперечной волны (u_s), м/с *	<u>2592</u> 2687	<u>2533</u> 2670	<u>2452</u> 2687	<u>2405</u> 2690	<u>2348</u> 2724
Отношение скоростей продольных и поперечных волн *	<u>1,59</u> 1,59	<u>1,63</u> 1,72	<u>1,73</u> 1,73	<u>1,78</u> 1,78	<u>1,87</u> 1,87

* Числитель при принятии модуля упругости $E(s_z)$, знаменатель при принятии приведенного модуля упругости E_o .



Как следует из таблицы 6 значения коэффициента Пуассона, принятые нами согласно таблице 2 влияют на величину скорости продольных и поперечных волн в сторону увеличения: на глубине 500 м примерно на 7 % продольных и поперечных на 9 %, если принять среднюю плотность породы 2,55 г/см³ и гравитационный градиент соответственно 25,5 кПа/м.

Существенная разница имеет место в случае замены в формулах (1) и (2) линейного модуля упругости ($E(s_z)$) на приведенный (E_o). Значения их отличаются на 8-35 %, что соответственно приводит к росту скорости волны на 4-16 %. Отношения скоростей продольных и поперечных волн с глубиной изменяется в пределах 1,59-1,87, что соответствует данным, приводимым в работе [6]. Для крепких изверженных и метаморфических пород здесь величина $n = u_p/u_s$ дается в пределах от 1,7 до 2,5, что не противоречит полученным нами параметрам.

Поскольку наиболее распространенным методом оценки энергетических параметров сейсмической волны, в частности поток, проходящий через единицу поверхности, является функциональная зависимость $q_{y\theta} = f(r u_p U_{\max}^2 T)$ следующего вида:

$$q_{y\theta} = 0,5 \cdot r u_p \cdot 1,25 \cdot (U_{\max}^2 \cdot T), \text{ Дж/м}^2 \quad (12)$$

а неперемненным условием составления качественного алгоритма задачи по движению волн является знание их параметров в начале движения, необходимо получить величину массовой скорости и видимого периода колебаний на упругой границе, определяемой радиусом излучателя.

Поэтому следующим после скорости u_p и u_s начальным параметром, подлежащим нахождению, будет максимальная скорость частиц ($U_{\max}''$). В работе [5] ее предлагается вычислять по следующей формуле, исходя из ее независимости от взрывааемой массы заряда и соответствия только упругому пределу деформирования породы:

$$U_{\max}'' = \frac{u_s^2 \cdot 3 \sqrt{\left(1 - \frac{4}{3} \cdot \frac{u_s^2}{u_p^2}\right)^7}}{u_p \cdot \left(1 - \frac{u_s^2}{u_p^2}\right) \cdot 10^4} \quad (13)$$

По мнению авторов, этот параметр для большинства скальных пород изменяется в пределах 16-32 см/с при критических деформациях на границе очага $e = 0,000016 - 0,000072$.

Как видим три из четырех параметров, входящих в формулу (12), не зависят от масштаба взрыва, т.к. являются функциями характеристик пород и таким образом удобны для выполнения прогнозных оценок начальных параметров волнового движения. Остальные два исходных параметра – радиус излучателя и видимый период колебаний являются нелинейными функциями массы заряда ВВ ($Q_{BB}^{1/3}$, $Q_{BB}^{1/6}$) и методика их нахождения в данной статье рассматриваться не будет.

В промышленной сейсмике в задачах по движению сейсмических волн принято считать, что в однородной среде видимый период колебаний (T) и скорости u_p и u_s с расстоянием не изменяются.

Вышеизложенное свидетельствует об изменении скоростных начальных параметров волны при расположении очага на различных глубинах с изменением упругих характеристик породы, как аргументов в формулах (1) и (2).

Очевидным фактом, вытекающим из анализа этих результатов, является изменение u_p и u_s в процессе движения с более глубоких горизонтов (мест зарождения) до границы с наносами по мере изменения, в частности коэффициента Пуассона и неправомерности принятия их постоянными параметрами, изменяющимися лишь при переходе в среду с другими упругими и прочностными свойствами.

Следует отметить еще одно обстоятельство, связанное с влиянием коэффициента Пуассона на особенности сейсмической геометрии скорости частиц грунта в приповерхностном слое среды.

Так, для продольной волны, распространяющейся вдоль свободной поверхности упругого полупространства, соотношение вертикального вектора скорости частиц (U_z) и горизонтального (U_x) в зависимости от значения коэффициента Пуассона изменяется следующим образом:

$$\frac{U_z}{U_x} = n \cdot \sqrt{1 - 2n} \quad (14)$$

Из литературы также известно, что частота собственных незатухающих колебаний (f) является функцией коэффициента Пуассона, что видно из соотношения:

$$f = \frac{u_p}{r_u} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (1 - 2n)}{1 - n}} \quad (15)$$



Это еще один дополнительный стимул для углубленного изучения как методик определения величины коэффициента Пуассона, так и степени его влияния на точность решения задач прикладной геодинамики в области промышленной сейсмологии.

Библиографический список

1. Кузьменко В.А. Новые схемы деформирования твердых тел / В.А. Кузьменко. – К. : Наукова думка, 1973. – 200 с.
2. Сузерланд Р.Б. Некоторые динамические и статические свойства горных пород / Р.Б. Сузерланд // Механика горных пород. – М. : Недра, 1966. – С. 286–299.
3. Chudek M. Geomechanika z podstawami ochrony srodowiska gorniczego i powierzchni terenu / M. Chudek. – Gliwice : Wyd. Politechniki seaskiej, 2002. – 637 s.
4. Поведение грунтов под действием импульсных нагрузок / А.А. Вовк, Б.В. Замишляев, Л.С. Евтерев, И.В. и др.]. – К. : Наукова думка, 1984. – 288 с.
5. Мосинец В.Н., Богацкий В.Ф. Основные научно-технические проблемы сейсмологии ближней зоны / В.Н. Мосинец // Взрывное дело 85/42, «Сейсмология промышленных взрывов». – М. : Недра. – 1983. – С. 89–101.
6. Гурович И.И. Сейсморазведка / И.И. Гурович. – М. : Недра. – 1983. – 440 с.



УДК 692.4

БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ НЕСУЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ НА ЗАВОДАХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТА

Самсоненко Г.И., Кораблин И.М.

Тульский государственный университет, Россия

Рассмотрены основные виды нарушений требований промышленной безопасности при эксплуатации строительных конструкций зданий в цементной промышленности. Предложены основные мероприятия по идентификации дефектов строительных конструкций, наблюдению за ними и соблюдению правил промышленной безопасности, взрывопожарной и пожарной безопасности.

Согласно приказу Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19 ноября 2007 г. № 776 [1] все объекты по обогащению и переработке сырья для производства цемента и процесс получения цемента подлежат обязательной регистрации в государственном реестре опасных производственных объек-

тов. Ранее контроль за предприятиями по производству цемента осуществлялся только по отдельным видам надзора.

Цементная отрасль попадает под регистрацию в связи с тем, что на данных производствах эксплуатируются объекты со следующими признаками опасности: используются воспламеняющиеся вещества - газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися; используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115°; используются стационарные и подвижные грузоподъемные механизмы.

По результатам проверок в цементной промышленности было выявлено огромное количество нарушений правил промышленно безопасности, как в области экологического надзора, так и в области надзора за зданиями и сооружениями. Поэтому при проведении экспертиз промышленной безопасности несущих строительных конструкций необходимо тщательно и качественно проводить дефектоскопию и оценку остаточного ресурса как зданий и сооружений в целом, так и их отдельных элементов.

Необходимо отметить, что большинство зданий и сооружений на цементных заводах в процессе длительной эксплуатации подвергаются действию сложных по своему характеру нагрузок, температурно-влажностных деформаций, агрессивной среды и других внешних и внутренних факторов. Зачастую при реконструкции и ремонте зданий и сооружений, происходят значительные и непредусмотренные проектом изменения или колебания внутренних усилий в конструкциях, что может привести к их разрушению или нарушению их нормальной эксплуатации.

Наиболее часто встречающиеся дефекты конструкций связаны с протеканием в них коррозионных процессов. Для металлических конструкций характерно разрушение защитного лакокрасочного покрытия. Зачастую коррозия достигает значительных величин, что приводит к снижению несущей способности элементов конструкции. В железобетонных элементах при коррозии арматуры продукты химических реакций, расширяясь, приводят к отслоению защитного слоя бетона, а в следствии к образованию трещин или скалыванию защитного слоя бетона конструкций. Наиболее губительно, как показывает практика, коррозия действует на железобетонные плиты покрытия и перекрытия, приводя к обрыву рабочей арматуры и к полной потере несущей способности. Связано это с отсутствием плановых ремонтов железобетонных плит покрытия и перекрытия, а также кровли зданий. Например, некачественное выполнение гидроизоляционного кровельного



ковра приводит к систематическому замоканию плит покрытия с последующей глубокой корбанизацией бетона и коррозией рабочей арматуры.

При проведении переоборудования зданий или установкой нового технологического оборудования срезаются элементы стальных колонн или связей. Это приводит к снижению жесткости каркаса здания и непроектной работе конструкций. Иногда можно встретить в стальных конструкциях отдельные вмятины или элементы потерявшие устойчивость, что связано с локальными непроектными силовыми воздействиями.

Встречаются большие отклонения от проектного положения элементов конструкций, что приводит к изменению расчетной схемы конструкции и изменению внутренних усилий. Такого рода дефекты возникают на этапе строительства или при неправильном ведении ремонтных работ. В некоторых случаях для устранения этих дефектов требуется выполнение усилений, в других случаях достаточно периодически выполнять геодезическое наблюдение за отклонениями конструкций.

Часто в кирпичной кладке зданий наблюдается протекание эрозийных процессов. В связи с некачественным выполнением или отсутствием кровельных и оконных водоотливных фартуков, атмосферная влага попадает на кирпичную кладку стен, что приводит к разморозке и разрушению кирпича. Также к эрозии цокольной части стен приводит наличие разрушенной отмостки или ее полное отсутствие. Следует отметить, что эрозия кирпичной кладки может происходить на достаточно большую глубину, тем самым существенно снижая несущую способность стен. Также в ходе эксплуатации технологического оборудования могут возникать вибрационные воздействия, которые приводят к появлению и развитию трещин в кирпичной кладке. В связи с этим необходимо вести наблюдение за развитием трещин и выполнение мероприятий по усилению кладки стен.

При проведении экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений большое внимание следует уделять определению соответствия пожарным нормам. При реконструкции зачастую меняется назначение здания, например при переходе на использование газового оборудования. Следует отметить, что на производстве цемента используется много оборудования, работающего на природном газе. На некоторых заводах газораспределительные узлы находятся непосредственно в производственных зданиях, что приводит к появлению возможности образования взрывоопасных парогазовоздушных смесей. Для таких зданий необходимо устраивать легкообрасываемые конст-

рукции, например, легкосбрасываемые конструкции кровли. На некоторых цементных заводах в зданиях с категорией «А» по взрывопожарной и пожарной опасности отмечено полное отсутствие легкосбрасываемых конструкций.

Отдельного рассмотрения требуют нарушения связанные с отсутствием технической документации на здания или сооружения. Отмечено отсутствие комплектов общестроительных чертежей, паспортов на здания, паспортов на технологическое оборудование, журналов производства работ, документов о проведении текущих и капитальных ремонтов, проектов реконструкции или усиления строительных конструкций сооружения, актов результатов периодических осмотров конструкций. Некоторые пристройки к существующим зданиям, используемые в качестве складских помещений, выполнены без наличия проектной документации. Эксплуатационная документация на цементных заводах ведется не в полном объеме, архивы документов отсутствуют или находятся в неупорядоченном виде.

Анализируя все дефекты строительных конструкций на предприятиях по производству цемента, можно выделить основные причины нарушений правил промышленной безопасности, а также причины образования дефектов и повреждений несущих строительных конструкций: отсутствие регулярного контроля за состоянием строительных конструкций здания в части их износа; низкий уровень квалификации инженерно-технического состава; дефекты строительных конструкций, возникшие при их изготовлении и монтаже; значительные механические и коррозионные повреждения, возникшие в процессе эксплуатации; низкое качество выполнения ремонтов.

Библиографический список

1. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 19 ноября 2007 г. № 776 «О регистрации в государственном реестре опасных производственных объектов по производству цемента и осуществлению надзорных и контрольных функций на предприятиях по производству цемента».





УДК 624. 012. 45: 620. 193

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВО ВРЕМЕНИ ПРОЦЕССА НЕЙТРАЛИЗАЦИИ БЕТОНА В ПОПЕРЕЧНЫХ ТРЕЩИНАХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗА СЧЁТ ДИФфуЗИИ КИСЛЫХ ГАЗОВ

Мигунов В.Н

*Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, Россия*

Овчинников И.И.

Саратовский государственный технический университет, Россия

Приведён теоретический расчёт, определяющий временной период заполнения полости поперечной трещины в тяжёлом бетоне железобетонной конструкции углекислым газом

В агрессивной газовой среде преимущественное влияние на снижение долговечности железобетонных конструкций оказывают процессы коррозии, происходящие на поверхности стальной арматуры. Химические побочные продукты производственных процессов в виде кислых газов действуют на железобетонные конструкции совместно с углекислым газом. Содержание CO_2 в обычном чистом воздухе составляет около 600 мг/м^3 . В промышленной атмосфере эта величина может возрастать в десятки раз. Другие кислые газы (SO_3 , SO_2 , H_2S и CS_2) присутствуют в ней в значительно меньшем количестве. В зависимости от вида газа их предельные допустимые по санитарным нормам концентрации составляют $0,1 - 10 \text{ мг/м}^3$ [1,2,3].

Воздействие кислых газов на бетон вызывает его нейтрализацию, и, тем самым, снижает защитную функцию бетона по отношению к коррозионной сохранности арматуры. Железобетонные конструкции в присутствии этих газов утрачивают нормативную долговечность вследствие коррозии стальной арматуры после нейтрализации защитного слоя бетона.

Образующиеся соли проникают вглубь конструкции со скоростью, зависящей от их растворимости, проницаемости и влажности бетона и, во многих случаях, способствуют её преждевременному разрушению.

В реальных условиях эксплуатации железобетонных элементов ведущая роль в нейтрализации бетона принадлежит углекислому газу. Остальные кислые газы лишь дополнительно ускоряют или замедляют этот процесс [2,3].

В отсутствии действия на бетон хлорсодержащих газов способы прогнозирования защитного действия бетона в агрессивных газовоздушных средах как в России, так и за рубежом основываются на изучении кинетических закономерностей нейтрализации бетона кислыми газами и, в основном, CO_2 . Длительность защитного действия бетона в атмосфере кислых газов рассчитывается по уравнениям диффузии в газовой фазе бетона [2, 3].

Трещины в бетоне облегчают доступ внешней среды к поверхности арматуры и способствуют возникновению и развитию её коррозии. Проницаемость трещин для кислых газов намного выше, чем у бетона без трещин [2].

Расчётным путём определим количество углекислого газа, которое поступает к поверхности арматуры за определённое время с учётом его поглощения бетоном стенок трещин [4]. Расчет основывается на предположении, что скорость проникания CO_2 в зону трещины является соизмеримой со скоростью поглощения углекислого газа бетоном стенок трещины. Вследствие этого концентрация углекислого газа в полости трещины может быть в течение длительного времени низкой. Методика расчёта основывается на использовании первого закона Фика [1,2].

Закон позволяет определить расчётную глубину карбонизации бетона:

$$X = \sqrt{2D_B C_x T / m_0} , \quad (1)$$

где: x – глубина карбонизации бетона, см, за время T , с; C_x – концентрация углекислого газа (относительные единицы); D_B – эффективный коэффициент диффузии углекислого газа, $\text{см}^2/\text{с}$, характеризует проницаемость карбонизированного слоя бетона; m_0 – реакционная способность бетона (объём газа, поглощаемый единицей объёма бетона, зависит от минерального состава, расхода и степени гидратации цемента, а также от структуры пор цементного камня)

Используем закон диффузионного переноса газа в воздухе для моделирования во времени процесса нейтрализации бетона в поперечной трещине. В математическом отношении это выражается в определении времени достижения соответствующей относительной концентрации газа в полости трещин с параллельными бетонными стенками. Исходные геометрические параметры трещины: ширина раскрытия – a , толщина защитного слоя бетона – δ , длина трещины – L .

Количество углекислого газа, поступающего в полость трещины в бетоне:

$$Q_1 = D_B(C_0 - C_x) \cdot a \cdot L \cdot T / \delta, \quad (2)$$



где D_v – коэффициент диффузии CO_2 в воздухе, $см^2/с$; C_0 – содержание углекислого газа в воздухе (относительные единицы); C_x – содержание углекислого газа в полости трещины на границе карбонизации (относительные единицы); δ – толщина защитного слоя бетона, $см$; a_t – ширина раскрытия трещины, $см$; L – длина трещины, $см$; T – время поступления газа в полость трещины, $с$.

Количество углекислого газа (Q_2), поглощаемого бетоном стенок трещины,

$$Q_2 = 2 m_0 \cdot x \cdot L \cdot \delta, \quad (3)$$

где m_0 , x , L , δ , – тоже, что и в формулах (1) и (2).

Из условия $Q_1 = Q_2$ получаем уравнение:

$$D_v(C_0 - C_x) \cdot a_t \cdot L \cdot T / \delta = 2 m_0 \cdot x \cdot L \cdot \delta, \quad (4)$$

Решая уравнение (4), получим следующие зависимости:

$$x = \frac{D_v (C_0 - C_x) a_t T}{2 m_0 d^2}, \quad (5)$$

$$(C_0 - C_x)^2 = \left[\frac{8 D_v m_0 d^4}{D_v^2 a_t^2 T} \right] \cdot C_x, \quad (6)$$

$$\text{Обозначим } \left[\frac{8 D_v m_0 d^4}{D_v^2 a_t^2 T} \right] = K. \quad (7)$$

Тогда уравнение (6) примет вид:

$$(C_0 - C_x)^2 = K C_x, \quad (8)$$

Решение уравнения (8) относительно C_x при заданных значениях K позволяет получить следующие функциональные зависимости.

При $K_1 = 0 \rightarrow C_{1x} = C_0$; при $K_2 = 0,2 \rightarrow C_{2x} = 0,786 C_0$;

$K_3 = 0,4 \rightarrow C_{3x} = 0,540 C_0$; $K_4 = 0,6 \rightarrow C_{4x} = 0,470 C_0$;

$K_5 = 0,8 \rightarrow C_{5x} = 0,420 C_0$; $K_6 = 1 \rightarrow C_{6x} = 0,380 C_0$;

$K_7 = 2,0 \rightarrow C_{7x} = 0,270 C_0$; $K_8 = 4,0 \rightarrow C_x = 0,170 C_0$.

Из формулы (7) можно определить время T (с), за которое в полости трещины получается соответствующее K соотношение C_x/C_0 :

$$T = \frac{8 D_v m_0 d^4}{D_v^2 a_t^2 K}, \quad (9)$$

Результаты расчётов, выполненных по формуле (9) приведены в таблице, с учётом принятых значений как для реальных строительных конструкций: $m_0 = 50$, $D_B = 1 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/с$, $D_v = 0,14 \text{ см}^2/с$ [1,2]. Они показывают, что повышение концентрации углекислого газа в полости трещины происходит постепенно и тем быстрее, чем больше плотность бетона. Сравнительно небольшие значения времени достижения соответствующей относительной концентрации газа по сравнению с норма-

тивным сроком эксплуатации позволяет сделать вывод о том, что их роль в эксплуатационных условиях не является решающей. Это необходимо учитывать при ускоренных экспериментальных исследованиях, когда концентрация CO в испытательных камерах поддерживается не-продолжительное время.

Таблица

Расчётный период времени получения относительной концентрации уг-
лекислого газа (CO_2) в бетонной полости трещины

К	C/C_0	$D_B \cdot 10^{-4}$, см ² /сек.	$\delta_{зсб}$, см	Т в сек. * 10^5 /сутки при a_r (мм)			
				005	0,1	0,2	0,3
1	2	3	4	5	6	7	8
0,2	0,786	1,0	1	<u>4,080</u>	<u>1,020</u>	<u>0,255</u>	<u>0,11</u>
				4,7	1,2	0,3	0,13
			2	<u>65,306</u>	<u>16,327</u>	<u>4,082</u>	<u>1,814</u>
				75,6	18,9	4,7	2,1
			3	<u>330,618</u>	<u>82,653</u>	<u>20,663</u>	<u>9,184</u>
				382,7	95,7	23,9	10,6
		0,2	1	<u>0,816</u>	<u>0,204</u>	<u>0,051</u>	<u>0,023</u>
				0,9	0,2	0,1	0,01
			2	<u>13,061</u>	<u>3,265</u>	<u>0,816</u>	<u>0,363</u>
				15,1	3,8	0,9	0,4
			3	<u>66,122</u>	<u>16,531</u>	<u>4,133</u>	<u>1,837</u>
				76,5	19,1	4,8	2,1
		0,04	1	<u>0,163</u>	<u>0,041</u>	<u>0,010</u>	<u>0,005</u>
				0,2	0,1	0,01	0,01
			2	<u>2,612</u>	<u>0,653</u>	<u>0,163</u>	<u>0,073</u>
				3,0	0,8	0,2	0,1
			3	<u>13,224</u>	<u>3,306</u>	<u>0,827</u>	<u>0,36</u>
				15,3	3,8	1,0	0,4
0,4	0,54	1,0	1	<u>2,041</u>	<u>0,51</u>	<u>0,128</u>	<u>0,057</u>
				2,4	0,6	0,2	0,1
			2	<u>32,653</u>	<u>8,164</u>	<u>2,041</u>	<u>0,90</u>
				37,8	9,5	2,4	1,1
			3	<u>165,306</u>	<u>41,32</u>	<u>10,332</u>	<u>4,592</u>
				191,3	/47,8	12,0	5,3
		0,2	1	<u>0,408</u>	<u>0,102</u>	<u>0,026</u>	<u>0,012</u>
				0,5	0,1	0,03	0,01
			2	<u>6,531</u>	<u>1,633</u>	<u>0,408</u>	<u>0,182</u>
				7,6	1,9	0,5	0,2
			3	<u>33,061</u>	<u>8,266</u>	<u>2,067</u>	<u>0,919</u>
				38,3	9,6	2,4	1,1
		0,04	1	<u>0,082</u>	<u>0,020</u>	<u>0,005</u>	<u>0,003</u>
				0,1	0,02	0,01	0,01
			2	<u>1,306</u>	<u>0,326</u>	<u>0,082</u>	<u>0,037</u>
				1,5	0,4	0,1	0,04



Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
			3	<u>6,612</u> 7,7	<u>1,653</u> 5,4	<u>0,414</u> 0,5	<u>0,184</u> 0,2
1	0,38	1,0	1	<u>0,816</u> 0,9	<u>0,204</u> 0,2	<u>0,051</u> 0,06	<u>0,023</u> 0,03
			2	<u>13,061</u> 15,1	<u>3,265</u> 3,8	<u>0,816</u> 0,9	<u>0,363</u> 0,4
			3	<u>66,122</u> 76,5	<u>16,531</u> 19,1	<u>4,133</u> 4,8	<u>1,837</u> 2,1
		0,2	1	<u>0,163</u> 0,2	<u>0,041</u> 0,1	<u>0,010</u> 0,01	<u>0,005</u> 0,006
			2	<u>2,612</u> 3,0	<u>0,653</u> 0,8	<u>0,163</u> 0,2	<u>0,073</u> 0,1
			3	<u>13,224</u> 15,3	<u>3,306</u> 3,8	<u>0,827</u> 1,0	<u>0,367</u> 0,4
		0,04	1	<u>0,033</u> 0,04	<u>0,008</u> 0,01	<u>0,002</u> 0,002	<u>0,001</u> 0,001
			2	<u>0,522</u> 0,6	<u>0,131</u> 0,2	<u>0,033</u> 0,04	<u>0,015</u> 0,02
			3	<u>2,645</u> 3,1	<u>0,661</u> 0,8	<u>0,165</u> 0,2	<u>0,073</u> 0,1

Из кислых газов кроме CO_2 в условиях промышленного производства, в сельском хозяйстве и природной атмосфере наиболее часто встречается сернистый ангидрид (SO_2). При незначительном содержании SO_2 в воздухе $C_0 = 0,015\%$ его концентрация в электролитах становится соизмеримой с концентрацией кислорода. Он взаимодействует со щелочными компонентами цементного камня в бетоне, образуя гипс и гидросульфалоюминаты кальция. Эти продукты вызывают растрескивание цементного камня, ускоряя проникновение агрессивной среды вглубь бетона.

По механизму воздействия на коррозионный процесс стали сернистый ангидрид относится к эффективному деполяризатору катодного процесса.

Выполненный расчёт по приведённой методике для CO_2 с учётом величины концентрации сернистого ангидрида равной 100 мг/м^3 и толщины защитного слоя бетона $\delta = 25 \text{ мм}$ показывает, что период до начала коррозионного процесса на арматуре для трещин с шириной раскрытия $0,1 - 0,2 - 0,3 \text{ мм}$ составляет $T = 50 - 10 - 5$ суток соответственно [4].

Библиографический список

1. Алексеев С.Н. Долговечность железобетона в агрессивных средах. [Текст]: /С.Н.Алексеев, Ф.М.Иванов, С.Модры, П. Шисль – М: Стройиздат, 1990 – С.206, 210-211, 217, 257, 311.

2. Москвин В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. [Текст]: /В.М.Москвин, Ф.М.Иванов, С.Н.Алексеев, Е.А. Гузеев – М.: Стройиздат, 1980 – С. 106, 291, 299, 301, 309-310, 313-315, 397,410-414.
3. Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости [Текст]: дисс...докт. техн. наук/ Н.К. Розенталь.-М: НИИЖБ,2004. – С. 107-153.
4. Мигунов В.Н. Коррозия арматуры в трещинах железобетонных конструкций в газовоздушной атмосфере производственных зданий [Текст]: /В.Н.Мигунов //Изв. вузов. Строительство. – 2008. -№8 – С. 4-9.



УДК 624. 012. 45: 620. 169. 1

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЛИТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ АГРЕССИВНОЙ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ОБЫЧНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И КОРРОЗИЮ АРМАТУРЫ

Мигунов В.Н

*Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, Россия*

Овчинников И.И.

Саратовский государственный технический университет, Россия

Представлены результаты длительных натурных и лабораторных экспериментальных исследований долговечности железобетонных конструкций и коррозионного поражения арматуры в газовоздушной агрессивной среде, содержащей кислые газы.

Длительная работа железобетонных конструкций в условиях воздействия агрессивной газовоздушной среды производственных зданий обеспечивается коррозионной стойкостью не только бетона, но и стальной арматуры.

В общем случае возможность коррозии стали в тяжёлом плотном бетоне на щелочных вяжущих, не содержащих хлорид - ионы, определяется величиной рН поровой влаги в бетоне, электрохимическим потенциалом поверхности стали и температурой окружающей среды. Величина рН зависит от вида и количества цемента, а также от хими-



ческих добавок. Длительная коррозионная защита стальной арматуры обеспечивается при условии, если величина $pH > 12,5$. При значении pH менее девяти защитное действие щелочей бетона для стальной арматуры утрачивается [1].

Потенциал арматурной стали является электрохимическим свойством физического взаимодействия контактной зоны сталь – бетон. Он зависит как от вида стальной арматуры и состава бетона, так и от абсолютной влажности бетона и относительной влажности воздуха на поверхности стали [1, 2].

В агрессивной воздушной среде производственных предприятий преобладает углекислый газ (CO_2). Его концентрация в сотни раз превышает концентрацию других кислых газов, таких как серный ангидрид (SO_3), сернистый ангидрид (SO_2), сероводород (H_2S) и сероуглерод CS_2 . Агрессивное влияние газообразной среды, содержащей двуокись углерода, на железобетонные конструкции значительно усиливается в присутствии этих газов [1, 2, 3].

Трещины в бетоне облегчают доступ внешней среды к поверхности арматуры и способствуют возникновению и развитию её коррозии. Проницаемость трещин для кислых газов намного выше, чем у бетона без трещин. Эффективный коэффициент диффузии углекислого газа в трещине бетона шириной $a_r = 0,20\text{ мм}$ равен коэффициенту диффузии его в воздухе $D_{CO_2} = 0,14\text{ см}^2/\text{с}$. Это на три порядка выше, чем в бетонах средней плотности [2].

Результаты экспериментальных исследований, полученных при обследовании несущих железобетонных конструкций и длительных испытаниях серии железобетонных образцов в газовой среде зданий свиноводческого комплекса «Тамалинский» в Пензенской области, выявили процесс нейтрализации бетона не только у стенок трещины, но и в зоне нарушения его контакта с арматурой вдоль её поверхности [4]. Газовоздушная атмосфера производственных зданий характеризовалась повышенной относительной влажностью воздуха – до 95%,

Результаты обследования железобетонных полурам, изготовленных из тяжёлого бетона нормальной проницаемости, показывают определяющее влияние на долговечность строительных конструкций коррозионной сохранности арматуры. За 13 лет эксплуатации зданий среднее значение глубины карбонизации защитного слоя бетона толщиной 30 мм составило 15-17 мм. Из обследованных 86 полурам на одиннадцати в защитном слое бетона вдоль арматурных стержней зафиксированы продольные трещины с раскрытием 50 мкм и длиной более 1 м, что свидетельствует о протекании коррозионного процесса на арматуре.

В газозвушной среде производственного здания этого свиноводческого комплекса проведены длительные испытания шести прямых моделей несущих обычных железобетонных конструкций на предмет исследования их долговечности и коррозионной стойкости арматуры. В качестве опытных образцов использовались балки из тяжёлого бетона класса В30 пониженной проницаемости с размерами 1500• 200•70мм. В качестве вяжущего применялся среднеалюминатный портландцемент с эффективным коэффициентом диффузии углекислого газа в бетоне $D=0,17 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{с}$. Плоский арматурный каркас имел одиночную несущую арматуру класса А-111 с маркой стали 35ГС и диаметром стержня 12 мм. Для получения объективных характеристик коррозионного поражения арматуры в поперечных трещинах зона чистого изгиба прямых моделей на расстоянии 600мм была свободной от поперечной арматуры. Толщина защитного слоя бетона составляла $\delta = 30 \text{ мм}$.

Опытные образцы испытывали воздействие периодически изменяющейся нагрузки с минимальным и максимальным уровнями загрузки соответственно 0,4 - 0,7 $M_{\text{разр}}$ и режимом приложения соответствующих уровней нагрузки 14сут - 14сут. Опытная нагрузка моделировала воздействие снега на конструкции покрытия в реальных условиях их эксплуатации. Испытания моделей конструкций проводились на силовых установках. Установка рассчитана на одновременное загрузку двух балок на изгиб в условиях длительного воздействия ступенчато-повторной нагрузки и агрессивной жидкой и газообразной среды [5].

Для стимуляции коррозии арматуры в трещинах бетона её поверхность в течение первого года испытаний один раз в сутки увлажнялась раствором. Химический состав раствора аналогичен составу жидкой среды, получаемой в процессе жизнедеятельности животных. Жидкая среда содержит 95,7% воды и 4,3% сухих веществ: мочевины – 2%, мочевой кислоты - 0,05%, натрий-ион - 0,35%, калий-ион – 0,15%, магний – ион – 0,04%, кальций-ион – 0,06%, хлорид – ион – 0,6%, фосфат- ион – 0,27%, сульфат-ион – 0,78%.

После восемнадцати лет испытания двух образцов получены следующие экспериментальные результаты. Ширина максимально раскрытых трещин $a_{\text{ср}} = 0,160\text{мм}$ при верхнем уровне загрузки увеличилась в 1,80 раза, при нижнем – в 2,27 раза. Жёсткость балок при верхнем и нижнем уровне загрузки уменьшилась в 1,82 раза. Данные изменения жёсткости и ширины раскрытия трещин при верхнем и нижнем уровне загрузки показывают влияние продуктов коррозии арматуры на развитие трещин.



Четыре балки сняты с испытаний и подвергнуты разрушению с определением их несущей способности, в том числе по два образца соответственно после четырёх и двенадцати лет экспериментальных испытаний.

После двенадцати (четырёх) лет испытания получены следующие результаты. Ширина максимально раскрытых трещин $a_{\text{ср}} = 0,160$ мм при верхнем уровне загрузки увеличилась в 1,70 (1,60) раза, при нижнем – в 2,14 (2,0) раза. Величина жёсткости балок при верхнем и нижнем уровне загрузки уменьшилась в 1,78 (1,70) раза. Несущая способность конструкций оказалась выше на 12% (10%) , чем контрольных. Причиной является увеличение прочности бетона, вследствие воздействия на него газовой среды с высокой относительной влажностью и раствора. Прочность бетона при сжатии изменилась к концу испытаний с 31 до 37 (35) МПа.

При испытании на растяжение стержней арматуры, извлечённых из железобетонных элементов, их разрушение происходило по участкам коррозионного поражения глубиной 100-150 мкм. Однако при этом прочность арматуры практически соответствовала прочности в состоянии поставки. Глубина карбонизации бетона в среднем составила 10 (5) мм.

Коррозионное поражение арматуры в зоне трещин бетона локализовалось на участке, длина которого с увеличением ширины раскрытия трещин до 0,27 (0,25) мм достигала 60 (50) мм с площадью коррозии 14 (12) см². Средняя и максимальная глубина коррозионных язв на арматуре в зоне трещин соответственно были равны 120 и 240 (70 и 150) мкм.

На восемнадцатом году испытания на поверхности бетона защитного слоя в зоне чистого изгиба вдоль арматурного стержня отмечено появление отдельных волосяных продольных трещин с шириной раскрытия 20-30 мкм, что является следствием давления продуктов коррозии стали на защитный слой бетона. По данным литературных источников появление продольных трещин в защитном слое бетона несущих строительных конструкций является показателем их предаварийного состояния. Большое влияние на их образование оказывает наличие расчётных поперечных трещин в защитном слое бетона. Распространение продуктов коррозионного поражения стали на поверхности арматуры вдоль стержня между трещинами может явиться решающим фактором снижения долговечности железобетонных конструкций из-за нарушения сцепления арматуры с бетоном [1,2, 3,4].

Результаты исследований показывают необходимость применения железобетонных конструкций из бетона пониженной проницаемо-

сти и добавок – ингибиторов коррозии арматуры [6] в газозавоздушных средах с аналогичными параметрами микроклимата.

Наиболее типичным представителем кислых газов, кроме углекислого газа, является часто встречающийся в промышленности, сельском хозяйстве и природных условиях сернистый ангидрид (SO_2). Сернистый газ, взаимодействуя со щелочными компонентами цементного камня в бетоне, образует сульфит-сульфат кальция, который мало растворим в жидкой фазе.

По механизму воздействия на коррозионный процесс стали сернистый ангидрид относится к эффективному деполяризатору катодного процесса. Поэтому уже при незначительном содержании SO_2 в воздухе $C_0 = 0,015\%$ его концентрация в электролитах становится соизмеримой с концентрацией кислорода.

Для экспериментальных испытаний в условиях длительного воздействия сернистого ангидрида на железобетонные конструкции с поперечными трещинами в защитном слое бетона были изготовлены 20 (в том числе 10 контрольных) железобетонных балок с размерами $2000 \cdot 200 \cdot 70$ мм. Использовался бетон повышенной плотности. В качестве рабочей арматуры в плоском арматурном каркасе применялся одиночный стержень диаметром 12мм класса А-111. В зоне чистого изгиба поперечная арматура отсутствовала. Балки испытывали воздействие длительно действующей постоянной изгибающей нагрузки, моделирующей эксплуатационную.

Для проведения испытания в агрессивной газовой среде были разработаны и изготовлены нагружающие установки [7] и пять газовых камер [8]. В одной камере одновременно располагались четыре образца. Балки испытывали воздействие газозавоздушной атмосферы с концентрацией газа SO_2 равной 100 мг/м^3 . По степени агрессивного воздействия газообразной среды на железобетонные конструкции она оценивается как среднеагрессивная [9].

Коррозионное поражение на арматуре зафиксировано только в зоне поперечных трещин бетона. Оно локализуется на ограниченном участке, длина которого с увеличением ширины раскрытия трещин до 0,30мм составляет 27мм. Средняя и максимальная глубина коррозионных язв на арматуре в зоне максимально раскрытых трещин соответственно составляют 50 и 70 мкм. Сравнительно низкая скорость коррозионного поражения арматуры объясняется наличием её инкубационного периода, нормальной относительной влажностью газозаввоздушной среды и присутствием в полости трещин продуктов коррозии цементного камня с сернистым ангидридом.



На основании проведённых натурных обследований и длительных экспериментальных исследований на прямых моделях несущих обычных железобетонных конструкциях в газовоздушных средах установлено:

- по степени агрессивного воздействия газовоздушная среда свиноводческих зданий по отношению к эксплуатирующимся обычным железобетонным конструкциям является сильно-агрессивной, из-за условия распространения коррозионного процесса вдоль арматурно-го стержня в зоне влияния поперечных трещин;
- коррозионное поражение стали в бетоне с поперечной трещиной в защитном слое бетона имеет инкубационный период, который определяется временем взаимодействия бетона с агрессивной газовоздушной средой в полости трещин;
- экспериментальные исследования железобетонных конструкций в условиях длительного воздействия сернистого ангидрида и постоянной нагрузки не выявили определяющего влияния сернистого газа на снижение долговечности образцов вследствие коррозионного поражения арматуры.

Библиографический список

1. Алексеев С.Н. Долговечность железобетона в агрессивных средах. / С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С.Модры, П. Шисль – М.: Стройиздат, 1990 – С. 137- 167..
2. Москвин В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузев – М.: Стройиздат, 1980 – С. 291, 309-315, 353-384, 397..
3. Москвин В.М. Трещины в железобетоне и коррозия арматуры / В.М. Москвин, С.Н. Алексеев, Г.П. Вербецкий, В.И. Новгородский – М.: Стройиздат, 1971 – 144с.
4. Мигунов В.Н. Коррозия арматуры в трещинах железобетонных конструкций в газовоздушной атмосфере производственных зданий / В.Н. Мигунов // Изв. вузов. Строительство. – 2008. - №8. - С. 4-9.
5. Мигунов В.Н. Установка для режимных испытаний железобетонных балок при действии медленно меняющихся нагрузок в присутствии агрессивной среды (статья) / Реферативный журнал строительства и архитектуры, ВНИИИС, серия 17, вып. 7 – М., 1983 – 1 пс.
6. Новгородский В.И. Метод определения эффективности ингибиторов коррозии стали в трещинах бетона / А.Б. Островский, В.Н. Мигунов // Методические рекомендации по исследованию ингибиторов коррозии арматуры в бетоне. – М.: НИИЖБ, 1980 - 18÷24с
7. Мигунов В.Н. Нагружающие установки для исследования деформативных и прочностных свойств изгибаемых железобетонных элементов / В.Н. Мигунов // ИЛ № 194-86, ЦНТИ. Пенза, 1986 – 4с.

8. Мизунов В.Н. Газовая камера для длительных коррозионных испытаний строительных конструкций/ В.Н. Мизунов// ИЛОНТД, №88-2, ЦНТИ .- Пенза, 1988 -4с.

9. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986 – 48с.



УДК 666.96.15

МОДИФИКАЦИЯ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ ГИДРОФОБНЫМИ ДОБАВКАМИ НА ОСНОВЕ ТОРФА

Мисников О.С., Черткова Е.Ю.

Тверской государственнй технический университет, Россия

Предложен метод гидрофобной модификации минеральных дисперсных материалов органическими добавками, выделяемыми из торфяного сырья. Приведены данные электронно-микроскопического анализа, подтверждающие гипотезу о формировании на минеральных частицах адсорбционных водоотталкивающих пленок. Дана оценка эффективности гидрофобных добавок из торфа при предотвращении слеживаемости минеральных вяжущих и сухих строительных смесей на их основе, а также при получении материалов с низкими водопоглощительными характеристиками. Экспериментально установлено, что введение в минеральное вяжущее модифицирующих добавок в концентрациях от 1 до 3 % не снижает прочности образцов. Сделан анализ изменений в структуре цементных растворов при использовании гидрофобно-модифицированных минеральных вяжущих компонентов.

С 2004 года в Тверском государственном техническом университете развивается новое научное направление глубокой переработки торфа – получение на его основе гидрофобно-модифицирующих добавок для различных видов минеральных дисперсных материалов, которые изолируют их от жидкой и парообразной влаги, предотвращая тем самым слеживаемость и неограниченно увеличивая сроки хранения. Особенно актуальна эта проблема для минеральных вяжущих гидравлического и воздушного твердения, а также сухих строительных смесей на их основе. Предлагаемые научные принципы, заложенные в способ гидрофобизации, можно использовать и в других отраслях народного хозяйства (хранение удобрений и огнетушащих порошков, гидроизоляция, бурение скважин, и т. п.), а также на предприятиях военно-промышленного комплекса. Известные методы гидрофобизации строительных материалов основаны на использовании различных ви-



дов модифицирующих добавок [1-4]. Они отличаются способами создания водоотталкивающих покрытий на минеральных частицах, стойкостью к внешним воздействиям, долговечностью, стоимостью и другими важными характеристиками. Однако, несмотря на широкий спектр выпускаемых промышленностью водоотталкивающих составов, на настоящий момент на внутреннем рынке строительных материалов существует определенный дефицит дешевых, простых в использовании и в тоже время достаточно эффективных гидрофобизаторов.

Теоретической основой для создания гидрофобизирующих добавок на основе торфа являются исследования отечественных ученых [5-7], в которых были выявлены изменения в групповом химическом составе торфа при различных видах воздействия на его органическое вещество: термического, механохимического, электромагнитного, биологического и т.п. Известно, что при естественной и (или) искусственной сушке торфа в нем происходят необратимые изменения, которые приводят к значительному снижению водопоглощительной способности. Причем характер этих изменений зависит от величины и продолжительности термического воздействия.

Особый интерес представляет использование характерного свойства торфа – его термической неустойчивости. При нагреве этого биогенного материала, органическая масса претерпевает сложные превращения, комплекс которых принято называть термической деструкцией, в результате чего образуются твердые, жидкие и газообразные продукты. Необходимо обратить основное внимание на то, что при термическом распаде органической массы торфа, появляются значительное количество дополнительных гидрофобных веществ, наличие которых не фиксировалось в первоначальном сырье.

Исходя из анализа различных способов получения гидрофобных добавок, на основе органических и минеральных материалов, широко освещенных в специальной литературе, был разработан способ получения органической гидрофобизирующей добавки на основе торфа. Она представляет собой тонкодисперсную фракцию модифицированного торфяного сырья со строго определенными природными характеристиками. Параметры процесса (температура, влажность, давление, расход окислительного реагента, наличие каталитических добавок и др.) физико-химической модификации зависят от вида минерального вяжущего материала, а также конечных характеристик, предъявляемых к строительному материалу на его основе. Формирование водоотталкивающих пленок осуществляется методом физической ад- и абсорбции жидких, представленных, в основном, битумной фракцией, и газообразных продуктов пиролиза на минеральных зернах цементных частиц.

Анализ снимков частиц портландцемента после модификации добавкой на основе верхового торфа, сделанных при помощи растрового электронного микроскопа JSM-7001F с катодом Шоттки (термо-полевая эмиссия) позволяет обнаружить качественные изменения их поверхности (рис. 1). Здесь изображены части цементных зерен размером около 1 мкм, а сами водоотталкивающие органические пленки из-за значительно меньших размеров не видны (их толщина составляет от 2,3 до 10 нм). Объективным подтверждением их существования является увеличение интенсивности черного цвета зерен и наличие на поверхности углерода. Содержание последнего увеличивается на поверхности правой частицы, с одновременным уменьшением в спектре традиционных химических элементов, входящих в состав цементного клинкера (кальций, железо, алюминий, кремний и др.). В результате формирования на цементных частицах гидрофобных оболочек из сорбированных на их поверхности жидких смолистых продуктов пиролиза и твердых компонентов органического вещества торфа, цементный порошок приобретает высокие водоотталкивающие свойства.

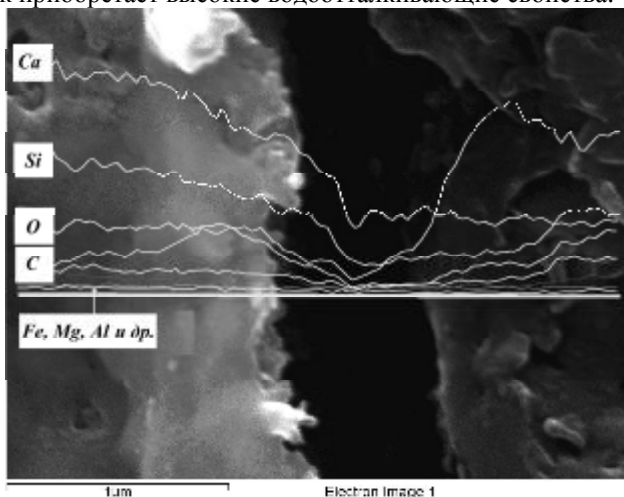


Рис. 1. Электронно-микроскопический снимок поверхности зерен модифицированного портландцемента с распределением химических элементов

Гидрофобизация по методу *М.И. Хигеровича* [3, 4] позволяет достаточно надежно изолировать цемент от жидкой воды. Но углекислый газ и водяной пар проникают через изоляционные оболочки и вступают во взаимодействие с зернами вяжущего. И хотя масса водяного пара, проникающего к гидрофобизированным частицам значительно меньше, чем в контрольных образцах, его достаточно для сни-



жения качественных характеристик цемента. Сам автор приводит следующие количественные показатели [3, 4]: при 3...6 месячном хранении во влажной атмосфере гидрофобный цемент увеличивает свой вес на 2,5...3,5 %, а у обычных портландцементов привес составляет от 6 до 14 % при увеличении содержания углекислого газа в 8...12 раз. В глиноземистом цементе этот показатель еще выше, причем эффект от гидрофобизации проявляется не так эффективно: в контрольном образце приращение массы составило 18,3 %, в гидрофобных от 6,4 до 14,4 %. Это объясняется тем, что защитные оболочки на цементных зернах имеют не сплошное, а прерывистое «сетчатое» или «мозаичное» строение [4], и через них возможно проникновение пара

Эксперименты по сорбции водяного пара гидрофобно-модифицированными торфяными добавками минеральными вяжущими, проводились с высокоалюминатным глиноземистым цементом ISIDAC 40 (производство Турции). Контрольные и модифицированные образцы цемента в чашках *Петри* помещались в эксикатор и хранились при относительной влажности воздуха $\phi = 100$ %. Приращение массы определялось на электронных весах с точностью измерения до 0,001 г. Результаты экспериментов по кинетике поглощения пара свидетельствуют о том, что в течение первых суток общие закономерности процесса примерно одинаковы: приращение массы в этот период в гидрофобно-модифицированном цементе уменьшается незначительно. Начиная со вторых суток нахождения во влажной атмосфере, контрольный образец цемента начинает интенсивно набирать влагу, и на седьмые сутки значение его водопоглощения достигает 3,4 %. В модифицированных цементах эта величина не превышает 1 %.

Если проследить эту зависимость на протяжении более длительного промежутка времени, то у контрольного образца явно прослеживается значительное повышение поглощения пара до 26 % (50 суток) [8] и сравнительно небольшое увеличение этого показателя в течение следующих 80 суток с явной тенденцией к стабилизации процесса. Это, по-видимому, свидетельствует о том, что 25 % поглощаемого пара (воды) химически связывается с минеральным вяжущим и идет для осуществления его гидратации. Оставшуюся массу воды в основном можно отнести к категории физико-химической связанной.

В модифицированном цементе количество сорбированной влаги уменьшается в 1,75...22 раза в зависимости от концентрации гидрофобного модификатора. Более того, это физико-химически связанная влага, удалить которую можно высушиванием образцов при температуре $T = 105^\circ\text{C}$. Контрольный образец (0 %) при сушке уменьшил массу с 34,4 до 25,5 %; гидрофобизированный (1 %): с 19 до 14,5 %; гидрофо-

бизированный (2 %): с 2,66 до 0,012 %; гидрофобизированный (3 %): с 2,54 до 0,009 %; гидрофобизированный (4 %): с 2,25 до 0,006 %. После этого модифицированные цементы практически полностью восстанавливают свои свойства, а приращение массы контрольного образца можно уменьшить всего на 10 %. Причем это полностью гидратированный цемент, утративший свои эксплуатационные характеристики.

Концентрация модифицирующих добавок в цемент и цементосодержащие смеси может изменяться в пределах от сотых долей процента до двадцати процентов и выше. Это зависит от взаимного влияния компонентов на процессы, происходящие при твердении, а также на конечные свойства получаемого материала. Добавки традиционных гидрофобно-пластифицирующих компонентов вносятся в небольших концентрациях при помоле клинкера, и поэтому существенного влияния на конечную прочность материала не оказывают.

Торфяное сырье по своей природе является хорошим органическим связующим, активность которого, при прочих равных условиях, повышается при увеличении степени разложения и механической переработки (диспергирования). Однако, в связи с тем, что он принадлежит к коллоидным системам, твердеющим за счет коагуляционного структурообразования [7] при сушке, а для цемента характерны реакции гидратации и гидролитической диссоциации [1], взаимное влияние добавок из этих материалов на процессы твердения будет отражаться в основном только на большей или меньшей (в зависимости от концентрации) дефектности конечной структуры. Исходя из этого положения возможно создание бетонных и цементных растворов на основе гидрофобизованных вяжущих, которые по своим прочностным характеристикам не будут уступать образцам из контрольных материалов.

Применение в качестве основного сырья для получения гидрофобных добавок высокоразложившегося торфа показывает, что при концентрации последних до 3...4 % от массы минерального вяжущего заметных снижений прочности образцов не наблюдается. Более того, отрицательное влияние гидрофобно-модифицирующих добавок на прочность снижается при твердении растворов во влажных условиях. Это свидетельствует о том, что разработанные модификаторы не принимают активного участия в процессах гидратации, а только сопутствуют им, создавая «водозащитные барьеры» в структуре цементного камня и на межструктурном уровне.

В связи с этим большое значение в технологическом процессе имеет качество перемешивания компонентов. Особое внимание этому вопросу необходимо уделять еще и потому, что насыпная плотность минерального вяжущего материала и добавки отличается более чем в



шесть раз. В настоящее время авторами разрабатываются новые методы, которые позволяют еще больше снижать влияние добавок на прочность материала.

Для оценки влияния гидрофобной модификации цемента на свойства отвердевшего раствора на его основе были проведены исследования структуры на растровом электронном микроскопе по шлифам экспериментальных образцов (рис. 2, таблицы 1 и 2).

Анализ полученных данных позволяет установить следующее. В контрольном образце четко можно выделить несколько характерных зон с преобладанием тех или иных компонентов связующего и наполнителя (рис. 2 а, таблица 1). В спектрах 1, 2 и 3 преобладают кремний и кислород, что свидетельствует о том, что здесь сосредоточены частицы наполнителя (песка). В остальных спектрах преобладает кальций, присутствуют алюмоферриты, а также следы магния, кремния и титана. На снимке хорошо просматривается характер взаимодействия связующего и наполнителя через переходную зону, однако выявлено несколько нарушений целостности структуры в виде трещин.

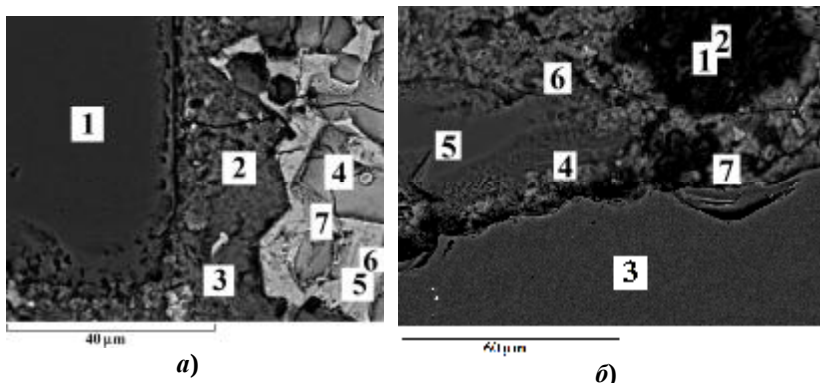


Рис. 2. Структура экспериментальных образцов, полученных на основе контрольного (а) и гидрофобно-модифицированного цементов (б) с органической добавкой (концентрация 5 %)

Снимок раствора, полученного с использованием гидрофобно-модифицированного вяжущего, качественно отличается от контрольного образца. При интенсивном механическом перемешивании при приготовлении раствора, гидрофобные битумные пленки, «сдираются» с поверхности цементных частиц и распределяются по всему объему образца, создавая тем самым «защитный барьер» от проникновения влаги внутрь материала. Это заметно при анализе спектра 6 (рис. 2 б).

В структуре хорошо выделяются и твердые органические частицы, являющиеся продуктами термической деструкции органического вещества торфа (спектры 1, 2, 7). Они по своей природе также являются гидрофобными и оказывают дополнительный водоотталкивающий эффект совместно с жидкими продуктами пиролиза. Здесь так же, как и у контрольного образца можно выделить частицы наполнителя (спектр 3), однако не заметно ярко выраженной переходной зоны между ними и связующим. Трещин и нарушений сплошности структуры, вызванных усадочными деформациями при твердении не выявлено, хотя отмечаются достаточно большие участки с вкраплениями органических частиц, которые можно отнести к дефектам структуры, и которые должны отрицательно сказываться на прочности материала. Однако экспериментально установлено, что снижение прочности наблюдается только при увеличении концентрации добавок более 4...5 %.

Таблица 1

Содержание химических элементов в образце строительного раствора, полученного из контрольного портландцемента

Анализируемая зона	Содержание химических элементов, %								
	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Fe	O	Всего
Спектр 1			46,7					53,3	100
Спектр 2			44,0		4,2			51,8	100
Спектр 3			46,3		0,7			53,0	100
Спектр 4	1,2	11,5	2,1		35,8	0,97	15,6	32,8	100
Спектр 5	1,0	10,1	4,5		37,6		13,2	33,6	100
Спектр 6		5,8	9,8	1,14	43,3		4,72	35,2	100
Спектр 7		1,4	18,9		37,7			40,3	100

Применение разработанного метода позволяет существенно снижать влагопроводность и влагоемкость отвердевших растворов, бетонов и других строительных материалов за счет придания гидрофобных свойств их структурным элементам. Если на поверхность контрольного образца нанести несколько капель воды, то уже через 3-5 минут они практически полностью впитываются в цементный камень. Капли же на поверхности модифицированного образца могут находиться достаточно долго. Величина угла смачивания больше 90°, что свидетельствует о высокой гидрофобизации его поверхности.



Таблица 2

Содержание химических элементов в образце строительного раствора, полученного из гидрофобно-модифицированного портландцемента

Анализируемая зона	Содержание химических элементов, %					
	C	Al	Si	Ca	O	Всего
Спектр 1	26,76		0,19	1,09	71,95	100
Спектр 2	26,39		0,32	1,87	71,42	100
Спектр 3			45,64		54,36	100
Спектр 4			48,45		51,55	100
Спектр 5			46,74		53,26	100
Спектр 6	14,78	1,11	7,27	20,15	56,69	100
Спектр 7	25,47			4,78	69,75	100

Разработанный метод успешно может применяться и для гидрофобизации других сыпучих минеральных материалов: извести, гипса, песка, глины и т. п., что открывает новые направления его использования. В настоящее время проводятся успешные эксперименты по расширению сырьевой базы гидрофобно-модифицирующих добавок. Хорошие результаты получаются при использовании торфа, подвергнутого саморазогреванию, органического сапропеля, древесных остатков, извлекаемых из торфяной залежи, отходов деревопереработки и других видов органических отходов.

Библиографический список

1. *Строительные материалы*; под ред. Г.И. Горчакова. М.: Высшая школа, 1982. 352 с.
2. Пащенко, А.А. Вяжущие материалы. / А.А. Пащенко, В.П. Сербин, Е.А. Старчевская. Киев: Вища школа, 1975. 444 с.
3. Хигерович, М.И. Гидрофобный цемент и гидрофобно-пластифицирующие добавки / М.И. Хигерович. М.: Гос. изд-во литературы по строит. материалам, 1957. 208 с.
4. Хигерович, М.И. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов / М.И. Хигерович, В.Е. Байер. М.: Стройиздат, 1979. 125 с.
5. Раковский, В.Е. Химия пирогенных процессов / В.Е. Раковский, Ф.Л. Каганович, Е.А. Новичкова. Мн.: АН БССР, 1959. 208 с.
6. Смольянинов, С.И. Термобрикетирование торфа / С.И. Смольянинов, С.Г. Маслов. Томск, 1975. 108 с.

7. Лиштва́н, И.И. Физико-химические основы технологии торфяного производства / И.И. Лиштва́н, А.А. Терентьев, Е.Т. Базин, А.А. Головач. Мн.: Наука и техника, 1983. 232 с.
8. Мисников, О.С. Модификация строительных материалов добавками на основе торфа / О.С. Мисников // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2007. № 6. С. 20-26.
9. Круглицкий, Н.Н. Физико-химическая механика цементно-полимерных композиций / Н.Н. Круглицкий, Г.П. Бойко. Киев: Наукова думка, 1981. 239 с.



УДК 691.335

СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ПОЛИМЕРСИЛИКАТНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ДИСПЕРСНЫМИ И НАНОМАТЕРИАЛАМИ

Прудков Е.Н., Кузьмина С.В., Богданчикова А.С., Рыбакова Е.Н.
Тульский государственный университет, г.Тула, Россия

Анализируются процессы структурообразования полимерсиликатных композиционных материалов, приготовленных на основе жидкого стекла, при введении в качестве заполнителей и наполнителей стеклобоя, дисперсно-армированных фиброволокном и наноструктурами (нановолокном); исследовано влияние этих компонентов, а также их соотношения, на прочность и светопрозрачность материала.

Изучение процесса образования структуры сложных многокомпонентных систем на основе жидкого стекла, при введении в качестве заполнителей и наполнителей стеклобоя, дисперсно-армированных фиброволокном и нанотрубками (нановолокном), является инновационным направлением в строительном материаловедении.

Строительные композиты, в частности бетоны на жидком стекле, обладают недостаточно плотной структурой. Улучшить структуру таких материалов удастся за счет введения добавок фурановых и фенольных смол. При этом наблюдается диспергирование жидкого стекла от частиц размером 30 мкм до более мелких $3 \cdot 10^{-7}$ мкм [1]. Такая структура сохраняется и после отверждения жидкого стекла, при этом уменьшается не только пористость композитов, но и происходит существенное снижение внутренних напряжений в материалах.



В данной работе исследуется жидкостекольная композиция, включающая жидкое стекло, кремнефтористый натрий, фуриловый спирт, наполнитель и заполнитель из стеклобоя промышленного и тарного стекла БТ-1, полимерное волокно (полипропиленовые волокна-фибры «Fibrin» с длиной волокна 3 мм, диаметром – 18 микрон) и углеродные нанотрубки.

Анализ экспериментальных данных показывает, что значительно снизить усадку полимерсиликатных бетонов можно за счет введения добавок фурилового спирта или фурфурола. Эти полимеры, обволакивают частицы геля кремниевой кислоты, препятствуют их сближению – агрегации, при этом ограничивается сжатие системы и выделение воды из геля, что значительно снижает усадку. Оптимальной является концентрация этих полимеров в количестве 3 – 5% по массе от жидкого стекла, эта концентрация способствует не полному, а лишь частичному обволакиванию частиц геля $\text{Si}(\text{OH})_4$, что приводит к незначительному замедлению процесса агрегации. Кроме того, эти модифицирующие добавки способствуют гидрофобизации и уплотнению композитов [2]. Таким образом, добавки фурилового спирта и фурфурола являются комплексными. Под их действием уплотнение композитов происходит по следующим схемам: диспергирование жидкого стекла, обволакивание и защитное действие к кремнийгелю, гидрофобизация и полимеризация.

Целью проведения исследований было изучение процесса структурообразования и свойств полимерсиликатной композиции, включающей жидкое стекло, кремнефтористый натрий, фуриловый спирт, наполнитель и заполнитель из стеклобоя, полимерное фиброволокно и углеродные наноструктуры.

Работа относится к области производства строительных материалов, а именно к составам полимерсиликатных смесей, предназначенных для изготовления светопрозрачных конструкций и элементов (для обустройства подземных переходов, складов, помещений общественных зданий и др.), работающих в условиях химически агрессивных сред, а также светопрозрачных элементов технологического оборудования, баковой аппаратуры (технологических ванн, баков, кислотохранилищ, отстойников) и т.д.

Имеется ряд работ в этой области исследований, однако, как недостаток ранее проведенных исследований, следует отметить меньшую прочность на растяжение при изгибе, что особенно важно для конструкций и элементов работающих на изгиб и для баковой аппаратуры, а также отсутствие светопрозрачности материалов.

Ожидаемый эффект достигается введением небольших количеств дисперсно – армирующего компонента – полимерного волокна, имеющего гофрированную структуру, способствует формированию более прочной структуры композита, повышению предела прочности на сжатие и растяжение при изгибе.

Данный метод вмешательства в процессы структурообразования позволяют на 30 – 40% увеличить прочность жидкостекольной матрицы.

По результатам исследований установлено, что введение в состав жидкостекольных композитов дисперсно-армирующего компонента увеличивает предел прочности при сжатии и особенно на растяжение при изгибе.

Для улучшения процесса структурообразования жидкостекольной матрицы, повышения прочностных и деформативных свойств в состав жидкостекольных композитов вводится наноструктурный углеродный комплекс, представляющий углеродную смесь (фибру) высокой реакционной способности (УСВР). Наноструктуры, содержащие УСВР, представляют собой графены, нанотрубки, ветвящиеся нанотрубки, нанокольца, нанофракталы. Графены – один атомарный углеродный слой, углеродные нанотрубки – полые трубки из одного или нескольких слоев атомов углерода, они имеют диаметр от 1 до нескольких нанометров и длину от нескольких диаметров до нескольких микрометров, таким образом, они, по сути, являются полыми волокнами. Наноструктуры химически инертны, устойчивы к агрессивным средам, экологически чисты. Содержание углерода не менее 99,4%. Удельная поверхность 2000 м²/г.

Введенный в состав композитов до 0,03 от массы композита наноструктурный углеродный комплекс армирует его матрицу, превращая его в композиционный материал и повышая его прочность. Эффект повышения прочности возникает не только за счет непосредственного армирования, которое действительно по размерам ничтожно, но и за счет направленного регулирования процессов коагуляции и уплотнения структуры матрицы. Наноструктуры ведут себя в композите как «зародыши» коагуляционных процессов и, поскольку они имеют не точечную, а протяженную форму, коагулянты образуются вытянутые, армирующие [3]. Образование вытянутых коагулянтов приводит к потере жидкостекольным композитом эластичности, увеличению жесткости, прочности и уменьшению деформативной способности.

На прочность и светопроницаемость полимерсиликатных композитов оказывает влияние дисперсность и форма зерен заполнителя и наполнителя. Так, при введении в состав зерен стекла угловатой формы светопроницаемость ниже, чем при введении гранулированного



стекла (окатанной формы). Прочность композита с применением боя стекла угловатой формы выше, за счет лучшего адгезионного и когезионного сцепления зерен наполнителя со связующим.

Применение мелкого заполнителя – песка из стеклобоя позволяет получить прочный светопрозрачный жидкостекольный композит с достаточно высокой характеристикой по светопрозрачности.

Жидкостекольную композицию готовили следующим образом в две стадии. На первой стадии в течение 1 – 1,5 мин. в смесителе-активаторе готовится жидкая активированная смесь, содержащая жидкое стекло, кремнефтористый натрий, фуриловый спирт, наполнитель, полимерное волокно, углеродные трубки, идущие на замес.

Под активацией смеси понимается дополнительная диспергация, гомогенизация составляющих материалов в смесителе-активаторе, представляющим собой корпус, внутри которого со скоростью 6 – 8 м/с вращается ротор. При вращении ротора материалы приходят в вихревое хаотическое движение, в процессе которого происходит активация смеси.

На второй стадии активированная смесь из активатора-смесителя поступает в бетоносмеситель, в который одновременно поступает весь мелкий заполнитель из стеклобоя. Общий цикл приготовления смеси составляет до 4 мин.

Таблица 1

**Исследуемые составы и результаты испытаний свойств
полимерсиликатных композитов**

Показатели	Ед. изм.	Составы (наполнитель (стеклобой с $S_{уд} = 300$ $\text{м}^2/\text{кг}$)/фиброволокно/углеродные нанотрубки), % по массе		
		18/0,2/0,01	18/0,3/0,02	18/0,4/0,03
Предел прочности на сжатие	МПа	60,2	64,6	65,1
Предел прочности на растяжение при изгибе	МПа	20,6	21,4	22,5
Коэффициент светопрозрачности	%	34	22	29

Полученную смесь укладывают в формы с последующим уплотнением на виброплощадке со стандартной частотой и амплитудой. Отформованные изделия после выдержки в нормальных условиях в течение суток подвергают тепловой обработке при температуре 65-70°C.

Для испытаний использовались следующие составы: расход жидкого стекла и дробленого песка из стеклобоя (крупностью до 5мм) принимались постоянными, 14 и 65% по массе соответственно. Иссле-

дуемые составы и результаты испытаний сведены в таблицу 1.

По результатам испытаний установлено, что оптимальное содержание наполнителя (стеклобоя) и армирующего компонента – полипропиленовых дисперсных волокон, углеродных нанотрубок по массе 18; 0,4 и 0,03 % соответственно.

Таким образом, предлагаемый состав жидкостекольной композиции позволяет повысить прочность на сжатие, прочность на растяжение при изгибе и обеспечить светопрозрачность материала продукции.

Библиографический список

1. Соломатов В.И. Развитие полиструктурной теории композиционных композиционных строительных материалов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. - №8. – 1985. – С. 58 – 64.
2. Михайлов К.В., Патуров В.В., Крайс Р. Полимербетоны и конструкции на их основе. – М.: Стройиздат, 1989. – 304 с.
3. Худяков В.А. Современные композиционные материалы / В.А. Худяков, А.П. Прошин, С.Н. Кислицина. – М.: Издательство АСВ, 2006. – 144с.
4. Прутков Е.Н., Кузьмина С.В. Светопрозрачные дисперсно-армированные полимербетоны для ремонта и отделки помещений. // Стройпрофиль. - № 1(47). – 2006. – С. 94 – 95.



УДК 539.384.6

ОБЩАЯ МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕРМОУПРУГОГО ИЗГИБА ТОНКИХ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИН ИЗ АНИЗОТРОПНЫХ РАЗНОСОПРОТИВЛЯЮЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ

Самсоненко Г.И.

Тульский государственный университет, Россия

Предложена математическая модель для расчета изгиба тонких прямоугольных пластин, работающих в условиях термомеханического нагружения, выполненных из анизотропных разносопротивляющихся материалов.

Предлагаемая математическая модель ведет учет влияния температуры на общее напряженно-деформированное состояние пластин, выполненных из анизотропных разносопротивляющихся материалов, независимо от воздействия механической нагрузки. Таким образом,



рассматриваемая задача термоупругости распадается на две независимые задачи механики сплошной среды и термодинамики. Такой подход позволяет исследовать температурное поле в твердом теле, соответствующее определенным условиям теплопередачи, независимо от деформированного состояния тела. Однако следует заметить, что влиянием деформаций тела на распределение в нем температуры можно пренебречь при рассмотрении материалов, для которых эффект связанности полей деформаций и температур мал.

Для решения несвязанных задач термоупругости для анизотропных разносопротивляющихся материалов необходимо построить полную систему разрешающих уравнений, описывающих соотношения между перемещениями и напряжениями, а также распределение температурного поля.

Основываясь на работах Н.М. Матченко и А.А. Трещева [2], а также классических соотношениях механики были получены определяющие соотношения, описывающие поведение конструкционных анизотропных разносопротивляющихся материалов в условиях термомеханического нагружения. Данные соотношения были конкретизированы для задачи термоупругого изгиба тонких прямоугольных пластин. Отдельно рассмотрена возможность исследования температурных полей в теле пластины.

Рассмотрим упругое равновесие прямоугольной пластины толщиной h под действием поперечной равномерно-распределенной нагрузки q и разницы температур по границам пластинки ΔT . Пластинка принимается достаточно тонкой, такой, чтобы можно было считать справедливыми гипотезы Киргофа–Лява.

Деформированное состояние пластин определим компонентами перемещений точек срединной поверхности $u_1, u_2, u_3 = w$.

Компоненты тензора деформаций можно выразить через параметры деформации e_{ij} и кривизны c_{ij} срединной поверхности $(i, j) = 1, 2$:

$$e_{ij} = e_{ij} + x_3 c_{ij} \quad (1)$$

Применительно к геометрически линейным задачам плоских пластин в декартовых координатах деформации и кривизны средней поверхности можно записать в следующем виде:

$$2e_{ij} = u_{i,j} + u_{j,i}; \quad c_{ij} = -w_{,ij}, \quad (2)$$

Условия равновесия принимаются с учетом влияния продольных усилий в виде [3]:

$$N_{11,1} + N_{12,2} = 0; \quad N_{12,2} + N_{22,2} = 0, \quad (3)$$

$$M_{11,11} + 2M_{12,12} + M_{22,22} = -q(x_1, x_2) - N_{11}w_{,11} - 2N_{12}w_{,12} - N_{22}w_{,22}$$

где N_{ij} – усилия в срединной плоскости пластины;

M_{ij} – изгибающие моменты,

$q(x_1, x_2)$ – поперечная нагрузка.

В произвольной ортогональной системе координат уравнения связи деформаций e_{ij} с напряжениями s_{ij} с учетом температурного воздействия в общем случае для анизотропных разнсопротивляющихся материалов можно принять в виде:

$$e_{ij} = C_{ijkp}(w_{qp})s_{km} + a_{ij}d_{ij}\Delta T, \quad i, j, k, m, q, p = 1, 2, 3, \quad (4)$$

где $A_{kkkk} = (1/E_k^+ + 1/E_k^-)/2$; $B_{kkkk} = (1/E_k^+ - 1/E_k^-)/2$;

$$A_{ijij} = -(n_{ij}^+ / E_j^+ + n_{ij}^- / E_j^-) / 2; \quad B_{ijij} = -(n_{ij}^+ / E_j^+ - n_{ij}^- / E_j^-) / 2;$$

$$A_{jjjj} = (1/E_j^+ + 1/E_j^-) - 0,25[(1/E_i^+ + 1/E_j^+ + 1/E_i^- + 1/E_j^-) - 2(n_{ji}^+ / E_i^+ + n_{ji}^- / E_i^-)];$$

$$B_{jjjj} = \sqrt{2}(1/E_j^+ - 1/E_j^-) - 0,125\sqrt{2}[(1/E_i^+ + 1/E_j^+ - 1/E_i^- - 1/E_j^-) - 4(n_{ji}^+ / E_i^+ - n_{ji}^- / E_i^-)];$$

$$n_{ij}^+ / E_j^+ = n_{ji}^+ / E_i^+; \quad n_{ij}^- / E_j^- = n_{ji}^- / E_i^- ,$$

где $E_k^{\pm}$, $E_i^{\pm}$, $E_j^{\pm}$ – модули деформаций при растяжении и сжатии в направлениях соответствующих главных осей анизотропии, $n_{ij}^{\pm}$, $n_{ji}^{\pm}$ – модули поперечной деформаций при растяжении и сжатии в направлениях соответствующих главных осей анизотропии, $E_{ij}^{\pm}$ – модули деформаций при растяжении и сжатии в направлениях под углом 45° к соответствующим главным осей анизотропии, ΔT – разность температур; a_{ij} – коэффициент линейного расширения материала; d_{ij} – символ Кронекера.

Применительно к задаче об изгибе тонких прямоугольных пластин соотношения между напряжениями и деформациями можно представить в виде:

$$e_{11} = C_{1111}s_{11} + C_{1122}s_{22} + a_{11}\Delta T, \quad (5)$$

$$e_{22} = C_{1122}s_{22} + C_{2222}s_{22} + a_{22}\Delta T, \quad e_{12} = C_{1212}t_{12},$$

где $C_{11} = A_{2222}/\Delta$; $C_{22} = A_{1111}/\Delta$; $C_{12} = -A_{1122}/\Delta$; $C_{66} = 1/A_{1212}$;

$$R_{11} = C_{11}T_{11} + C_{12}T_{22}; \quad R_{22} = C_{22}T_{22} + C_{12}T_{11}; \quad R_{12} = C_{66}T_{12};$$

$$T_{11} = B_{1111}w_{,11}s_{11} + B_{1122}(w_{,11} + w_{,22})s_{22};$$

$$T_{22} = B_{1122}(w_{,11} + w_{,22})s_{11} + B_{2222}w_{,22}s_{22};$$

$$T_{12} = B_{1212}\sqrt{2w_{,12}} \cdot t_{12}; \quad \Delta = A_{1111}A_{2222} - A_{1122}^2.$$



Для получения выражений для продольных усилий и изгибающих моментов напряжения из выражений (5) следует их привести к интегральным характеристикам по традиционным формулам:

$$N_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} s_{ij} dx_3 ; \quad M_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} s_{ij} x_3 dx_3 . \quad (6)$$

Для определения температурных компонент в уравнениях (5) необходимо решить отдельно задачу о передаче тепла через поверхность пластины. Процесс теплопередачи можно описать уравнением теплопроводности.

Примем уравнение теплопроводности с учетом того, что коэффициенты удельной объемной теплоемкости и коэффициенты линейного расширения являются постоянными и что в рассматриваемом теле отсутствуют источники тепла [1]:

$$\nabla^2 T = \frac{1}{a} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} , \quad (7)$$

где T – температурное поле; $a = a_{ii} / c$ – коэффициент теплопроводности, характеризующий теплоинерционные свойства тела; c – удельная объемная теплоемкость тела.

В компактной тензорной форме для одномерного случая, уравнение теплопроводности запишется:

$$(\partial T)_{,t} = a \cdot (\partial T)_{,zz} , \quad (8)$$

где z – ось системы координат, перпендикулярная к поверхности пластины.

Для однозначности решения уравнения теплопроводности необходимо его дополнить начальными и граничными условиями.

В качестве начального условия задается распределение температуры тела в начальный момент времени ($t = 0$). Это распределение зачастую принимается равномерным:

$$T(z, 0) = T_0 = const \quad (9)$$

К уравнению (8) следует присоединить граничные условия. Граничные условия связаны со сложным теплообменом на поверхности тела, где могут иметь место различные способы теплопередачи одновременно.

В теории теплопроводности в качестве основного граничного условия может быть задано распределение температуры по поверхности тела:

$$T(z, t) = f(z, t) , \quad (10)$$

где $f(z, t)$ – заданная функция распределения температурного поля.

Таким образом, выражения (1)-(3), (5), (8) представляют собой полную систему уравнений, достаточную для исследования напряженно-деформированного состояния тонких прямоугольных пластин, выполненных из анизотропных разносопротивляющихся материалов, при термоупругом изгибе. Предложенная математическая модель изгиба тонких прямоугольных анизотропных пластин выполненных из материалов чувствительных к виду напряженного состояния и температурных градиентов, может быть использована для расчетов широкого круга конструктивных элементов в химической промышленности, авиационно-строительной, машиностроительной и строительной отраслях.

Библиографический список

1. Коваленко А.Д. Термоупругость / А.Д. Коваленко // Издательское объединение «Вища школа», 1975. 216 с.
2. Матченко Н.М., Трещев А.А. Теория деформирования разносопротивляющихся материалов. Определяющие соотношения / Н.М. Матченко, А.А. Трещев // Тула: ТулГУ, 2000. – 149 с.
3. Тимошенко С.П. Пластинки и оболочки / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. // М: Наука, 1966. – 636 с.



УДК 525.855:577.4

ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БЕЗВОДНОГО ХЛОРИСТОГО КАЛЬЦИЯ

Аржанухина С.П.

ФГУП «РОСДОРНИИ», г. Москва, Россия

Проводится анализ основных эксплуатационных свойств противогололедного материала на основе безводного хлористого кальция.

Эксплуатационные характеристики автомобильных дорог в зимнее время на значительной территории РФ ухудшаются под влиянием климатических факторов, к основным проявлениям которых относится повышенная скользкость дорожных покрытий, часто возникающая зимой вследствие появления на них снежно-ледяных отложений (образований). Длительная протяжённость гололёдоопасного периода на большей части Российской Федерации делает эту проблему



крайне важной. Поэтому борьба с зимней скользкостью является актуальной задачей для дорожных служб.

Невысокий уровень зимнего содержания автомобильных дорог определяется недостаточно правильным учетом местных климатических условий по условиям и интенсивности образования снежно-ледяных отложений, отсутствием планов зимнего содержания автомобильных дорог, применения в качестве метода борьбы с зимней скользкостью фрикционного способа, требующего большого количества распределителей и материальных ресурсов.

Образование зимней скользкости происходит за счет замерзания переохлажденных капель воды, налипания и кристаллизация мокрого снега, сублимации водяных паров. Часто образуется пленка гололеда толщиной 1-3 мм. Ее плотность варьируется от 0,7 до 0,9 г/см³, сцепление достигает 10-16 кгс/см². Образование пленки гололеда происходит при температуре от 2 до -6°C. Температура выше 0°C вызывает ее быстрое таяние. Медленнее она исчезает за счет испарения при отрицательных температурах.

Гололед также образуется при интенсивном выпадении влажного снега при последующем понижении температуры и образовании наката вследствие трения колес о снежный покров при торможении. Сублимация водяных паров создает на дорожном покрытии кристаллическую структуру в виде рыхло сложенных скоплений разнообразных по форме снеговидных кристаллов.

Для обеспечения коэффициента сцепления и борьбы с зимней скользкостью применяют антигололедную (превентивную или предупредительную) и противогололедную обработку.

На практике традиционно применение фрикционных материалов. Они становятся необходимыми, когда требуется срочно увеличить коэффициент сцепления. Это происходит при низких температурах, когда уборка снега или образовавшегося льда требует значительных усилий. Однако фрикционные материалы не могут обеспечить выполнение всех задач при защите от обледенения и при борьбе с ним. Их единственной функцией является усиление коэффициента сцепления от минимальных значений, которое имеет кратковременный характер.

Согласно классификации противогололедные материалы (ПГМ) - это твердые или жидкие материалы или их смеси, распределяемые по поверхности дорожного покрытия для ликвидации или профилактики отложений зимней скользкости. ПГМ относятся к дорожно-эксплуатационным материалам для содержания объектов строительства и дорожного хозяйства.

Применение фрикционного способа ограничено недостаточной эффективностью даже при очень плотной посыпке $0,5-0,6 \text{ м}^3$ на 100 м^2 . Сразу после посыпки коэффициент сцепления не превышает 0,15, в дальнейшем материал сдвигается колесами транспортных средств с дорожного покрытия или сдувается ветром, уже через 15-20 минут коэффициент сцепления снижается до значений до распределения. Добавление соли во фрикционный материал позволяет улучшить его сцепляемость со льдом. Например, в Финляндии используют соленую мраморную крошку.

При добавлении соли к фрикционному материалу на его частицах появляются тонкие пленки высохшего рассола. Когда они попадают на обледеневшую поверхность, лед под ними начинает таять и частица погружается в углубление. Концентрация рассола в пленке по мере погружения частицы в лед и разбавлении рассола растаявшей водой уменьшается, при этом повышается температура замерзания рассола. Когда точка замерзания рассола сравнивается с температурой воздуха, частица смерзается со льдом и прочно держится на обледеневшей поверхности. Другое важное положительное следствие смешения фрикционных материалов с солью – предохранение их от смерзания во время хранения.

Успешным шагом вперед по сравнению с применением фрикционных материалов стало применение химического способа борьбы с зимней скользкостью на основе применения различных солей и их комбинаций.

В 70-е годы прошлого века в отечественном дорожном хозяйстве начали применять соли в чистом виде (исследования ГипродорНИИ (ныне РосдорНИИ), МАДИ). Широкое распространение получили хлористые соли натрия (NaCl), кальция (CaCl_2) и магния (MgCl_2). Температура замерзания их водных растворов ниже температуры замерзания воды. При россыпи соли по поверхности ледяного слоя начинается образование пленок рассола вокруг кристаллов соли и лед тает.

Характерный пример применения современных технологий зимнего содержания автомобильных дорог на основе применения смачиваемых хлоридов представлен на рис.1. На фотографии изображены комплексная дорожная машина с емкостью для хлоридов, двумя емкостями для раствора хлористого кальция, применяемого для смачивания распределяемой соли, и точным дозатором, также представлены ленточный погрузчик хлоридов и пункт приготовления раствора хлористого кальция.

На основании исследований, проведенных в последние годы были разработаны новые ПГМ: ХКФ, Нордикс-П, Антиснег, Айсмелт,



Биомаг и др., которые начали применяться в 2001 г. для борьбы с зимней скользкостью на дорогах и улицах г. Москвы.

Затраты на снегоочистку доходят до 50 % от общей суммы затрат на зимнее содержание автомобильной дороги. Разработки последних лет позволили производить скоростную очистку (40 км/час и более) с использованием специальных передних и боковых отвалов и двухотвальных снежных плугов.

В 2005 г. в Федеральном дорожном агентстве была принята «Концепция отраслевой программы перехода на технологию химического способа борьбы с зимней скользкостью на федеральных автомобильных дорогах Российской Федерации на 2005-2010гг.» (утверждена Федеральным дорожным агентством 17.08.2005 г.).

В 2002 г. Росавтодором была намечена разработка государственных и отраслевых стандартов и нормативно-методических документов, в которых в 2003 г. были сформулированы конкретные требования к зимнему содержанию, показателям экологической безопасности для различных условий движения, природно-климатических условий.

На данный момент научные исследования и практические разработки ещё отстают от конкретных нужд дорожного хозяйства. Для ликвидации такого разрыва требуется принятие ряда мер с учетом Федерального Закона «О техническом регулировании» (2002 г.), обеспечивающих учёт требований технической и экологической безопасности в технических регламентах (оценки степени риска и степени причиняемого ущерба. Эти требования должны быть учтены в мероприятиях по борьбе с зимней скользкостью - одной из задач по обеспечению безопасности дорожного движения.

Анализ соответствия существующей нормативно-технической документации Федеральным законам «Об автомобильных дорогах» и «О техническом регулировании» позволил сформировать ряд новых предложений по оценке распределения ПГМ в окружающей природной среде и уменьшению риска причинения вреда. Они связаны с перечнем воздействий (опасностей и причиняемого вреда), их оценки. Основной недостаток разработанных в 2003 г. нормативно-методических документов проявился в отсутствии соответствия Федеральному закону «О техническом регулировании» (2002 г.), в котором принципом технического регулирования стало применение терминологии теории риска при оценке состояния технической и экологической безопасности на основе определения независимых факторов опасностей и нормировании их степеней риска и причиняемого ущерба, что должно отражаться в разрабатываемых технических регламен-

тах в соответствии с государственными стандартами 2002 г. по оценке риска.

При дальнейшем совершенствовании нормативно-методической документации по обеспечению экологической и технологической безопасности автомобильных дорог с учетом Федерального закона «О техническом регулировании» следует учитывать степень риска и степень причиняемого ущерба следующих факторов: активное влагопоглощение ПГМ и образование вследствие этого агрессивных аэрозолей; корродирующее воздействие ПГМ на дорожное покрытие, окружающую природную среду и автомобильный транспорт при смешивании, доставке, использовании и применении, а также при неизбежном случайном разливе в ходе технологического процесса; образование дополнительных стоков рабочих рассолов и ПГМ в процессе приготовления смесей и в процессе их применения (случайные разливы, нарушение герметичности упаковок); избыточное количество соли, поступающее в окружающую природную среду в результате неверного нормирования применения ПГМ, обусловленного изменением их свойств из-за неправильного хранения, доставки, транспортировки, приготовления, приёмки и др.

Растворы ПГМ легко просачиваются в почвогрунты, достигая водоносных слоев. В передвижении солей совместно участвуют два процесса: связанная с их обменной адсорбцией диффузия ионов и конвективная диффузия при фильтрационном течении солей через почвогрунты. Просачиваясь через почвогрунты и попадая в грунтовые воды, соли уменьшают скорость их течения, увеличивая вязкость, делают их зачастую непригодными для питья. Отмечено постепенное проникновение хлоридов в грунтовые воды – в некоторых случаях их содержание в воде становится столь высоким, что она делается непригодной для питья. Небольшая часть солей адсорбируется частицами грунта, а почти все хлориды вымываются фильтрационным потоком. Существенное загрязнение грунтовых вод солями наблюдается главным образом в тех понижениях рельефа, где ливневые стоки, отводимые от автомобильной дороги, могут застаиваться и постепенно впитываться в грунт. Интенсивность загрязнения зависит от количества осадков, объема и режима движения транспортного потока. Обычно наиболее загрязняемыми местами являются участки с большим продольным уклоном, регулируемые перекрестки и площадки стоянок автомобилей у дороги.

Помимо обычно применяемого хлористого натрия при зимнем содержании автомобильных дорог расширяется применение хлористого кальция CaCl_2 . Хлористый кальций встречается в природе намного



реже, чем карбонат, сульфат или фосфаты кальция. Его получают как побочный продукт в производстве соды аммиачным способом. На ООО «Зиракс» (г. Волгоград) его получают путем управляемой химической реакции соединения соляной кислоты и известняка с требуемыми характеристиками. Природный хлористый кальций – кристаллогидрат $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$, который при нагревании теряет сначала четыре молекулы воды, а затем и остальные. Безводный хлористый кальций сильно гигроскопичен, хорошо растворяется в воде, его применяют для сушки жидкостей и газов. Если полить его раствором грунтовую или щебеночную дорогу, она останется влажной намного дольше, чем после поливки водой. Это происходит потому, что упругость пара над раствором хлористого кальция очень мала; такой раствор поглощает влагу из воздуха и поэтому долго не высыхает. Поэтому его применяют для обеспыливания обочин и грунтовых дорожных покрытий. Известно другое применение соли, связанное с низкими температурами замерзания ее растворов, используемых в холодильных системах. Смеси этой соли со снегом или мелко истолченным льдом плавятся при температурах намного ниже нуля. Точка плавления холодильной смеси состава 58,8 % $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ и 41,2 % снега -55°C .

Хлористый кальций представляет собой бесцветные кристаллы, имеет плотность $2,51 \text{ г/см}^3$, температуру плавления 772°C . Растворимость (г на 100 г H_2O): 74 (20°C) и 159 (100°C). При растворении он выделяет много тепла. Водные растворы замерзают при низких температурах (20 %-ный при $-18,6^\circ\text{C}$, 30 %-ный при -48°C). Хлористый кальций абсорбирует влагу из внешней среды и растворяется в ней. В результате реакции выделяется тепло, наличие влаги и тепла способствует увеличению скорости растворения хлористого натрия. Растворимость ПГМ зависит от температуры: чем меньше температура, тем меньше растворимость. Уменьшение растворимости имеет свои пределы, точку, в которой ПГМ больше не растворяется, и в которой нельзя уменьшить точку замерзания.

Операция предварительного смачивания твердого ПГМ раствором хлорида кальция кроме повышения эффективности взаимодействия соли и снежно-ледяного отложения позволяет уменьшить потери соли при распределении и ее уносе на придорожную полосу.

Все виды снежно-ледяных отложений на поверхности автомобильной дороги, приводящие к снижению коэффициента сцепления колес транспортных средств с дорожным покрытием, относятся к зимней скользкости. Особенности ее формирования зависят от метеорологических условий и теплофизических свойств дорожных покрытий. К прямым и косвенным потерям от влияния зимней скользкости дорож-

ных покрытий относятся: ДТП со всеми вытекающими последствиями; снижение оперативности служб милиции, пожарных и скорой помощи; снижение эффективности работы общественного транспорта; травмы пешеходов при падениях на скользком покрытии; повышение психологической нагрузки на горожан; пробки и заторы, в которых холостая работа двигателей приводит к дополнительному негативному влиянию на окружающую среду.

Наиболее эффективным практическим способом ликвидации гололёда (черный лед, стекловидный лед) на дорожных покрытиях является химический способ, основанный на обработке дорожного покрытия ПГМ на основе солевых смесей. Обработка проводится с учетом состояния дорожного покрытия, природных условий, наличия уборочной техники. Обработка может производиться до наступления опасных условий (по данным метеопрогноза), после появления снежно-ледяного отложения и во время снегопада. При качественном прогнозе предотвращается образование снежно-ледяного отложения.

Для ПГМ критерием экологической безопасности является недопущение превышения предельно допустимых концентраций по компонентам, входящих в их состав. Степень отрицательного воздействия ПГМ на природную среду уменьшается в следующей последовательности: хлористый натрий, хлористый кальций, хлористый магний, природные озерные и подземные рассолы, мочевина. При использовании химических ПГМ следует учитывать их выраженное негативное влияние в смеси с фрикционными материалами (песок) на коррозию автотранспортных средств. Такая смесь обладает повышенной коррозионной активностью за счет совместного воздействия на металлические части транспортных средств песка, повреждающего поверхностный слой и проникновения влаги к незащищенной поверхности, что усиливает коррозию. Для ослабления химической активности к ним добавляют ингибиторы.

Цель применения ПГМ - как можно быстрее пройти через лед и снег и разбить связь между льдом и поверхностью дорожного покрытия. Был создан ПГМ, совмещающий транспортную функцию (доставка гранулы до границы лед-дорожное покрытие) с технологической (расплавление и разрушение снежно-ледяного отложения) - компактированный ПГМ АЙСМЕЛТ™ (ХКНМ), который обладает высокой плавящей способностью и эффективен в диапазоне температур до -20°C.

АЙСМЕЛТ™ представляет собой гранулированный компактированный однородный состав из безводного хлористого кальция высшего качества и химически чистого выпарного хлористого натрия с



добавлением высокоэффективного ингибитора коррозии. Материал разрушает и предотвращает образование снежных уплотнений, ледяных накатов и гололеда, обладает продолжительным противогололедным действием и требует меньших норм расхода по сравнению с другими ПГМ. Свойства нового компактированного ПГМ в отличие от простого механического смешивания хлоридов натрия и кальция могут быть представлены в виде модели «теплового сверла», в которой зерна хлористого кальция отвечают за активное «лезвийное» резание льда (функция образующей), а зерна хлористого натрия – за объемное фазовое преобразование льда в раствор (функция направляющей). Причем сразу после распределения ПГМ обеспечивается требуемый коэффициент сцепления.

Поскольку требуемый расход АЙСМЕЛТ™ на единицу площади меньше, чем у других материалов, то становится меньше и оказываемое воздействие на окружающую среду. Рекомендованная норма их расхода, как правило, не более 50% по сравнению с нормами расхода ПГМ, выпускаемых другими производителями. Благодаря своей форме гранулы АЙСМЕЛТ™ быстрее проникают в лед, чем другие ПГМ, и обеспечивают эффективное плавление на границе «лед-поверхность дорожного покрытия».

ПГМ применяется в дорожном хозяйстве крупных городов России, стран СНГ и Европы уже на протяжении пяти лет и доказал высокую эффективность в качестве средства борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и искусственных сооружениях, тротуарах, стоянках и дворах. Материал полностью удовлетворяет требованиям, установленным ОДН 218.2.027-2003. Производится в соответствии с СТО 39297743–01–2008. ПГМ не слеживается, хорошо дозируется, не пылит, равномерно ложится на обрабатываемую поверхность, не токсичен, пожаровзрывобезопасен. При введении добавок коррозионная активность ПГМ не более $0,8 \text{ мг/см}^2$ в сутки ($0,4 \text{ мм/год}$). Во время использования АЙСМЕЛТ™ в качестве ПГМ при соблюдении норм расхода загрязнения атмосферного воздуха, почвы и поверхностных вод не происходит. ПГМ оказывает меньшее воздействие на окружающую среду в сравнении с другими ПГМ. Для оттаивания одного и того же объема льда его расход в два раза меньше расхода хлористого натрия.

Состав из чистого хлористого натрия и синтезированного хлористого кальция практически не приводят при распределении на дорожное покрытие к увеличению вязкости раствора и изменению коэффициента сцепления между покрытием и колесом транспортного сред-

ства. Поэтому применение ПГМ допустимо и по условиям безопасности дорожного движения.

Выпускаемые ПГМ имеют все необходимые сертификаты, разрешения и заключения для применения в городском коммунальном и дорожном хозяйстве, широко используются для зимнего содержания автомобильных дорог и территорий с твердым покрытием. АЙСМЕЛТ™ ежегодно поставляется для зимнего содержания автомобильных дорог г. Москвы в объемах 15-23 тысяч т, чистый хлористый кальций – до 10 тысяч т.

Библиографический список

1. Аржанухина, С.П. Совершенствование технологий применения противогололедных материалов при зимнем содержании автомобильных дорог / С.П.Аржанухина / – Волгоград: Волгоградский гос. арх.-строит. ун-т. Автореф. на соиск. уч. степ. к.т.н., 2009. – 20 с.



УДК 69:691.4

О ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С КОРРЕКЦИЕЙ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Требукова Н.С., Потапенко А.Н., Семернин А.Н.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

Одной из важных проблем, связанных с процессом прессования керамического изделий, кирпича и плитки, является неравномерное распределение плотности при одностороннем прессовании с учётом неподвижной формы. Моделирование процесса прессования керамических изделий с коррекцией на основе экспериментальных исследований позволит решить проблему неравномерного распределения плотности, тем самым, улучшив прочностные характеристики продукции.

В процессах производства силикатного кирпича, шамотного огнеупорного кирпича и керамического, облицовочных плиток, плиток для полов и других изделий применяется прессование, например [1]. В



основном существуют три основных способа прессования, при которых сыпучая масса уплотняется:

- с помощью прессов с односторонним давлением;
- с помощью прессов с двухсторонним давлением;
- с помощью прессов с двухсторонним давлением, осуществляемого последовательно.

Известно, что однородное уплотнение достигается только при всестороннем постоянном прессовании, что в теоретическом плане возможно только для жидкости. Анализ существующих экспериментальных исследований [2] распределения плотности ρ при одностороннем прессовании с учётом неподвижной формы показывает, что распределение ρ в целом не равномерно в вертикальном сечении образца с учётом приложения давления в этом же направлении, причём экспериментальные данные при одностороннем прессовании показывают, что распределение ρ может быть неравномерно не только в вертикальном сечении образца, но и в горизонтальном его сечении. Экспериментальные данные [3] распределения плотности образца при одновременном двухстороннем давлении и с учётом неподвижной формы показывают, что распределение ρ более равномерно в вертикальном сечении образца, чем при одностороннем прессовании.

Для получения первичной информации об особенностях процессов формования, способствующих достижению более высокой прочности торцов изделий из порошкообразных смесей (за счёт повышения плотности), при одностороннем прессовании по методу опускания матриц или двухстороннем прессовании образцов, а также для более углублённого исследования других способов прессования необходимы результаты, полученные в натурных условиях. Для набора статистических результатов при проведении экспериментов необходимо использовать современные подходы автоматизированного мониторинга исследуемых процессов на базе автоматизированных систем нижнего уровня, входящих в состав многоуровневой автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) производства керамических изделий.

Особенность АСУТП производства керамических изделий заключается в применении современных технологий автоматизации (рис. 1).

Структура АСУТП среднего и верхнего уровней содержит контроллеры среднего уровня КСУ₁, ..., КСУ₅, связанные с контроллерами регулирующих устройств РУ₁, ..., РУ₅ нижнего уровня на основе интерфейса RS-485, устройства для «разветвления» сигналов в сегменте сети HUB₁, ..., HUB₅. С учётом территориально-распределённого оборудования при производстве керамических изделий в АСУТП используется

интеграция различных сетей, например, на базе RS-485 и технологий Ethernet локальной вычислительной сети (ЛВС). В структуре системы имеются автоматизированные рабочие места (АРМ) специалистов предприятия $АРМ_k$ и операторов управления распределёнными объектами $АРМ_b, \dots, АРМ_j$ (туннельным сушилом, туннельной печью, гидравлическим прессом и др.), центральный пульт управления ЦПУ на базе сервера с АРМ диспетчера, персональные компьютеры $ПК_z, \dots, ПК_n$ в сети ЛВС и персональные компьютеры $ПК_b, \dots, ПК_m$ в сети Internet с учётом возможного удалённого доступа к информации АСУТП и др.

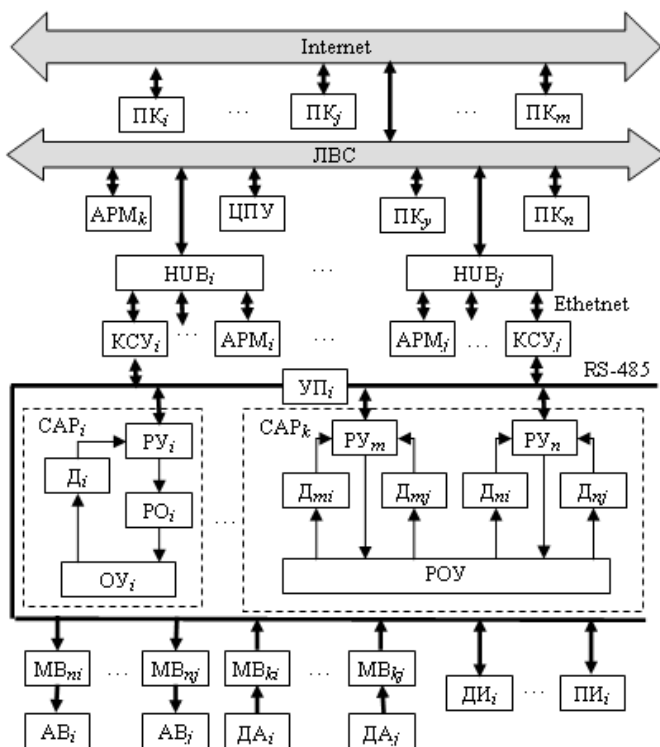


Рис. 1. Блок-схема АСУТП производства керамических изделий

Структура АСУТП нижнего уровня содержит следующие элементы, входящие в состав локальных систем автоматического регулирования $САР_1, \dots, САР_k$ (см. рис. 1): датчики технологических параметров $D_1, \dots, D_{nj}$, объекты управления $ОУ_i$ (для процесса производства



шамотного огнеупорного кирпича – это туннельное сушило, туннельная печь, гидравлический пресс двойного действия (РОУ) и др.), регулирующие устройства $РУ_i, \dots, РУ_n$ на базе контроллеров, регулирующие органы $РО_i$.

В автоматизированной системе предусмотрено управление типа старт/стоп агрегатами или оборудованием $AB_i, \dots, AB_j$ системы через модули ввода/вывода аналоговых и/или дискретных сигналов $MB_{ni}, \dots, MB_{nj}$, а также применение автоматизированной системы мониторинга на базе аналоговых датчиков технологических параметров $ДА_i, \dots, ДА_j$ через модули ввода/вывода аналоговых сигналов $MB_{ki}, \dots, MB_{kj}$, «интеллектуальных» датчиков $ДИ_i$ и «интеллектуальных» измерительных приборов $ПИ_j$ и др. В структуре АСУТП на нижнем уровне используется промышленная сеть на основе RS-485. В сети RS-485 установлены усилители-повторители сигнала $УП_i$.

Рассмотрим особенности одной из систем, входящей в состав нижнего уровня АСУТП, предназначенной для проведения операций прессования изделий из порошкообразных смесей на базе гидравлического пресса К/РУ-160 [2] с учётом схемы процесса прессования керамических плиток, показанной на рис. 2.

Обозначения на схеме процесса прессования (см. рис. 2) следующие: верхний штамп 1, каретка 2, матрица 3, нижний штамп 4, порошкообразная смесь 5, клапан обратный КО1 в гидравлической системе ГС пресса. Последовательность основных операций этого процесса следующая. В исходном положении в условиях процесса прессования изделий верхняя траверса со штампом 1 находится в крайнем верхнем положении (см. рис.2, а). В этой позиции каретка 2 выполняет двойной ход и заполняет пространство формы между нижним штампом 4 и матрицей 3. После этого верхний штамп 1 движется вниз и предварительно уплотняет смесь (см. рис.2, б). Затем происходит первое удаление воздуха из смеси и начинается предварительное прессование (при подъёме верхнего штампа 1 и его фиксации одновременно начинается выдвижение нижнего штампа 4, причём это происходит относительно медленно). Предварительное прессование порошка осуществляется нижним штампом (см. рис.2, в). Затем происходит второе удаление воздуха из смеси и наступает окончательное прессование смеси нижним штампом 4 (см. рис.2, г).

На этом уровне АСУТП для исследования особенностей процесса прессования керамических изделий из порошкообразных смесей в структуру $САР_k$ включаются дополнительные датчики для экспериментальных исследований в виде быстродействующих оптических линейных энкодеров $ДИ_k$ и датчиков давления $ДИ_m$ типа «Метран-150».

Датчики давления $ДИ_m$ входят соответственно в контуры регулирования $РУ_m$ верхнего прессующего механизма и контуры регулирования $РУ_n$ нижнего прессующего механизма гидравлического прессы. Эти датчики установлены в гидравлических системах низкого и высокого давления соответственно для перемещения верхнего и нижнего штампов. Линейные энкодеры $ДИ_k$ установлены с учетом перемещения верхней траверсы со штампом 1 и прессующей траверсы с нижним штампом 4 относительно неподвижных колонн гидравлического прессы. Первичная информация с линейных энкодеров $ДИ_k$ и датчиков давления $ДИ_m$, учитывая их отношение к датчикам «интеллектуального» типа, поступает в систему автоматизированного мониторинга АСУТП.

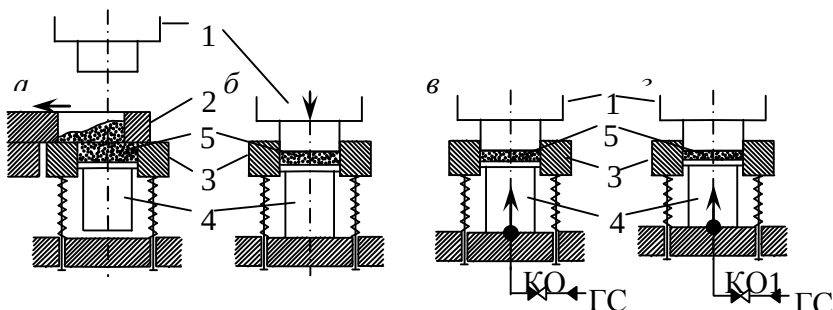


Рис. 2. Схема процесса прессования порошкообразной смеси на базе гидропресса:

а – заполнение формы; б – уплотнение смеси; в – предварительное прессование смеси; г – окончательное прессование смеси

Экспериментальные исследования в натурных условиях на базе автоматизированных систем нижнего уровня АСУТП, на основе «интеллектуальных» датчиков технологических параметров, осуществляющих непрерывно или с минимальным интервалом усреднения измерение параметров процесса, а затем с помощью контроллеров КСУ, осуществляющих в заданном цикле интервала усреднения круглосуточный сбор измерительных данных с этих датчиков, накопление, обработку и передачу их в систему автоматизации, будет получена информация, необходимая для углублённого исследования формуемых с помощью гидравлических прессов керамических изделий из порошкообразных смесей.

Определить распределение плотности в керамических или силикатных изделиях после прессования в вертикальных и горизонтальных сечениях весьма сложно, причём как с помощью экспериментальных



исследований, так и на основе вычислительных экспериментов. В ряде работ предлагаются математические модели [3, 4], дающие возможность получить картину распределения плотности по сечениям образца и соответственно позволяющие в целом судить о его прочности.

На основе подхода, изложенного в работе [3], были выполнены исследования распределения плотности образца при одностороннем и двухстороннем давлении с неподвижной формой и с учётом исходных параметров.

$$J^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + n \frac{\partial^3 y}{\partial t \partial x^2} + 2a \left(J^2 \frac{\partial y}{\partial x} + n \frac{\partial^2 y}{\partial t \partial x} \right) - \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0.$$

Здесь $J^2 = E/r$, E – модуль упругости смеси; r – плотность данной смеси; y – сжатие смеси в сечении x в момент времени t ; $n = h/r$, h – коэффициент динамической вязкости смеси; $2a = fz/R$, f – коэффициент трения смеси о стенки пресс-формы; z – коэффициент бокового распора порошкообразной смеси; R – гидравлический радиус пресс-формы.

Результаты показали, что характер распределения ρ более равномерен в вертикальном сечении образца, чем при одностороннем прессовании, т.е. такой метод прессования является более предпочтительным по сравнению с предыдущим методом обработки и полученные результаты согласуются с экспериментальными данными.

Согласно диаграмме процесса прессования облицовочных плиток и плиток для полов при двухстороннем давлении с неподвижной формой [2] основная последовательность этого процесса следующая (рис. 3).

Последовательность операций при прессовании следующая: I – первое предварительное уплотнение порошка (осуществляется верхним штампом с прессующей силой порядка 10 кН на 2 плитки); II – первое удаление воздуха из смеси и начинающееся предварительное прессование (при подъёме верхнего штампа и его фиксации одновременно начинается выдвигание нижнего штампа, причём это происходит медленно); III – предварительное прессование порошка (осуществляется нижним штампом); IV – второе удаление воздуха из порошка; V – окончательное прессование порошка (осуществляется нижним штампом). Двухстороннее прессование также применяется и в процессах прессования силикатных изделий.

Для получения практических результатов с учётом особенностей процессов прессования изделий необходимо развивать математи-

ческую модель [3] в направлении её применения для различных порошкообразных материалов. В настоящее время известны постоянные коэффициенты для прессования силикатного кирпича. Важно разработать методику экспериментального определения законов распределения ρ в образцах с выходом на вычислительный эксперимент.

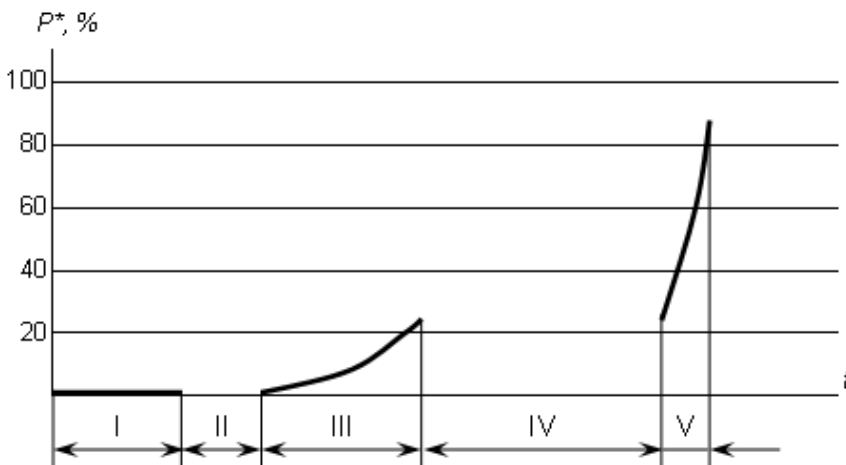


Рис. 3. Диаграмма основной последовательности отдельных операций при прессовании с учётом двустороннего давления

Разработка некоторого алгоритма управления процессом прессования изделий из порошкообразных смесей на базе математической модели вязкоупругой среды для определения плотности прессуемого образца, если при прессовании принимается за основу перемещение штампа (в виде некоторой S-образной характеристики), вызывающего сжатие смеси, возможно при одностороннем прессовании с учётом допущения о возможности запрессовки воздуха.

В заключение следует отметить, что в настоящее время определять распределение плотности в керамических или силикатных изделиях после прессования в вертикальных и горизонтальных сечениях весьма сложно, причём как с помощью экспериментальных исследований, так и на основе вычислительных экспериментов. В связи с этим разработка компьютерного моделирования процесса прессования керамических изделий с коррекцией постоянных коэффициентов на основе экспериментальных исследований, учитывающих коэффициент



кинематической вязкости и обобщённый коэффициент, пропорциональный коэффициентам трения смеси о стенки пресс-формы и бокового распора порошкообразной смеси и обратно пропорциональный коэффициенту гидравлического радиуса пресс-формы представляется важной. Полученные результаты позволят повысить, во-первых, прочностные характеристики продукции, а во-вторых, экономическую эффективность процесса прессования изделий в целом за счет снижения доли бракованной продукции.

Библиографический список

- 1.Зейфман, М.И. Изготовление силикатного кирпича и силикатных ячеистых материалов/ М.И. Зейфман. – М.: Стройиздат, 1990. – 184 с.
- 2.Maschinelle Formgebung von Ceramic/ D. Hulsenderg, H-G. Kruger, T. Rothis, G. Ferriere. – VEB, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1980. (Механизация процессов формования керамических изделий/ Д. Хюльзенберг, Х-Г. Крюгер, Т. Рётиг, Г. Ферриер. – М.: Стройизд., 1984. – 263 с.
- 3.Potapenko, A.N. Modeling and Optimization Possibilities for the Process of Compaction of Objects with Cavities / A.N. Potapenko, A.G. Titov, Potapenko E.A.// In a book: Materials and Processing Trends for PM, Components in Transportation.- Munich, Germany: EPMA, 2000. V.1. P. 102 – 110.
- 4.Ломакин В.В. Автоматизация производства силикатного кирпича на базе программно-аппаратных комплексов управления/ Автореф. дис. канд. тех. наук: спец. 05.13.06. – Белгород, 2002. – 18 с.



УДК 625.76

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ДИЗАЙН ГЕОИМПЛАНТАТ

Кочетков А. В.,

ФГУП «РОСДОРНИИ», г.Москва, Россия

Кокодеева Н. Е.

Саратовский государственный технический университет, Россия

Степанов М. В.

ООО «М-Дорсервис», г. Москва

Бушуев М. А.

ОАО «ВАТИ», г. Волжский, Россия

В настоящее время рынок геосинтетики в дорожном хозяйстве характеризуется информационной активностью крупных зарубежных и отечественных производителей, обладающих крупносерийным про-

изготовлением геосинтетических материалов (нетканного геотекстиля, мембран, лент и полос) и изделий из них (арматуры геосинтетической, геодрен, геоболочек и др.), продвигающих на рынок сформированную номенклатуру материалов и изделий; а также перепродавцов изделий и материалов геосинтетики известных зарубежных и отечественных производителей по их типоразмерам [1]. Параметры этой номенклатуры используются и при поставке контрафактной продукции, производимой в России, странах СНГ, Турции и КНР.

Достаточно широко предоставляется услуга проектирования дорожных конструкций или различных грунтовых сред с применением геосинтетических материалов и изделий. Расчеты ведутся с использованием отечественных методик на основе модуля упругости по климатическому принципу, а также по зарубежным методикам на основе модуля деформации.

Анализ применения дорожных конструкций с использованием геосинтетических материалов и изделий из них, проведенный на основе банка данных прогрессивных технических решений дорожного хозяйства, совмещенный с результатами изменения технико-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог (АБДД «Дорога») показал в ряде случаев отсутствие положительного эффекта от их применения.

Зарегистрировано, что во многих случаях происходило изменение проектных решений конструкций автомобильных дорог под возможности ограниченной номенклатуры производителей геосинтетических материалов и изделий, что приводило к удорожанию конструкции автомобильной дороги в целом, а также к недоуплотнению заполнителя в ячейках георешетки и к недостижению требуемого эффекта повышения устойчивости сооружения.

Это связано с тем, что, например, пылевато-глинистым грунтам присущи свойства, связанные с их набуханием и изменением их свойств в процессе водонасыщения. Часты случаи, связанные с последствиями невыполнения требований нормативной документации. Применительно к дорожному строительству следует рассматривать зернистую среду, слоистую среду и подобное им. Свойства этих сред действительно не однородны и изменяются с течением времени под воздействием различных факторов. Среда в состоянии «грунт-жидкость», если дорога сделана правильно, превращаться не должна, если это произошло, то это свидетельствует о нарушении требований нормативной документации.

В настоящее время не решены важные для дорожников задачи:



1. Совмещение размеров ячейки георешетки (арматуры геотехнической) и подбора статистического распределения размеров зернистого заполнителя.

2. Оптимизация размеров ячейки под измеренные параметры характеристик укрепляемой поверхности.

3. Выравнивание механического, воздушного и водяного давлений среды.

4. Дизайн и антивандальная защита.

5. Оптимизация мероприятий по монтажу, эксплуатации, ремонту и содержанию конструкций с применением геосинтетических материалов и изделий.

Решение комплекса этих задач невозможно на основе существующих возможностей ограниченной номенклатуры материалов и изделий геосинтетики.

Традиционно используемый путь проектирования дорожных конструкций с применением геосинтетики на основе математического моделирования или вычислительного расчета неэффективен из-за значительной вариативности климатических условий и характеристик укрепляемой среды. Нереально промоделировать всевозможные сочетания этих параметров. Единственным объектом, сохраняющим свои характеристики в ограниченном диапазоне, о котором имеется заранее достоверная информация, является сам геосинтетический материал или изделие. Отметим, что основная функция геотехнической арматуры – работа на растяжение и изгиб в отличие от функции георешетки – ограничение степени свободы для материала среды.

Поэтому важно не многовариантное проектирование грунтовых или дорожных конструкций с применением геосинтетических материалов и изделий, а конструирование и дизайн изделий геосинтетики для достижения планируемых положительных эффектов: дополнительного приращения сопротивления нагрузки, приращения срока службы, приращения параметров устойчивости, приращения рыночной стоимости объекта.

Это может быть достигнуто на основе мелкосерийного перенастраиваемого производства геосинтетических материалов и изделий, обеспечивающего возможность оптимизации их параметров на этапе конструирования по гидро-климатическим и размерно-механическим и другим данным участка укрепляемой среды.

Предлагается переход от силового (модуля упругости) к геометро-кинематическому принципу конструирования геотехнической арматуры. Информационными параметрами будут являться приращения перемещений и скорости деформации элементов арматуры (линейных

элементов для сетки, соединительных швов для геотехнической решетки). Подобные технологии применяются при изготовлении сложнопрофильных деталей на технологических роботах гибки с растяжением, где реализуется переход от силового формообразования к координатному (по перемещениям и скоростям).

Из предельных геометрических соотношений, характерных для образования трещины в дорожном покрытии следует привести значение 1,2 % относительного удлинения, при котором наступает его разрыв (данные профессора Телтаева Б.Б.). Например, при проезде колеса относительное удлинение слоя дорожного покрытия находится в диапазоне 0,01-0,1 % относительного удлинения, что и определяет, почему при проезде транспортных средств не образуются трещины.

Взаимодействие колеса транспортного средства и дорожного покрытия может быть представлено в виде математической модели гибки с растяжением через центральную точечную опору. Время взаимодействия колеса с данным локальным участком дорожного покрытия для различных моделей находится в масштабном диапазоне от 0,01 (непосредственное контактирование) до 0,1 с (в линзе прогиба).

Обычно рассматривается конусная модель передачи нагрузки от верхних более прочных слоев дорожного покрытия к нижележащим менее прочным слоям (щебеночному и песчаному слою дорожного основания). Поэтому главным условием достижения положительного эффекта применения геотехнической арматуры является восприятие нагрузки от проезда транспортного средства мгновенно без запаздывания и дальнейшая работа в режиме растяжения и изгиба в одинаковых скоростях и перемещениях упругих деформаций конструкционного слоя автомобильной дороги.

В данной постановке может быть применена инкрементальная теория наведенной неоднородности, подробно проработанная в научной школе профессора Петрова В.В. из Саратовского государственного технического университета. Необходимым условием является обеспечение прямолинейности геотехнической арматуры при монтаже путем предварительного натяжения на величину усилия выбора непрямолинейности и требуемой величины относительного удлинения и последующей гибки с растяжением (обтяжки) относительно укрепляемой поверхности. Математическое моделирование и анализ близких аналогов показал целесообразность дополнительной калибровки после засыпки заполнителем на величину 0,1-0,5 % относительного удлинения.

Конструирование геотехнической арматуры принципиально разделяется на два случая: геосетки и георешетки [1]. В обоих случаях рассматривается типовое проектное решение, например, нагрузки на ось



транспортного средства 10 т. Представляется, что если арматура работает без запаздывания, то она сразу будет воспринимать приращение положительного эффекта в 3 т (если требуется увеличить нагрузку до 13 т).

Пример 1. Предположим, что линза прогиба увеличится от применения геосетки с 1 (условно квадрат 1х1 м) до 4 м² (условно квадрат 2х2 м). Примем, что одна нить геосетки выдерживает 50 кг. Тогда для одного колеса необходимо удерживать 1,5 т. Простой расчет показывает, что достаточно иметь 30 нитей геосетки. Тогда достаточно иметь 15х15 нитей в продольном и поперечном направлении к оси автомобильной дороги с расстоянием между нитями в 140 мм.

Пример 2. Рассмотрим георешетку с высотой 50, 75, 100, 150 и 200 мм. Примем, что самым слабым сечением георешетки является соединительный шов. Его прочность составляет 50-80 % от прочности самого материала ленты георешетки. Можно принять, что один погонный сантиметр шва должен удерживать 5 кг. Предварительный расчет показывает, что достаточно иметь 300 погонных см соединительного шва в квадрате 2х2 м. Однако, швы могут разрываться в двух направлениях, поэтому для георешетки высотой 5 см необходимо иметь 120 швов. Тогда необходимо иметь 16х16 лент в продольном и поперечном направлении к оси автомобильной дороги с расстоянием между швами в 125 мм. Для решетки высотой 100 мм будет достаточно иметь межшовное расстояние 240-250 мм. Соответствующий расчет должен быть произведен и для пластмассовых или стальных анкеров.

Специалистами ОАО «ВАТИ» в качестве концептуальной идеи собственного производства геосинтетических материалов и изделий был принят основополагающий принцип технологии авиастроения и судостроения – производство узлов и компонентов с учетом математической модели конечного изделия (самолета, ракеты, корабля) и их формообразования в приращениях перемещений, реализующих относительные технологические деформации.

Это позволило с учетом собственного многолетнего опыта производства строительных материалов выбрать в качестве средств производства технологию и оборудование немецких фирм «Карл Майер Текстильмашиненфабрик Гмбх» и «Карл Менцель Машииненфабрик Гмбх и К^о». В частности, это оборудование позволяет после оттяжки материала основовязаного полотна подавать его на пропитывающую установку без процесса намотки, который часто сопровождается накоплением повреждений. Это дает реальную возможность обеспечить устойчивость к деформациям, связанным с различными видами относительных перемещений на последующих этапах жизненного цикла изделия.

Предлагаемые на рынок геосетки АГМ-дор и АГМ-Грунт производства ОАО «ВАТИ» обладают свойством отсутствия люфта, при распределении легко приобретают плоскую форму или требуемую форму укрепляемой поверхности, из-за использования немецкой пропитки органичны с укрепляемой средой, могут изгибаться с растяжением, обтягивать непрямолинейные поверхности, поверхности со знакопеременной кривизной. После их монтажа не требуется технологической операции калибровки. Применение продукции ОАО «ВАТИ» также позволяет эффективно решить задачу выравнивания гидростатического давления в дорожных покрытиях ездового полотна эстакад аэропортов. Новыми возможностями обладает и композиционный материал АГМ-Композит в виде нетканого полотна, усиленного сеткой из полиэфирных нитей. В качестве уникального предложения в виде производства изделий двойных технологий могут быть поставлены геосинтетические материалы из кевлара, а также других современных материалов по желанию заказчика.

Фактически работа с этими материалами и изделиями аналогична особенностям формообразования и ремонта объемных и силовых элементов самолета (объемная обтяжка, плоская гибка с растяжением).

В своем большинстве технические решения геотехники не могут попадать под определение материалы, это **геоимплантаты** – вполне естественный для применения предметный термин в области геосинтетики – это внедряемые, встраиваемые и пристраиваемые в конструкцию автомобильной дороги или мостового сооружения материалы, изделия, конструкции, системы и комплексы.

Геосинтетические материалы в данной классификации предлагаются рассматривать как компоненты геоимплантат, и в этом качестве они имеют право, например, на лабораторное и сертификационное обеспечение и контроль качества на этапе производства и приготовления.

В настоящее время архитектурно-планировочные решения дорожной инфраструктуры, в частности объектов дорожного сервиса, получили дополнительные возможности своего совершенствования в виде проектов и технических решений ландшафтного дизайна и сервиса

В отличие от ландшафтного дизайна, озеленения и посадки всевозможных крупномеров (деревьев) ландшафтный сервис является основой всех мероприятий по благоустройству и решает такие проблемы, как устройство экопарковок с применением газонной решетки; берегоукрепление габионными конструкциями; армирование сетками; укрепление склонов, берегов водоемов и рек объемной георешеткой; возведение подпорных стен и ограждений из габионов; устройство дренажа, водоотвода, укладка дренажных труб.



Например, монтаж габионов - это экологичный, долговечный способ укрепления склонов и откосов, благоустройства и устройства уникального ландшафта. Создание водоемов и прудов, хотя и достаточно сложный процесс, это отличный способ «оживить» территорию.

Геотекстильные материалы эффективны при укреплении берегов и гидроизоляции водоемов и бассейнов, при озеленении территорий, защите склонов от эрозии, организации игровых площадок с естественным растительным слоем и устройстве садовых дорожек. При этом используется современный экологичный материала геомат. Он широко применяется в ландшафтном сервисе.

Понятие благоустройство земельной территории объединяет в себе весь комплекс мероприятий направленных на улучшение экологического, санитарного и эстетического состояния благоустраиваемой территории, которые способны придать ему завершенный, привлекательный вид, не нарушая природного экологического равновесия. К таким мероприятиям относятся укрепление земельных склонов; возведение подпорных стен из габионов; создание искусственных водоемов; берегоукрепление; дренажные работы с применением различных геокомпозитов, геотекстиля или дренажных матов; создание экологических парковок; гидроизоляция фундаментов с применением геомембран. Укрепление склонов и откосов габионными конструкциями позволяет сооружению легко воспринимать осадку грунта. Даже сильный эрозионный размыв почвы в основании габионной конструкции приводит чаще всего лишь к незначительным деформациям, не вызывая потери прочности и разрушения.

Библиографический список

1. Кочетков, А. В. *Геоимплантаты: конструирование и дизайн* / А. В. Кочетков, А. Л. Земляк // *Дороги. Инновации в строительстве*. 2010, № 1 (май). – С. 79-81.



К ИССЛЕДОВАНИЮ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБОЛОЧЕК ИЗ ДИЛАТИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ЗА ПРЕДЕЛОМ УПРУГОСТИ

Божанов П.В., Забелин А.Н., Рыбальченко С.А.
Тульский государственный университет, Россия

Исследуется напряжено–деформированное состояние тонких пологих оболочек положительной гауссовой кривизны выполненных из дилатирующих материалов за пределом упругости. Получены дифференциальные уравнения, определяющие работу оболочки за пределом упругости. Приведены результаты расчета и данные, полученные при постановке эксперимента. Проведено сравнение результатов.

Для обобщения подхода к описанию напряженно - деформированного состояния разнсопротивляющихся дилатирующих материалов условие пластичности, можно сформулировать в достаточно общем виде [5]:

$$F(\sigma_{ij}) = \tau \cdot f(\xi) = k_\tau, \quad (1)$$

где $f(\xi)$ – функция вида напряженного состояния; $\xi = \sigma / S_0$ – октаэдрическое нормальное нормированное напряжение; $\sigma = \sigma_i \delta_i / 3$ – среднее напряжение; $S_i = \sigma_i - \delta_i \sigma$ – девиатор напряжений; $\tau = \sqrt{S_i S_i / 3}$ – касательное напряжение на октаэдрической площадке; $S_0 = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$ – модуль вектора полного напряжения на октаэдрической площадке; δ_{ii} – символ Кронекера; $k_\tau = \sqrt{2/3} \tau_s$, где τ_s – предел текучести при чистом сдвиге.

Выражение для функции, характеризующий вид напряженного состояния $f(\xi)$, входящей в условие (1), определяется индивидуально для каждого материала при обработке экспериментальных диаграмм его предельных состояний при различных видах напряженного состояния. Используя указанный подход в работе [6] для полиметилметакрилата предложена экспоненциальная аппроксимация функции $f(\xi)$, функцию можно представить следующим математическим выражением:



$$f(\xi) = e^{0.424\xi}; \quad (2)$$

Величина константы k_T для полиметилметакрилата, входящая в условие (1) равна 58,9 МПа.

Следует заметить, что используемый в выражении (1) качественный параметр ξ изменяется в интервале $[-1; 1]$, что позволяет описать полный спектр напряженных состояний.

Решение задачи изгиба оболочки проводится на основе теории малых упруго пластических деформаций. При решении поставленной задачи принимаются следующие предпосылки: 1) используются обычные положения технической теории изгиба оболочек – гипотеза плоских нормальных сечений и гипотеза плоского напряженного состояния; 2) диаграмма деформирования материала обладает ярко выраженной площадкой текучести, что позволяет применить модель идеально-го упруго-пластического тела; 3) нагружение считается простым.

Задача по исследованию напряженно-деформированного состояния оболочек в конечном счете сводится к решению системы трех нелинейных дифференциальных уравнений [4]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial N_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial N_{12}}{\partial x_2} &= 0; \\ \frac{\partial N_{12}}{\partial x_1} + \frac{\partial N_{22}}{\partial x_2} &= 0; \\ \frac{\partial^2 M_{11}}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 M_{22}}{\partial x_2^2} + 2 \frac{\partial^2 M_{12}}{\partial x_1 \cdot \partial x_2} &= \\ &= N_{11} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + K_1 \right) + N_{22} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} + K_2 \right) + 2N_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2} + q \end{aligned} \quad (3)$$

где q – интенсивность нагрузки, E – модель упругости материала.

Система трех нелинейных дифференциальных уравнений (3) совместно с граничными условиями определяет три функции перемещений u , v и w , а задача по исследованию напряженно-деформированного состояния оболочек в упругой стадии, в конечном счете, сводится к решению данной системы уравнений выраженной через усилия.

Введение в условие пластичности функции вида напряженного состояния обуславливает разницу между напряжениями, вызывающими пластичность в растянутой и сжатой зонах сечения (рис. 1). Здесь A_{ij} – напряжения вызывающие текучесть в нижней зоне, B_{ij} – напряжения вызывающие текучесть в верхней зоне. Параметры A_{ij} и B_{ij}

определяются через условие пластичности (1). Работу материала за пределом упругости следует разделить на две стадии: состояние односторонней текучести и состояние двусторонней текучести (рис. 1). На начальном этапе развития пластических деформаций, зоны пластичности появляются на одной поверхности оболочки, а затем, при дальнейшем нагружении, появляется двусторонняя пластичность.

В срединной плоскости, в отличие от классической схемы работы материала, возникают деформации ε_{ij} , обусловленные не только наличием продольных сил в сечении, но и вызываемые смещением нейтральной поверхности оболочки при изгибе от её срединной плоскости, вследствие разницы значений напряжений, вызывающих пластичность в верхней и нижней зонах сечения. Поэтому выражение для деформаций произвольной точки сечения, не принадлежащей срединной плоскости представляется в виде:

$$e_{11} = \varepsilon_{11} - z \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2}; \quad e_{22} = \varepsilon_{22} - z \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2}; \quad e_{12} = \varepsilon_{12} - z \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2}$$

где w – прогиб срединной плоскости; ε_{ij} – деформации в срединной поверхности.

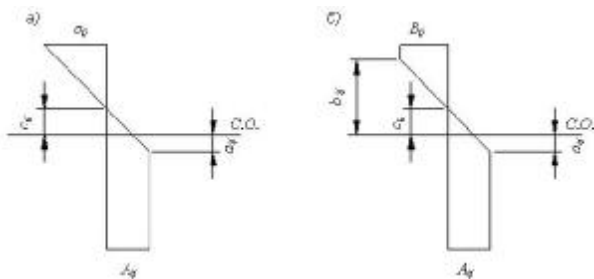


Рис. 1. Представление работы материала за пределом упругости;
а – односторонняя пластичность; б – двусторонняя пластичность

Выражения для напряжений можно записать в следующем виде:

$$\sigma_{ij} = k_{ij}(r_{ij} - z\Delta_{ij}), \quad i, j = 1, 2 \quad (4)$$

где $k_{11} = k_{22} = \frac{E}{1-\mu^2}$, $k_{12} = \frac{E}{1+\mu}$, $r_{11} = \varepsilon_{11} + \mu \cdot \varepsilon_{22}$, $r_{22} = \varepsilon_{22} + \mu \cdot \varepsilon_{11}$,

$r_{12} = \varepsilon_{12}$, $\Delta_{11} = \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2}$, $\Delta_{22} = \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} + \mu \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2}$, $\Delta_{12} = \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2}$,



$$\chi_{11} = \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2}; \quad \chi_{22} = \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2}; \quad \chi_{22} = \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2}.$$

Положение нейтральной поверхности определяем из условия, что при $z = c_{ij}$, $\sigma_{ij} = 0$. Отсюда $c_{ij} = \frac{r_{ij}}{\Delta_{ij}}$.

Координату начала зон a_{ij} , b_{ij} в которых возникают напряжения, вызывающие пластичность, определяются из условий, что при $z = a_{ij}$, $\sigma_{ij} = A_{ij}$, а при $z = b_{ij}$, $\sigma_{ij} = B_{ij}$.

$$\text{Отсюда } a_{ij} = \frac{k_{ij} \cdot r_{ij} - A_{ij}}{k_{ij} \cdot \Delta_{ij}}, \quad b_{ij} = \frac{k_{ij} \cdot r_{ij} - B_{ij}}{k_{ij} \cdot \Delta_{ij}}.$$

Значения моментов и продольных сил для двусторонней пластичности, как общего случая, определяем путем интегрирования напряжений по толщине оболочки.

$$N_{ij} = \int_{-\frac{h}{2}}^{b_{ij}} B_{ij} dz + \int_{b_{ij}}^{a_{ij}} \sigma_{ij} dz + \int_{a_{ij}}^{\frac{h}{2}} A_{ij} dz. \quad (5)$$

$$M_{ij} = \int_{-\frac{h}{2}}^{b_{ij}} B_{ij} z dz + \int_{b_{ij}}^{a_{ij}} \sigma_{ij} z dz + \int_{a_{ij}}^{\frac{h}{2}} A_{ij} z dz. \quad (6)$$

Для описания напряженно-деформированного состояния оболочки необходимо выражения (5) и (6) подставить во второе уравнение системы (3). После интегрирования значения моментов M_{ij} и продольных усилий N_{ij} получим систему разрешающих уравнений, описывающих работу материала оболочки из дилатирующего материала как в упругой, так и в пластической стадиях.

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(T_{11} + C_{11} \cdot \Delta_{11})}{\partial x_1} + \frac{\partial(T_{12} + C_{12} \cdot \Delta_{12})}{\partial x_2} = 0 \\ & \frac{\partial(T_{12} + C_{12} \cdot \Delta_{12})}{\partial x_1} + \frac{\partial(T_{22} + C_{22} \cdot \Delta_{22})}{\partial x_2} = 0 \\ & \frac{\partial^2(R_{11} + S_{11} \cdot \Delta_{11})}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2(R_{22} + S_{22} \cdot \Delta_{22})}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2(R_{12} + S_{12} \cdot \Delta_{12})}{\partial x_1 \partial x_2} = \\ & = - \left(q + (T_{11} + K_{11} \cdot \Delta_{11}) \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + (T_{22} + K_{22} \cdot \Delta_{22}) \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} + \right. \\ & \quad \left. 2(T_{12} + K_{12} \cdot \Delta_{12}) + K_1(T_{11} + K_{11} \cdot \Delta_{11}) + K_2(T_{22} + K_{22} \cdot \Delta_{22}) \right) \end{aligned} \quad (7)$$

Линеаризация системы трех нелинейных дифференциальных уравнений (7), при решении изгиба оболочек проводилось методом последовательных нагружений, как рекомендовано в работе [6]. Линеаризованная система уравнений (7) будет иметь следующую форму записи:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(\delta T_{11} + C_{11} \cdot \delta \Delta_{11})}{\partial x_1} + \frac{\partial(\delta T_{12} + C_{12} \cdot \delta \Delta_{12})}{\partial x_2} = 0 \\ & \frac{\partial(\delta T_{12} + C_{12} \cdot \delta \Delta_{12})}{\partial x_1} + \frac{\partial(\delta T_{22} + C_{22} \cdot \delta \Delta_{22})}{\partial x_2} = 0 \\ & \frac{\partial^2(\delta R_{11} + S_{11} \cdot \delta \Delta_{11})}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2(\delta R_{22} + S_{22} \cdot \delta \Delta_{22})}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2(\delta R_{12} + S_{12} \cdot \delta \Delta_{12})}{\partial x_1 \partial x_2} = \\ & = - \left(\delta q + (\delta T_{11} + K_{11} \cdot \delta \Delta_{11}) \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + (\delta T_{22} + K_{22} \cdot \delta \Delta_{22}) \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} + \right. \\ & \quad \left. 2(\delta T_{12} + K_{12} \cdot \delta \Delta_{12}) + K_1(\delta T_{11} + K_{11} \cdot \delta \Delta_{11}) + \right. \\ & \quad \left. + K_2(\delta T_{22} + K_{22} \cdot \delta \Delta_{22}) \right) \end{aligned} \quad (8)$$

где δw , δv , δu – приращения функции прогибов и перемещений в срединной поверхности, соответствующих малому увеличению внешней нагрузки δq ;

Для проверки правильности выполнения теоретических расчетов и выкладок по расчету тонких пологих оболочек из дилатирующих разнсопротивляющихся материалов с учетом критерия (1), были спланированы экспериментальные исследования. На экспериментальной установке была испытана серия прямоугольных образцов из полиметилметакрилата. Геометрические размеры пластин принимались следующими: толщина - 3 мм, размеры в плане - 155×155 мм.

Проверка осуществлялась сравнением прогибов в центре пластины на различных этапах нагружения, а также разрушающей нагрузки, определенных в ходе эксперимента и полученных в результате теоретического расчета.

Для теоретического расчета квадратной пластины приняты приведенные выше уравнения равновесия пологой оболочки с нулевыми кривизнами.

На рис. 2 изображен график зависимости прогиба в центральной точке пластины от величины интенсивности равномерно распределенной нагрузки, построенный по результатам теоретического расчета. На данный график нанесены точки, построенные на основе эксперимен-



тальных данных изгиба пластин из полиметилметакрилата, взятые из таблицы 1.

Результаты сопоставления прогибов в центре пластины, определенных в ходе эксперимента и полученных в результате теоретического расчета, приведены в таблице 1.

В ходе эксперимента была определена разрушающая нагрузка для каждого опытного образца. Результаты сопоставления значений разрушающей нагрузки, полученных в результате теоретического расчета и определенных в ходе эксперимента после исключения грубых наблюдений, приведены в таблице 2.

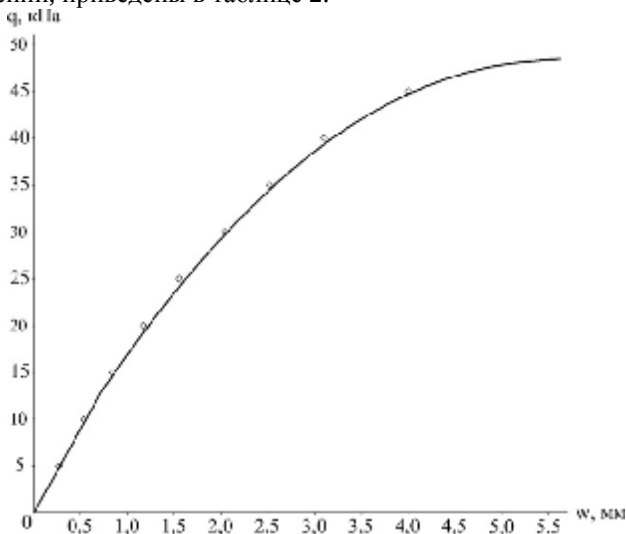


Рис. 2. График зависимости прогиба в центральной точке пластины от величины интенсивности равномерно распределенной нагрузки

В результате сопоставления прогибов в центре пластины, определенных в ходе эксперимента и полученных в результате теоретического расчета, было установлено, что различие величин прогибов не превышает 5,036%, а предельные разрушающие нагрузки, определенные в ходе эксперимента, превышают нагрузки, полученные в результате теоретического расчета, на 17,19-21,56%.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования подтвердили возможность практического применения выдвинутых теоретических положений, в частности, критерия пластичности, предложенного Трещевым А.А. для расчета тонких пластин из дилатирующих разнородных материалов.

Таблица 1

Результаты сопоставления значений прогибов в центре пластины, определенные в результате теоретического расчета и экспериментально

Интенсивность равномерно распределенной нагрузки, Па	Прогибы в центре пластины, определенные в ходе эксперимента, мм	Прогибы в центре пластины, полученные в результате теоретического расчета, мм	Отклонение от эксперимента, %
5000	0,264	0,278	5,036
10000	0,532	0,555	4,144
15000	0,836	0,863	3,129
20000	1,167	1,226	4,812
25000	1,554	1,622	4,192
30000	2,033	2,065	1,550
35000	2,515	2,569	2,102
40000	3,098	3,186	2,762
45000	4,003	4,061	1,428

Таблица 2

Результаты сопоставления значений разрушающей нагрузки, определенной в результате теоретического расчета и экспериментально

Образец	Разрушающая нагрузка, определенная в ходе эксперимента, ПА	Разрушающая нагрузка, определенная в результате теоретического расчета, ПА	Отклонение от эксперимента, %
О6-1	58520	48460	17,19
О6-2	58690	48460	17,43
О6-3	61020	48460	20,58
О6-4	59630	48460	18,73
О6-5	60230	48460	19,54
О6-6	58320	48460	16,91
О6-7	61780	48460	21,56
О6-8	61050	48460	20,62
О6-10	59830	48460	19,00
Среднее арифметическое $\bar{y}$	59897	48460	19,09

Библиографический список

1. Айнбиндер С. Б., Лака М. Г., Майорс И. Ю. Влияние гидростатического давления на механические свойства полимерных материалов // Механика полимеров. 1965. № 1. С. 65 – 75.



2. Сопротивление деформированию и разрушению изотропных графитовых материалов в условиях сложного напряженного состояния / А. В. Березин и др. // Проблемы прочности. 1979. № 2. С. 60 – 65.
3. Ломакин Е. В. Зависимость предельного состояния композитных и полимерных материалов от вида напряженного состояния // Механика композитных материалов. 1988. № 1. С. 3 – 9.
4. Тимошенко С. П., Войновский – Кригер С. Пластинки и оболочки / М.: Физматгиз, 1963. 647 с.
5. Трещев А. А. Зависимость предельного состояний конструкционных материалов от вида напряженного состояния // Изв. Вузов. Сер. Строительство. №10. 1999. С. 13 - 18.
6. Петров В. В. Метод последовательных нагружений в нелинейной теории пластин и оболочек / Саратов: СГУ. 1975. 119 с.



УДК 691.327

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Кузнецов С.М., Кузнецова К.С., Серов М.Ю.

Сибирский государственный университет путей сообщения

Предложены расчеты организационно-технологической надежности работы строительных машин. С помощью этих формул можно оценить организационно-технологическую надежность достижения рассматриваемой системой заданной производительности при вводе в неё дополнительных машин с известной производительностью.

Одним из основных факторов ОТН работы строительных машин является коэффициент использования их рабочего времени [1]. Во всех нормативных документах приводятся устаревшие (25-ти летней давности) данные по коэффициентам использования машин по времени, которые следует обновить, так как машины постоянно совершенствуются. Для оценки организационно-технологической надежности работы строительных машин в СГУПС создана база данных по результатам натурных испытаний земснарядов, экскаваторов, бульдозеров и трубоукладчиков. Для доказательства обоснованности значений базы данных по результатам натурных испытаний проводилось два этапа проверки (очистки):

- *логическая* – при которой по замечаниям наблюдателя из ря-

дов исключаются значения, не относящиеся к нормируемому процессу;

- *математическая* – при которой методами математической статистики определяют правомерность отклонений.

После формирования выборки в соответствии с ГОСТ 8.207-76 определяем её принадлежность закону нормального распределения и строим кривую нормального распределения. Известно, что кривая нормального распределения выражается следующим уравнением

$$y = \frac{1}{s \sqrt{2p}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}}, \quad (1)$$

где y – ордината кривой распределения; x – значение изучаемого признака (производительность земснаряда); $\bar{x}$ – средняя арифметическая ряда; s – среднее квадратическое отклонение изучаемого признака; p – постоянное число; e – основание натурального логарифма.

Известно, что если площадь, ограниченную кривой нормального распределения принять за 1 или 100 %, то можно воспользовавшись формулой 1 рассчитать организационно-технологический надёжность (в процентах) достижения рассматриваемой системой производительности x_m по следующей формуле

$$OTH = 100 - \frac{100}{s \sqrt{2p}} \cdot \int_0^{x_m} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}} dx, \quad (2)$$

Значение организационно-технологической надёжности достижения рассматриваемой системой заданной производительности x_m при вводе в неё дополнительных машин с производительностью x_d в процентах рассчитывается по формуле

$$OTH = 100 - \frac{100}{s \sqrt{2p}} \cdot \int_0^{x_m + x_d} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}} dx. \quad (3)$$

В базе данных хранится информация об использовании бульдозеров по времени по месяцам и годам. В результате обработки статистической информации (при ежемесячных данных по работе бульдозеров) с помощью программы «Sample» получена следующая информация. Средневзвешенная величина коэффициента использования бульдозеров по времени составила 65,97 %, стандартное отклонение – 7,09 % и вычисленное значение критерия Пирсона (7,89) меньше табличного значения (15,49) значит, выборка подчиняется закону нормального распределения. Кривая нормального распределения коэффициентов

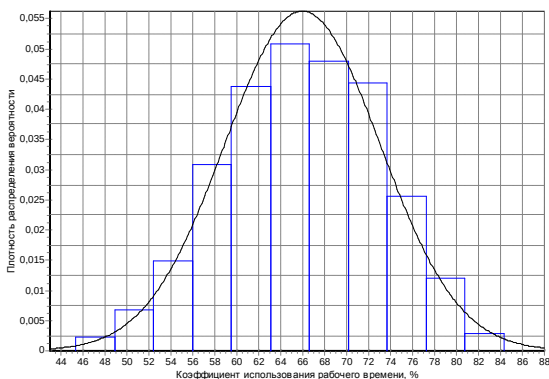


Рис. 1. Кривая нормального распределения коэффициента использования бульдозеров при месячном анализе их работы

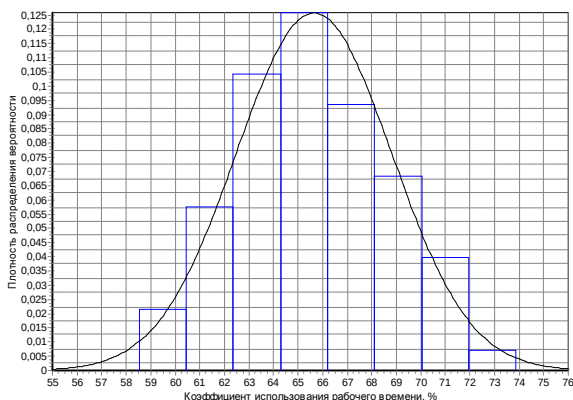


Рис. 2. Кривая нормального распределения коэффициента использования бульдозеров при годном анализе их работы

использования бульдозеров по времени приведена на рисунке 1. Средневзвешенная величина коэффициента использования бульдозеров по времени при ежегодном анализе составила 65,65 %, стандартное отклонение – 3,17 % и вычисленное значение критерия Пирсона (1,36) меньше табличного значения (11,04) значит, выборка подчиняется закону нормального распределения. Кривая нормального распределения коэффициентов использования бульдозеров по времени при ежегодном анализе их работы приведена на рисунке 2.

Анализ работы бульдозеров показал, что коэффициент их использования по времени в рассматриваемой организации составляет приблизительно 66 %, а отклонение средневзвешенного коэффициента использования по времени при ежегодной отчетности составляет ± 10 % и ± 21 % при отчетности ежемесячной.

Библиографический список

1. Пермяков В.Б. Оценка организационно-технологической надежности работы строительных машин / В.Б. Пермяков, С.М. Кузнецов // *Механизация строительства*. - 2008. - № 11, - С. 24 – 29.
2. Кузнецов С.М., Кузнецова К.С. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 9087 «ОТН работы строительных машин» от 26.09.2007 г.



УДК 69.002.5.001.2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Герасимов В.В. Михальченко О.Ю.

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный
университет, Россия*

Кузнецов С.М., Сироткин Н.А.

Сибирский государственный университет путей сообщения, Россия

Предложена имитационная модель работы комплектов строительных машин для производства бетонных работ. С помощью этой модели можно оценить эффективность выбора машин и их организационно-технологическую надежность работы на любом строительном объекте.

Существующая система проектирования зданий, как правило, предусматривает разработку возможных конструктивных схем зданий без учёта организационно-технологических особенностей и организационно-технологической надежности строительства. Под организационно-технологической надежностью понимается вероятность достижения рассматриваемой системой заданного результата строительного производства. Строительство зданий и сооружений рассматривается нами как сложная стохастическая система. При этом лучшая схема сооружения выбирается по заданным критериям. Далее составляются рабочие чертежи выбранного конструктивного варианта здания, и только



Рис. 1. Схема проектирования зданий и сооружений

затем разрабатываются различные варианты производства работ и рассчитываются затраты на строительство объекта. Это не всегда приводит к результату, позволяющему иметь минимальные издержки при строительстве предприятий, зданий и сооружений. Возникает необходимость создания научно-методического обеспечения, позволяющего выбирать строительные материалы, конструкции, машины и механиз-

мы, соответствующую им конструктивную схему и технологию строительства зданий и сооружений с учетом ресурсо- и энергосбережения. При этом совокупности технических, технологических и организационных решений следует рассматривать в качестве вариантов, из которых по экономическим и экологическим соображениям можно выбирать рациональный для последующей детальной разработки и реализации (рис. 1).

Решение этой проблемы требует обеспечения оперативности разработки и экономичности принятых вариантов, что, в свою очередь, может быть достигнуто лишь при автоматизированном многовариантном проектировании. При этом многовариантность проектных проработок может надежно обеспечить выбор рационального сочетания технических и технологических решений и экономических интересов участников инвестиционного проекта, но ставит перед проектировщиками важную задачу разработки комплексной ресурсосберегающей технологии строительства зданий и сооружений.

Для совершенствования многовариантного проектирования авторами разработана база технических и экономических показателей конструкций и модель формирования состава необходимых материалов, конструкций, машин и механизмов для строительства зданий и сооружений [1, 2]. С помощью модели из базы данных выбирается полный комплекс материалов, конструкций машин и механизмов для строительства здания. В качестве основного показателя для оценки вариантов здания приняты дисконтированные интегральные затраты на возведение и эксплуатацию зданий и сооружений за нормативный срок их службы.

Формирование зданий начинается с выбора возможных вариантов их габаритных схем. Пример возможных вариантов габаритных схем ячейки одноэтажных производственных зданий приведен на рисунке 2, а вариантов поперечника – на рисунке 3. Предусмотрено два пути формирования вариантов здания. Первый путь, когда рассматриваются все возможные габаритные схемы, является более общим. Второй путь, когда заданы виды конструкций, из которых будет сформировано здание, ограничен только теми габаритными схемами, которые могут быть скомпонованы из них. Рассмотренные выше способы формирования вариантов здания позволят скомпоновать из имеющихся в базе данных конструкций любой вариант и оценить его.

При формировании вариантов определяется потребность в различных видах материалов, конструкций для каждой из габаритных схем. В процессе решения задачи компоновки возможных вариантов здания создается выборка материалов и конструкций. Из конструкций,



хранящихся в выборке, формируются возможные варианты здания. Для каждого варианта рассчитываются эксплуатационные затраты и определяется значение целевой функции.

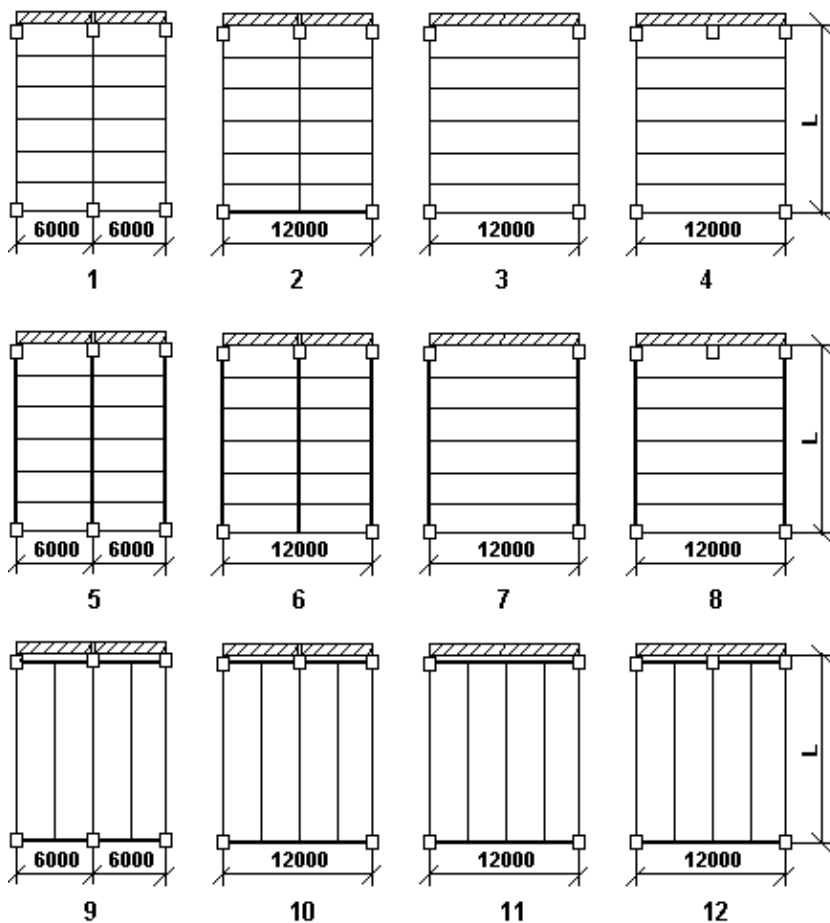


Рис. 2. Варианты габаритных схем ячейки здания:

1 ... 4 - покрытие из плит по стропильным балкам; 5 ... 8 покрытие из плит по стропильным фермам; 9 ... 12 - покрытие из плит «на пролет» по продольным конструкциям

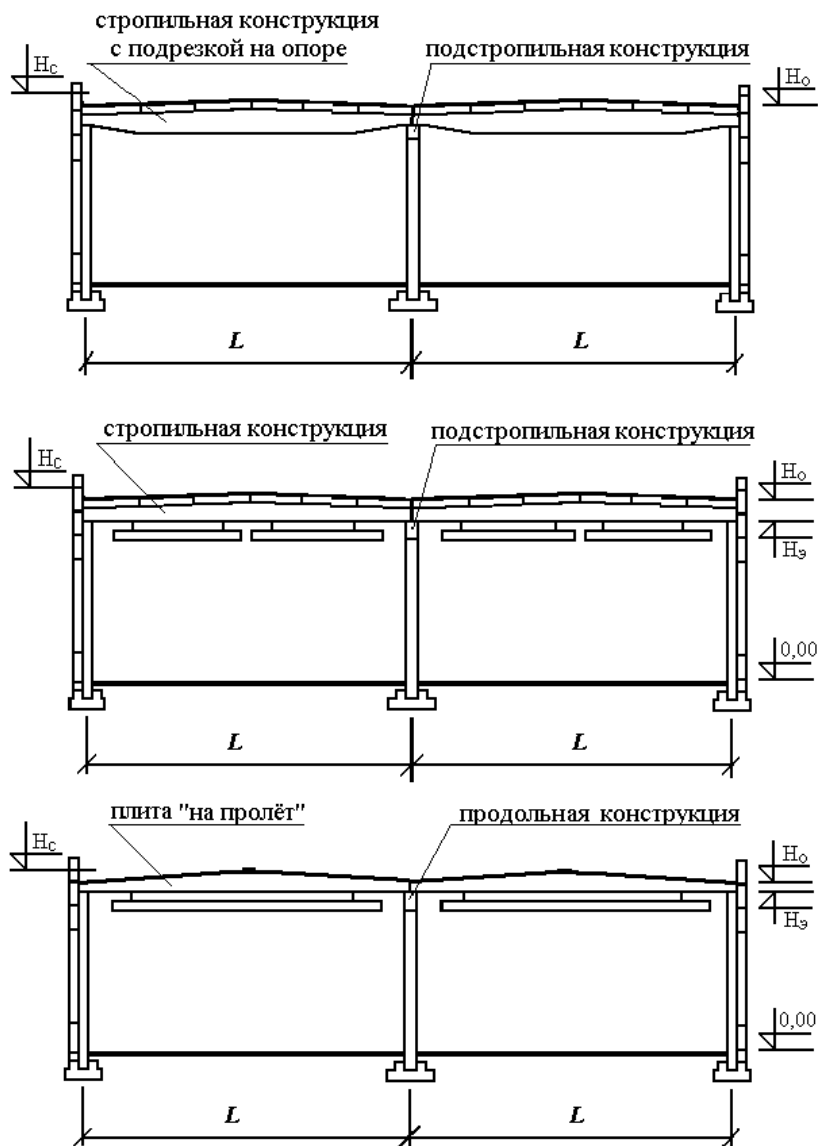


Рис. 3. Конструктивные варианты поперечника одноэтажных производственных зданий



Решение заканчивается выбором лучшего варианта здания по заданным критериям с расчетом для него основных технико-экономических показателей. В качестве основного критерия оценки вариантов проектных решений использовались дисконтированные затраты на возведение и эксплуатацию здания. Техничко-экономические показатели железобетонных конструкций рассчитывались с помощью программы «Teps» [3]. За базу приведения принято начало первого года эксплуатации здания.

При разработке методологических основ ресурсосберегающего проектирования комплектов конструкций, машин и механизмов на основе новых информационных технологий предусмотрено два способа решения проблемы при полной и неполной исходной информации. Всё методическое, математическое и программное обеспечение разработано для проектирования комплектов при неполной исходной информации. При этом полная информация является лишь частным случаем неполной информации и значительно облегчает решение поставленной проблемы.

Проведённые авторами исследования включали имитационное моделирование вариантов сочетания объемно-конструктивных и строительных факторов на величину затрат проекта. При этом устанавливались требования снижения затрат по факторам ресурсосбережения в объемно-конструктивных решениях и по факторам риска, обусловленных работой комплектов машин. Полученные таким образом альтернативные варианты послужили основой для разработки нормативной базы коэффициентов учета влияния объемно-конструктивных и производственных факторов на эффективность проектных решений. В объемно-конструктивных решениях снижение затрат по направлению энергоемкости отражалось через интегрированные затраты за счет сбалансированности единовременных и текущих затрат, а организационно-технологические решения по направлению надежности – через страхование рисков факторов строительства.

Использование разработок авторов позволяет заказчику и другим участникам проекта на предпроектном и проектном этапах обоснованно принимать и оценивать эффективность технических, технологических и организационных проектных решений и определять эффективность инвестиционного проекта в целом.

Библиографический список

1. Кузнецов С.М. Автоматизация ресурсосберегающего проектирования комплектов конструкций, машин и механизмов для строительства промышленных зданий / С.М. Кузнецов // Изв. вузов. Строительство. -2000. -№ 9. -С.

58-62.

2. Кузнецов С.М. Ресурсосберегающее проектирование технологии строительства зданий и сооружений / С.М. Кузнецов, Н.А. Сироткин, В.П. Перцев // Промышленное и гражданское строительство. -2004. – № 10. - С. 31-33.

3. Кузнецов С.М., Чулкова И.Л. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 8647 «Расчет ТЭП железобетонных конструкций» от 05.07.2007 г.



УДК 628.852.2:666.7

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗДУШНОГО ДУШИРОВАНИЯ В ГОРЯЧЕМ ЦЕХЕ ПРОИЗВОДСТВА КИРПИЧА

Купленов Н.И., Вакунин Е.И., Коряков А.Е., Кораблин И.М.
Тульский государственный университет, Россия

Рассматриваются вопрос целесообразности использования наружного воздуха для достижения допустимых метеорологических параметров воздушной среды в зоне укладки кирпича. С этой целью предлагается использовать душирующее устройство в виде трехдиффузорного насадка, обеспечивающего оптимальную скорость воздуха в рабочей зоне.

В зоне укладки кирпича выполняются следующие операции – снятие сухого кирпича с сушильных рамок, удаление брака сушки, сборка пакетов емкостью 250 шт. сухого кирпича и складирование рамок.

Если в холодный период времени за счет разницы температур устанавливается температура на рабочем месте укладчика кирпича в цехе обжига, соответствующая нормативным, то в теплый период времени значение температуры на этом рабочем месте превышает нормативные значения.

С целью создания благоприятных условий труда по фактору микроклимата (температура в рабочей зоне) на рабочем месте укладчика кирпича целесообразна установка душирующего устройства с направлением движения душирующего воздушного потока «сверху – вниз». В качестве воздухораспределительного устройства предлагается трехдиффузорный насадок, позволяющий достаточно эффективно душировать рабочую зону укладки кирпича.



Конструктивная схема трехдиффузорного насадка приведена на рисунке.

Исходными данными для расчета являются: расстояние от зоны обдува до душирующего патрубка $x = 1,5$ м, нормируемое значение скорости воздуха при обдуве тела человека воздушным потоком $w = 3$ м/с; температура воздуха в рабочей зоне производственного помещения $t_{окр} = 28$ °С; расчетная температура при обдуве тела человека воздушным потоком $t_{расч} = 24$ °С; температура воздуха при истечении из патрубка $t_o = 22$ °С.

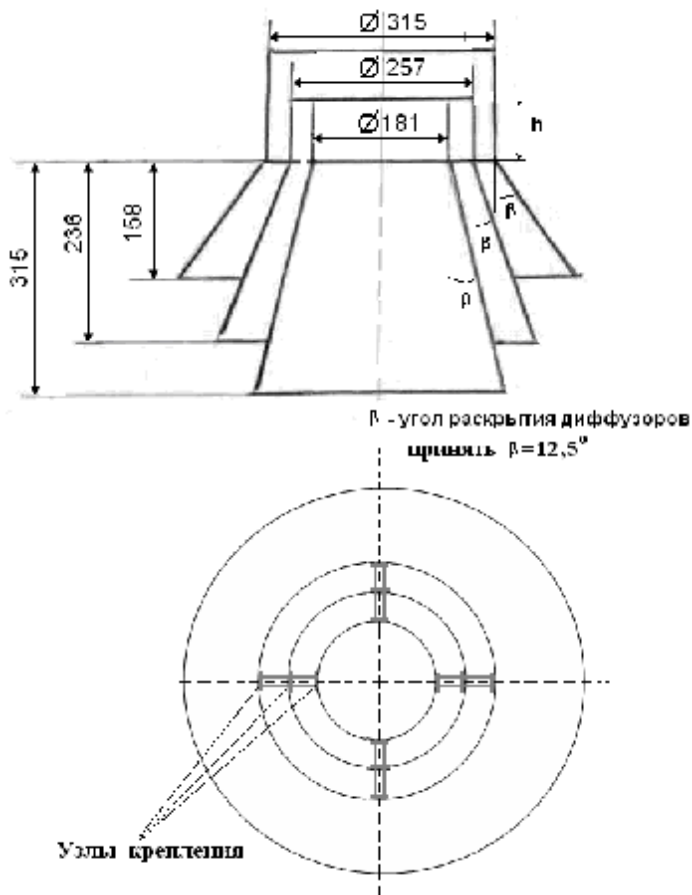


Рис. Конструктивная схема трехдиффузорного насадка

Расчетные величины:

- типоразмер душирующего устройства d_o , м;
- начальная скорость истечения из патрубка w_o , м/с;
- расход воздуха L_o , $\text{м}^3/\text{с}$.

Для душирования принят трехдиффузорный насадок. По справочным данным его расчетные характеристики:

- $m = 1,35$;
- $n = 1,1$.

Коэффициент P_m , учитывающий изменение избыточных температур относительно осевых температур,

$$P_m = (t_{окр} - t_{расч}) / (t_{окр} - t_o) = (28 - 24) / (28 - 22) = 0,66.$$

Принимаем диаметр душирующего устройства $d_o = 0,3$ м.

Поскольку значение P_m находится в пределах $0,6 < 0,66 < 1,0$, расчет начальной скорости истечения из патрубка w_o выполняется по формуле:

$$w_o = w_{норм} \cdot (0,7 + 0,1 \cdot ((m - 1) \cdot d_o - x)) = \\ = 3 \cdot (0,7 + 0,1 \cdot (1,35 - 1) \cdot 0,3 - 1,5) = 5,4 \text{ м/с}.$$

Расход воздуха душирующего устройства

$$L = \frac{p \cdot d_o}{4} \cdot w_o = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} \cdot 5,4 = 0,38 \text{ м}^3/\text{с} = 1375 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Подбор оптимального типоразмера и эффективного режима работы вентилятора осуществляется с учетом характеристик вентиляционной сети:

1. Коэффициент трения по формуле Альтшуля:

$$l_{тр} = 0,11 \cdot (68/Re + k/d)^{0,25} = \\ = 0,11 \cdot (68/12 \cdot 10^4 + 0,1/0,315) = 0,019,$$

где $k = 0,1$ мм абсолютная шероховатость стенки стального воздуховода, число Рейнольдса Re для рабочей скорости $w = 5,4$ м/с, диаметр воздуховода $d = 0,315$ м, коэффициенте кинематической вязкости воздуха при средней температуре 20°C $\nu = 15,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$:

$$Re = w \cdot d / \nu = 5,4 \cdot 0,315 / 15,7 \cdot 10^{-6} = 12 \cdot 10^4$$

2. Аэродинамическое сопротивление сети:

$$\Delta P = (l_{тр} \sum l/d + \sum x_i) w^2 \cdot r/2 = \\ = (l_{тр} \sum l/d + \sum x_i) L^2 \cdot r/2 \cdot f^2 = S \cdot L^2,$$



где S - коэффициент гидравлической характеристики сети, $\sum l, \sum x_i$ - сумма участков длин воздуховода и коэффициентов местных сопротивлений, ρ - плотность воздуха, f - площадь живого сечения воздуховода.

В соответствии со схемой сети общая длина ее составила $\sum l = 18 \text{ м}$, коэффициент местного сопротивления дефлектора $\sum V x_i = 0,64$; диффузорного насадка $x_2 = 1,1$ трех отводов под углом 90° $x_i = 0,21 \cdot 3 = 0,63$. Соответственно

$$S = (0,019 \cdot 18 / 0,315 + 3,37) \cdot 1,2 / (2 - (0,785 \cdot 0,315^2)^2) = \\ = 242,3 \text{ Па} \cdot \text{с}^2 / \text{м}.$$

Гидравлическая характеристика сети:

$$\Delta P = 242,3 \cdot L^2 \text{ Па}.$$

Для графического представления характеристики сети для нескольких величин: расходов сопротивления составят:

$L, \text{ м}^3 / \text{ч}$	1440	1800	2160	2520
$L, \text{ м}^3 / \text{с}$	0,4	0,5	6,6	0,7
$\Delta P, \text{ Па}$	38,8	60,6	87,2	119

С учетом характеристики сети, приемлемым типом вентилятора, обеспечивающим требуемую воздухопроизводительность и компенсацию расчетных потерь давления, предлагается принять к установке канальный вентилятор для круглых воздуховодов KD315 XL1с потребляемой мощностью 275 Вт. и пятиступенчатым регулированием частоты вращения рабочего колеса.

Монтаж подающего воздуховода, канального вентилятора и воздухораспределителя выполняется по месту с учетом конфигурации производственного помещения.



УДК 539.3

АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СООТНОШЕНИЙ НЕЛИНЕЙНЫХ РАЗНОСОПРОТИВЛЯЮЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

Трещёв А.А., Чигинский Д.С.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Рассматривается возможность использования нормированных пространств напряжений для построения уравнения состояния изотропных существенно нелинейных разносопротивляющихся материалов, находящихся в условиях термомеханического нагружения.

Используя методику нормированных пространств, предложенную в работе Н. М. Матченко и А. А. Трещёва [1], получим уравнения состояния для изотропных существенно нелинейных разносопротивляющихся материалов, находящихся в условиях термомеханического нагружения. Будем считать, что для пропорционального или близкого к нему нагружения компоненты полной деформации e_{ij} складываются из упругой $e_{ij,e}$ и пластической $e_{ij,p}$ составляющих, а также составляющей деформации, которая возникает от влияния поля температуры $e_{ij,t}$. Тогда термодинамический потенциал Гиббса упрочняющегося материала для случая нагружения представим в виде суммы квазилинейной, нелинейной и температурной частей. При этом квазилинейная и нелинейная части данного потенциала будут совпадать с точностью до констант, а нелинейность деформирования будет учитываться показателем степени n .

Ставя задачу построения общей теории термоупругих нелинейных разносопротивляющихся материалов, необходимо отказаться от подхода, основанного на принципе суперпозиции, и использовать понятия неравновесной термодинамики. Будем рассматривать малые изменения температуры, такие когда $\theta^0/T_0 \ll 1$, тогда зависимостью механических и теплофизических характеристик материала от температуры можно пренебречь (здесь $\theta^0 = T - T_0$ — изменение температуры от начального ненапряжённого состояния; T — конечная температура в точке тела; T_0 — начальная температура в точке тела в ненапряжённом состоянии).

Влияние вида напряжённого состояния на деформационные характеристики материала учитываем на базе методик нормированных про-



пространств напряжений [4], тогда используя характеристики нормированного пространства №2, представим термодинамический потенциал Гиббса:

$$\Gamma = W_e(\psi, \varphi, S_0) + W_p(\psi, \varphi, S_0) + W_t(\psi, S_0, T), \quad (1)$$

где W_e, W_p, W_t — квазилинейная, нелинейная и температурная составляющие термодинамического потенциала Гиббса, соответственно; ψ, φ, S_0 — инварианты второго нормированного пространства; ψ, φ — угол и фаза напряжений; S_0 — модуль вектора полного напряжения на октаэдрической площадке и норма пространства №2; T — параметр температуры.

Принимая за естественное состояние среды ненапряжённое, приходим к необходимости исключить из разложения W_e члены, имеющие показатель степени ниже второй. Тогда, квазилинейную составляющую W_e можно представить в виде:

$$W_e = \Phi_e(\psi, \varphi) S_0^2. \quad (2)$$

Нелинейную часть потенциала запишем подобно квазилинейной, при этом фактор нелинейности связей между напряжениями и деформациями учтём показателем степени n :

$$W_p = \left[\Phi_p(\psi, \varphi) S_0^2 \right]^n, \quad (3)$$

где n не обязательно целое число.

Температурную составляющую термодинамического потенциала Гиббса (1) выразим через степенной полином от нормы второго пространства S_0 с коэффициентами разложения, зависящими от качественных инвариантов ψ, φ и температуры:

$$W_t = a_0(T) + a_1(T, \psi, \varphi) S_0, \quad (4)$$

тогда вид функции (1) с учётом (2), (3), (4) легко позволяет реализовать положение, по которому энергия Гиббса обращается в ноль только в случае естественного ненапряжённого состояния среды при отсутствии начальной температуры.

Коэффициенты a_i разложим в ряд в окрестности естественного состояния, и все температурные слагаемые (4) представим одной функцией:

$$a_0(T) = \Gamma_t(\theta^0). \quad (5)$$

Физический смысл (5) заключается в учете взаимного влияния напряженного и термического состояния деформируемой среды. Опираясь на положения классической теории термоупругости можно предположить, что главную роль здесь играет гидростатическое давление.

Коэффициент a_1 выразим в виде полинома по степеням нормированного напряжения:

$$\xi = \sigma/S_0, \quad (6)$$

где $\sigma = \sigma_{ij}\delta_{ij}/3$ — средние нормальные напряжения; σ_{ij} — компоненты тензора напряжений; δ_{ij} — символ Кронекера; $S_0 = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$; $\tau = \sqrt{S_{ij}S_{ij}/3}$ — средние касательные напряжения; $S_{ij} = \sigma_{ij} - \delta_{ij}\sigma$ — компоненты девиатора напряжений.

Ограничившись квадратичным разложением с сохранением только лишь линейных слагаемых относительно температуры и опуская независимые от θ^0 компоненты, получим:

$$a_1(T, \psi) = b_{t1}\theta^0 + b_{t2}\theta^0\xi, \quad (7)$$

где b_{t1}, b_{t2} — температурные константы, $b_{t1} = 0,5(\alpha_{t1}^+ - \alpha_{t1}^-)$, $b_{t2} = 0,5(\alpha_{t1}^+ + \alpha_{t1}^-)$, $\alpha_{t1}^+, \alpha_{t1}^-$ — коэффициенты линейного теплового расширения в продольном направлении, полученные при растяжении (+) и при сжатии (−) опытных образцов соответственно; θ^0 — функция температуры.

Отметим, что даже такое простейшее представление позволяет учесть влияние вида напряженного состояния на коэффициенты линейного температурного расширения материала.

Используя полиномиальное разложение функции Φ_e и Φ_p по степеням качественных характеристик напряжённого состояния до третьей степени включительно, и пренебрегая одновременным влиянием на механические характеристики трёх нормированных напряжений, получим термодинамический потенциал Гиббса вида:

$$G = W_e + W_p^n + G_t(\theta^0) + [(b_{t1}\xi + b_{t2})\sigma + b_{t1}\eta\tau]\theta^0, \quad (8)$$

где $W_e = (A_e + B_e\xi)\sigma^2 + (C_e + D_e\xi + E_e\eta\cos 3\varphi)\tau^2$; A_e, B_e, C_e, D_e, E_e — константы квазилинейной части; $W_p = (A_p + B_p\xi)\sigma^2 + (C_p + D_p\xi + E_p\eta\cos 3\varphi)\tau^2$; A_p, B_p, C_p, D_p, E_p — константы нелинейной части; $\xi = \cos \psi = \sigma/S_0$ и $\eta = \sin \psi = \tau/S_0$ — гармонические функции, которые трактуются как нормированные нормальные и касатель-



ные напряжения на октаэдрической площадке; $\cos 3\varphi$ — фазовый инвариант.

В нормированном пространстве №1 потенциал Гиббса (1) запишется в виде:

$$\Gamma = \Phi_e(I_\alpha, III_\alpha)S^2 + \left[\Phi_p(I_\alpha, III_\alpha)S^2 \right]^n + W_t(I_\alpha, S, T), \quad (9)$$

где I_α, III_α, S — инварианты первого нормированного пространства, $I_\alpha = \alpha_k = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$, $III_\alpha = \alpha_k \alpha_k \alpha_k$, S — модуль вектора полного напряжения и норма пространства №1; $\alpha_k = \sigma_k / S$ — нормированные напряжения ($k = 1, 2, 3$); σ_k — главные напряжения.

Используя полиномиальное разложение функции Φ_e и Φ_p по степеням качественных характеристик напряжённого состояния до третьей степени включительно и пренебрегая одновременным влиянием на механические характеристики трёх нормированных напряжений $\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3$, получим термодинамический потенциал Гиббса вида:

$$\Gamma = \{K_e\}[W_0] + \left(\{K_p\}[W_0] \right)^n + \Gamma_t(\theta^0) + (B_t \theta^0 + A_t \theta^0 I_\alpha)S, \quad (10)$$

где $\{K_e\} = \{A_1, B_1, C_1, D_1\}$, $\{K_p\} = \{A_2, B_2, C_2, D_2\}$ — константы квазилинейной и нелинейной части, соответственно;

$$[W_0] = S^2 \begin{bmatrix} 1; \alpha_1^3 + \alpha_2^3 + \alpha_3^3; \alpha_1 \alpha_2 + \alpha_2 \alpha_3 + \alpha_3 \alpha_1; \\ \alpha_1 \alpha_2^2 + \alpha_1 \alpha_3^2 + \alpha_2 \alpha_3^2 + \alpha_2 \alpha_1^2 + \alpha_3 \alpha_1^2 + \alpha_3 \alpha_2^2 \end{bmatrix}.$$

Отметим, что пренебрежение членом $\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3$, не вносит заметной погрешности в определяющие соотношения, но позволяет существенно упростить процесс определения констант.

Применив операции дифференцирования в форме $e_{ij} = \partial \Gamma / \partial \sigma_{ij}$ и $L = \partial \Gamma / \partial T$ (где L — плотность энтропии) к термодинамическому потенциалу Гиббса (8), можно получить связь между компонентами тензоров деформаций и напряжений:

$$e_{ij} = 2F \sigma_{ij} + (K - F \sigma_{ij}) \delta_{ij}, \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{где } F = & \frac{2}{3} C_e + \left(\frac{1}{3} D_e + \sqrt{2} E_e \right) \xi + \frac{1}{81} E_e (\xi^2 - 1) \eta \cos 3\varphi \\ & + \frac{1}{3} (D_e - B_e) \xi^3 + \frac{1}{3} \frac{\theta^0 b_{t1}}{S_0} + \left[18 C_p S_0 + \frac{1}{3} E_p (\xi^2 - 1) \tau \cos 3\varphi + \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+9\left(D_p + (D_p - B_p)\xi^2 + 3\sqrt{2}E_p\right)\sigma\Big]P; \\
 K = &\frac{2}{3}\left(A_e - C_e\right)\sigma + \left(B_e - \frac{2}{3}D_e - \frac{5\sqrt{2}}{2}E_e\right)\xi\sigma + \frac{1}{3}\eta\tau D_e + \\
 &+ \frac{\sqrt{2}}{2}E_e S_0 + \frac{1}{3}b_{t2}\theta^0 + \left[18(A_p - C_p)S_0\sigma + \right. \\
 &+ \left.\left(27B_p - 18D_p - \frac{135\sqrt{2}}{2}E_p\right)\sigma^2 + 9D_p\tau^2 + \frac{27\sqrt{2}}{2}E_p S_0^2\right]P; \\
 P = &\left(27B_p\sigma^3 + E_p\cos 3\varphi\tau^3 + 27A_p S_0\sigma^2 + \right. \\
 &+ 27C_p S_0\tau^2 + 27D_p\sigma\tau^2\Big)^{n-1}n\left(1/27S_0^{-1}\right)^n..
 \end{aligned}$$

Уравнения состояния термоупругого изотропного разнсопротивляющегося материала также можно представить в виде:

$$e_{ij} = \frac{2}{3}C_e\left(2 + \delta_{ij}\right)\sigma_{ij} + \frac{2}{3}\left(A_e - C_e\right)\delta_{ij}\sigma + \frac{1}{3}b_{t2}\theta^0\delta_{ij} + H_{ij}, \quad (12)$$

где H_{ij} — нелинейные компоненты, включающие температурные составляющие.

Применив формулы Кастильяно к термодинамическому потенциалу Гиббса в форме (10), можно установить связи между главными напряжениями и деформациями:

$$e_{ij} = \left[\{K_e\} + n\left(\{K_p\}[W_0]\right)^{n-1}\{K_p\}\right]\frac{\partial[W_0]}{\sigma_k} + (A_t + B_t\alpha_k)\theta^0, \quad (13)$$

$$\text{где } \frac{\partial[W_0]}{\partial\sigma_k} = \begin{bmatrix} 2\sigma_k; \quad \sigma_k\left[3\alpha_k - \left(\alpha_k^3 + \alpha_m^3 + \alpha_n^3\right)\right]; \quad \sigma_m + \sigma_n; \\ \sigma_m\sigma_m + \sigma_n\sigma_n + \sigma_k\left[2\left(\alpha_m + \alpha_n\right) - \alpha_k\left(\alpha_m^2 + \alpha_n^2\right) - \right. \\ \left. - \alpha_m\left(\alpha_k^2 + \alpha_n^2\right) - \alpha_n\left(\alpha_k^2 + \alpha_m^2\right)\right] \end{bmatrix}.$$

Для решения задачи расчета конструкций и адекватного представления предлагаемых определяющих соотношений, применительно к конкретным нелинейным материалам, требуется вычисления констант потенциала Гиббса на основе имеющихся экспериментальных данных. Естественным требованием при постулировании новых уравнений состояния является минимальное количество привлекаемых экспериментов для вычисления констант. При этом эксперименты должны, по возможности, проводиться на



элементарных образцах и реализовываться при простейших видах напряженного состояния, каковыми являются одноосные растяжение, сжатие и простой сдвиг. Проверку адекватности определяющих соотношений реальным механическим свойствам материалов следует выполнять путем сравнения теоретически рассчитанных диаграмм деформирования (с учетом найденных констант) с экспериментальными, установленными, по возможности, при широком наборе сложных видов напряженного состояния.

Для вычисления констант потенциалов для частных напряженных состояний удобно пользоваться экспериментальным и теоретическим представлением зависимостей между главными деформациями и напряжениями, которые удобно представить в следующем виде:

$$e_k = F_{e,k} S + F_{p,k} S^m + e_k^T; \quad (k = 1, 2, 3), \quad (14)$$

где $m = 2n - 1$; $F_{e,k}, F_{p,k}$ — коэффициенты, вычисляемые через константы потенциала $\{K_e\}$ и $\{K_p\}$, соответственно; e_k^T — часть деформации, полученная вследствие изменения температуры.

При фиксированном показателе степени m коэффициенты $F_{e,k}, F_{p,k}$ определяются в результате обработки экспериментальных данных соответствующих диаграмм деформирования, построенных в условиях простого нагружения. Следует заметить, что простое вычисление констант даже при оптимальном показателе степени m из-за высокой чувствительности потенциала к погрешности экспериментальных данных может приводить к негативным фактам. В частности, может оказаться, что точность предсказания «новых» — не эталонных диаграмм деформирования — будет неудовлетворительной, либо могут возникнуть численные неопределенности. Такие неопределенности проявляются для отрицательных значений частей W_e и W_p при некоторых видах напряженного состояния, заключающиеся, например, в аварийном завершении численного счета в процессе возведения W_p в дробную степень. Поэтому при определении констант потенциала необходимо проводить их «фильтрацию». «Фильтрация» констант производится в зависимости от значения функции $\text{Sign}(W_e)$ и $\text{Sign}(W_p)$. Возникновение отрицательных значений указанных функций должно фиксироваться в процессе перебора на ЭВМ угла φ в интервале от 0 до $\pi/3$ и ψ — от 0 до π .

Устойчивость потенциала (8) проверяется по методике [3]. Константы потенциала, рассчитанные по четырем эталонным диаграммам, соответ-

ствующим двум опытам, сведены в таблице 1. Значения констант получены преимущественно за три четыре итерации.

Теплофизические коэффициенты, входящие в уравнения состояния, можно вычислить по результатам обработки опытов, связанных с нагреванием и охлаждением одноосно растягиваемых и одноосно сжимаемых образцов разносопротивляющегося материала. Очевидно, что полная деформация образца определяется суммой изотермической составляющей e_k^W и части деформации, полученной вследствие изменения температуры e_k^T .

Тогда при одноосном растяжении вдоль оси k имеем

$$\begin{aligned} e_k^+ &= e_k^{W+} + e_k^{T+}; \\ e_k^{T+} &= e_k^+ - e_k^{W+} = (b_{t2} + b_{t1})\theta^0 = \alpha_{t1}^+\theta^0; \\ e_m^{T+} &= e_m^+ - e_m^{W+} = b_{t2}\theta^0 = \alpha_{t2}^+\theta^0, \end{aligned} \quad (15)$$

а при одноосном сжатии вдоль оси k

$$\begin{aligned} e_k^- &= e_k^{W-} + e_k^{T-}; \\ e_k^{T-} &= e_k^- - e_k^{W-} = (b_{t2} - b_{t1})\theta^0 = \alpha_{t1}^-\theta^0; \\ e_m^{T-} &= e_m^- - e_m^{W-} = b_{t2}\theta^0 = \alpha_{t2}^-\theta^0. \end{aligned} \quad (16)$$

Отсюда получим

$$b_{t2} = (\alpha_{t1}^+ + \alpha_{t1}^-)/2; \quad b_{t1} = (\alpha_{t1}^+ - \alpha_{t1}^-)/2, \quad (17)$$

Таблица 1

Константы потенциала	Константы потенциала			
	Материал			
	Графит АРВ	Бетон $R^- =$ 28,4 МПа	Бетон $R^- =$ 37 МПа	Чугун СЧ15-32
n	2,1	2,75	2,8	3,6
$A_1, \text{МПа}^{-1}$	$6,083 \cdot 10^{-5}$	$3,148 \cdot 10^{-5}$	$2,341 \cdot 10^{-5}$	$7,842 \cdot 10^{-6}$
$B_1, \text{МПа}^{-1}$	$1,429 \cdot 10^{-5}$	$6,723 \cdot 10^{-6}$	$2,783 \cdot 10^{-6}$	$9,313 \cdot 10^{-8}$
$C_1, \text{МПа}^{-1}$	$-3,267 \cdot 10^{-5}$	$-9,705 \cdot 10^{-6}$	$-1,549 \cdot 10^{-5}$	$-4,333 \cdot 10^{-6}$
$D_1, \text{МПа}^{-1}$	$1,015 \cdot 10^{-5}$	$-4,861 \cdot 10^{-7}$	$-7,794 \cdot 10^{-6}$	$1,461 \cdot 10^{-6}$
$A_2, \text{МПа}^{(1-2n)/n}$	$3,822 \cdot 10^{-4}$	$4,927 \cdot 10^{-4}$	$1,752 \cdot 10^{-4}$	$1,191 \cdot 10^{-5}$
$B_2, \text{МПа}^{(1-2n)/n}$	$1,625 \cdot 10^{-4}$	$3,865 \cdot 10^{-4}$	$8,120 \cdot 10^{-5}$	$7,073 \cdot 10^{-6}$
$C_2, \text{МПа}^{(1-2n)/n}$	$1,857 \cdot 10^{-4}$	$6,782 \cdot 10^{-5}$	$-1,056 \cdot 10^{-4}$	$-4,178 \cdot 10^{-6}$
$D_2, \text{МПа}^{(1-2n)/n}$	$1,943 \cdot 10^{-5}$	$2,712 \cdot 10^{-4}$	$1,490 \cdot 10^{-5}$	$2,761 \cdot 10^{-6}$



В уравнениях (15)—(17) $\alpha_{t1}^{\pm}$ — коэффициенты линейного теплового расширения в продольном, а $\alpha_{t2}^{\pm}$ — в поперечном направлениях, полученные при растяжении (+) и при сжатии (–) опытных образцов.

Наличие в полиномиальном разложении (7) только двух констант приводит к ограничениям на экспериментально определяемые коэффициенты теплового расширения:

$$\alpha_{t2}^{+} = \alpha_{t2}^{-} = \left(\alpha_{t1}^{+} + \alpha_{t1}^{-} \right) / 2. \quad (18)$$

Однако, по крайней мере в своей первой части, ограничение (18) не вызывает возражений. Это объясняется тем, что предположить независимость коэффициентов линейного теплового расширения в поперечном направлении от знака напряжений в продольном направлении вполне естественно.

Таким образом, очевидно, что потенциальные соотношения (8) и (10) достаточно универсальны и вполне применимы для расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, выполненных из нелинейных разносопротивляющихся материалов в условиях термомеханического нагружения.

Библиографический список

1. Матченко Н. М. Теория деформирования разносопротивляющихся материалов. Определяющие соотношения. / Н. М. Матченко, А. А. Трещев. — Тула: ТулГУ, 2000. — 149 с.
2. Матченко Н. М. Теория деформирования разносопротивляющихся материалов. Прикладные задачи теории упругости. / Н. М. Матченко, А. А. Трещев. — М.; Тула: РААСН; ТулГУ, 2004. — 211 с.
3. Трещев А. А. Теория деформирования и прочности материалов, чувствительных к виду напряжённого состояния. Определяющие соотношения: монография. — М.; Тула: РААСН; ТулГУ, 2008. — 264 с.
4. Чигинский Д. С. Вывод уравнений состояния для нелинейных материалов, находящихся в условиях термомеханического нагружения // 5-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Материалы конференции. Т. 2. — Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. — с. 128—133.



УДК 539.3

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА В-25 В СЛОЖНОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

Зиборов Л.А., Теличко В.Г.

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

В работе рассмотрены вопросы прочности бетона В-25 в сложном напряженном состоянии. Рассматриваются различные варианты экспериментальных и теоретических критериев прочности бетона при различных видах напряженного состояния.

Проведение экспериментальных исследований прочности бетона В-25 в условии сложного напряженного состояния позволяет получить необходимые данные для условия прочности и расчета железобетонных конструкций по предельным состояниям [7,8,9]. Для материалов, обладающих различным сопротивлением растяжению и сжатию, предельная поверхность содержит два, реже три расчетных параметра: R_c – предел прочности при одноосном сжатии; R_t – предел прочности при одноосном растяжении [1,2]. Такая предельная поверхность вращения для бетона [1] содержит два базисных параметра и не учитывает фактическое снижение прочности бетона в сложном напряженном состоянии, которое наблюдается в опытах.

Для повышения схождения экспериментальных и теоретических данных предлагается деформировать известное условие прочности в виде поверхности вращения с двумя расчетными параметрами [1] и предлагается простое условие прочности в виде поверхности второго порядка

$$s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + A_{12}s_1s_2 + A_{23}s_2s_3 + A_{31}s_3s_1 + (R_b - R_{bt})(s_1 + s_2 + s_3) = R_b R_{bt}, \quad (1)$$

где $s_1 > s_2 > s_3$ – главные напряжения; R_b – сопротивление бетона осевому сжатию (призменная прочность) $s_1 = s_2 = 0$, $s_3 = -R_b$; – сопротивление бетона осевому растяжению, $s_1 = R_{bt}$, $s_2 = s_3 = 0$; A_{12} , A_{23} , A_{31} – экспериментально определяемые параметры.

Особенностью условия (1) является наличие пяти расчетных параметров R_b , R_{bt} , A_{12} , A_{23} , A_{31} . Расчетные базисные параметры R_b , R_{bt} нормируют для каждого класса бетона, а для определения A_{12} , A_{23} , A_{31} необходимо проведение дополнительных экспериментов [2].



Рассмотрим двухосное сжатие ($s_1 = 0 > s_2 > s_3$), из условия (1), получим

$$s_2^2 + s_3^2 + A_{23}s_2s_3 + (R_b - R_{bt})(s_2 + s_3) = R_bR_{bt}, \quad (2)$$

где $A_{23} = \frac{R_bR_{bt}}{R_{2b}^2} + 2\frac{R_b - R_{bt}}{R_{2b}} - 2$, R_{2b} – прочность на сжатие при двух-

осном сжатии равной интенсивности $s_1 = 0$, $s_2 = s_3 = -R_{2b}$ [4]. Эксперименты двухосного сжатия бетона В-25 проведены на плиточных образцах 100x100x20 мм на универсальной машине ГМС-20 в комбинации с переоборудованным пятитонным прессом, получено хорошее совпадение экспериментальных данных и условия (2). Если принять

$$R_{2b} = -\sqrt{R_b^2 + R_{bt}^2 - R_bR_{bt}} - (R_b - R_{bt}), \quad (3)$$

получим $A_{23} = -1$, условие (2) принимает вид двухпараметрического критерия

$$s_2^2 + s_3^2 - s_2s_3 + (R_b - R_{bt})(s_2 + s_3) = R_bR_{bt}. \quad (4)$$

Для двухосного растяжения ($s_1 > s_2 > s_3 = 0$) условие (1) принимает вид

$$s_1^2 + s_2^2 + A_{12}s_1s_2 + (R_b - R_{bt})(s_1 + s_2) = R_bR_{bt}, \quad (5)$$

где $A_{12} = \frac{R_bR_{bt}}{R_{2t}^2} - 2\frac{R_b - R_{bt}}{R_{2t}} - 2$, R_{2t} – прочность бетона на растяжение

при двухосном растяжении равной интенсивности $s_1 = s_2 = R_{2t}$.

Эксперименты двухосного растяжения бетона В-25 проведены на трубчатых тонких бетонных образцах [3]. Используя осевую растягивающую силу прессы ГМС-20 и создавая внутреннее давление. Получено хорошее совпадение экспериментальных данных условия (5). Если принять

$$R_{2t} = +\sqrt{R_{bt}^2 + R_b^2 - R_bR_{bt}} - (R_b - R_{bt}), \quad (6)$$

получим $A_{12} = -1$, условие (5) принимает вид двухпараметрического критерия

$$s_2^2 + s_3^2 - s_1s_2 + (R_b - R_{bt})(s_1 + s_2) = R_bR_{bt}. \quad (7)$$

Для сжатия с растяжением $s_1 > s_2 = 0 > s_3$ условие (1) имеет вид

$$s_1^2 + s_2^2 + A_{13}s_1s_2 + (R_b - R_{bt})(s_1 + s_2) = R_bR_{bt}, \quad (8)$$

$$A_{13} = 2 - \frac{R_b R_{bt}}{T^2},$$

где T – прочность бетона при сдвиге $s_1 = -s_3 = T$, $s_2 = 0$.

Эксперименты для сжатия с растяжением бетона В-25 проведены на трубчатых тонких бетонных образцах. Используя осевую сжимающую силу прессы ГМС-20 и создавая внутреннее давление воздуха. Получено хорошее совпадение экспериментальных данных и условия (8) [5].

Если принять

$$T = \sqrt{\frac{R_b R_{bt}}{3}}, \quad (9)$$

получим $A_{13} = -1$, условие (8) принимает вид двухпараметрического критерия

$$s_1^2 + s_3^2 - s_1 s_3 + (R_b - R_{bt})(s_1 + s_3) = R_b R_{bt} \quad (10)$$

В общем случае, принимая

$$R_{2b} = -\sqrt{R_b^2 + R_{bt}^2 - R_b R_{bt}} - (R_b - R_{bt}),$$

$$R_{2t} = +\sqrt{R_b^2 + R_{bt}^2 - R_b R_{bt}} - (R_b - R_{bt}), \quad (11)$$

$$T = \sqrt{\frac{R_b R_{bt}}{3}}, \text{ расчетные базовые параметры}$$

$$A_{23} = \frac{R_b R_{bt}}{R_{2b}^2} + 2 \frac{R_b - R_{bt}}{R_{2b}} - 2,$$

$$A_{12} = \frac{R_b R_{bt}}{R_{2t}^2} - 2 \frac{R_b - R_{bt}}{R_{2b}} - 2, \quad (12)$$

$$A_{31} = 2 - \frac{R_b R_{bt}}{T^2}, \text{ будут равны } A_{12} = A_{23} = A_{31} = -1, \text{ условие (1)}$$

принимает вид двухпараметрического критерия прочности поверхности вращения П.П. Баландина

$$s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 - s_1 s_2 - s_2 s_3 - s_3 s_1 +$$

$$+ (R_b - R_{bt})(s_1 + s_2 + s_3) = R_b R_{bt} \quad (13)$$

Организация проведения исследования прочности бетона при объемном напряженном состоянии связана с определенными техническими трудностями и практически отсутствуют опытные данные:

- при всестороннем равномерном и неравномерном сжатии;
- при всестороннем равномерном и неравномерном растяжении;



– при напряженном состоянии для двух сжимающих и одном растягивающем напряжении или при двух растягивающих напряжениях и одном сжимающем напряжении.

Рассмотрим объемное сжатие, когда $s_1 = s_2 = q > s_3 = s_{\max}$, т.е. имеем случай, когда возрастает осевое сжатие. Условие (1) принимает вид

$$s_3^2 + s_1^2(2 + A_{12}) + s_1 s_3(A_{12} + A_{13}) + (R_b - R_{bt})(2s_1 + s_3) = R_b R_{bt} \quad (14)$$

Экспериментальные данные для типа сжатия можно аппроксимировать известным условием [1]:

$$s_{\max} = -R_b + 4,1q \quad (15)$$

Для объемного сжатия, когда $s_1 > s_2 = s_3 = q$, т.е. возрастает гидростатическое давление, условие (1) будет представлено

$$s_1^2 + s_3^2(2 + A_{23}) + s_1 s_3(A_{12} + A_{31}) + (R_b - R_{bt})(s_1 + 2s_3) = R_b R_{bt} \quad (16)$$

Экспериментальные данные объемного сжатия (тип растяжения) эксперименты аппроксимируются известным условием [1]:

$$q = -1,5R_b + 2,5s_1 \quad (17)$$

Теоретические данные условий (14), (16) имеют отклонения 15-20% соответствующих экспериментальных условий (15), (17).

Библиографический список

1. Генцев Г.А., В.Н. Кисюк Г.А. Тюпин. Теория пластичности бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1974. – 316 с.
2. Зиборов Л.А., Теличко В.Г. Общее условие прочности бетона В-25 // Материалы 5-ой Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики: «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». – Тула: ТулГУ, 2009. – С. 93-99.
3. Зиборов Л.А., Теличко В.Г. О прочности бетона В-25 при двухосном растяжении // Сборник материалов VII Международной научно-технической конференции: «Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии». – Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. – С. 11-12.
4. Зиборов Л.А., Теличко В.Г. Исследование прочности при двухосном сжатии бетона класса В-25 // Сборник материалов VIII Международной научно-технической конференции: «Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии». – Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. – С. 22-24.
5. Толоконников Л.А. О форме предельной поверхности изотропного тела // Прикладная механика. – 1969. – Вып. 10 – Т. 5. – С. 123-130
6. Karman T. Th Mitteilungen uber Forshunsarbeiten. VDJ, hebt 118. – 1912.

7. Richard F.E., Brandtzaeg A., Brown R.L. A study of failure of concrete under combined compressive stresses. "Univ. of Illinois Bull." V. 26, №12. – 1928.
8. Теличко В.Г., Трещев А.А. Расчет напряженно-деформированного состояния цилиндрических оболочек из разносопротивляющегося материала // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. – Воронеж-Тверь: РААСН-ТГТУ. -2007. – Вып. 6. – С. 217-225
9. Теличко В.Г., Трещев А.А. Расчет напряженно-деформированного состояния железобетонных оболочек положительной гауссовой кривизны с учетом трещинообразования // Сборник статей Международной научно-технической конференции «Композиционные строительные материалы. Теория и практика». – Пенза: ПГУАС-ПДЗ. - 2007. – С. 273-276.
10. Теличко В.Г., Трещев А.А. Определение напряженно-деформированного состояния трубчатых железобетонных оболочек при чистом кручении методом конечных элементов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я.Яковлева. – ЧГПУ. Механика предельного состояния. – 2007. - №1. – С. 138-156.



УДК 539.374

К ВОПРОСУ О КРУЧЕНИИ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СТЕРЖНЕЙ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛИНЕЙНОГО ДАВЛЕНИЯ

Козлова Л. С.

*Чувашский государственный педагогический университет
им. И. Я. Яковлева, Россия*

В работе исследуется задача пластического кручения призматических стержней при действии давления, линейно меняющегося вдоль образующей. Определено напряженно-деформированное состояние стержня, найдены линии разрыва напряжений в случае, когда контур поперечного сечения стержня образует произвольный угол. Построено поле характеристик для различных контуров призматических стержней, определены перемещения.

Рассмотрим однородный призматический стержень, ориентированный в декартовой СК, образующие которого направлены параллельно оси z . Предположим, что стержень закручивается вокруг своей оси парами противоположных моментов сил (рис. 1).

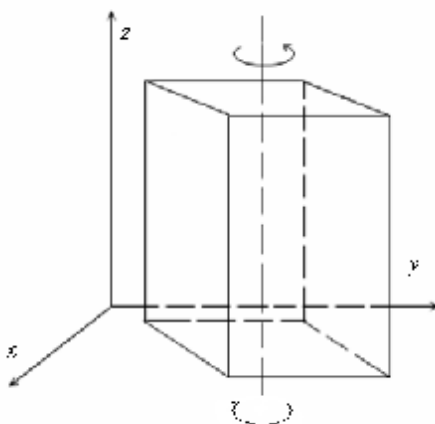


Рис. 1

В предположении

$$s_x = s_y = s_z = -lz + c, t_{xy} = 0, t_{yz} = t_{yz}(x, y), t_{xz} = t_{xz}(x, y), \quad (1)$$

где $\lambda = \text{const}$, $c = \text{const}$, пластическое напряженное состояние тела описывается соотношением

$$\frac{\partial t_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial t_{yz}}{\partial y} = l, \quad t_{yz}^2 + t_{xz}^2 = 1. \quad (2)$$

Согласно замене переменных

$$t_{xz} = \cos j, \quad t_{yz} = \sin j, \quad (3)$$

получим соотношение

$$-\sin j \frac{\partial j}{\partial x} + \cos j \frac{\partial j}{\partial y} = l. \quad (4)$$

Характеристики соотношения (4) имеют вид

$$-\frac{dx}{\sin j} = \frac{dy}{\cos j} = \frac{dj}{l}, \quad (5)$$

из которых следует

$$lx = \cos j + c_1, \quad ly = \sin j + c_2 \quad (6)$$

и

$$(x - x')^2 + (y - y')^2 = \frac{1}{l^2}, \quad (7)$$

где $x' = x_0 - \frac{\cos j_0}{l}$, $y' = y_0 - \frac{\sin j_0}{l}$.

Согласно (3) имеем

$$\frac{t_{yz}}{t_{xz}} = \operatorname{tg} j, \quad (8)$$

где j – угол наклона касательного напряжения t к оси x .

Из (5) следует, что вдоль характеристик (7) верно соотношение

$$\frac{dy}{dx} = -\operatorname{ctg} j. \quad (9)$$

Следовательно, вектор касательного напряжения τ всегда направлен ортогонально к характеристике. В предположении, что боковая поверхность стержня свободна от касательных усилий, вектор касательного напряжения τ во всех точках контура стержня направлен по касательной к нему.

Обозначим через L контур поперечного сечения стержня в плоскости xy . На рис. 2 представлено расположение характеристик (7) относительно контура L . Таким образом, характеристики соотношения (4) есть окружности, нормальные к контуру, радиуса $\frac{1}{|l|}$, центры которых расположены на касательных к контуру L .

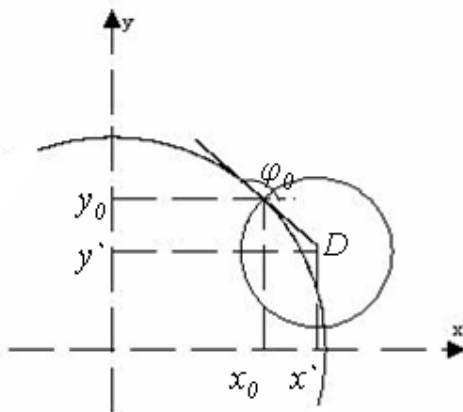


Рис. 2

Рассмотрим случай, когда контур поперечного сечения L стержня образует произвольный угол q . В этом случае имеет место линия



разрыва напряжений, которая имеет вид:

$$\frac{x^2}{2} \sin 2q - 2xy \sin^2 q - \frac{y^2}{2} \sin 2q + \left[y \sqrt{\frac{1}{l^2} - y^2} + \frac{1}{l^2} \arcsin ly + \right. \\ \left. (x \sin q + y \cos q) \sqrt{\frac{1}{l^2} - (x \sin q + y \cos q)^2} + \frac{1}{l^2} \arcsin l(x \sin q + y \cos q) \right] = 0. \quad (10)$$

В случае, когда $q = \frac{\pi}{3}$ линия разрыва напряжений имеет вид

$$\frac{\sqrt{3}x^2}{4} - \frac{3}{2}xy - \frac{\sqrt{3}y^2}{4} + \left(\frac{\sqrt{3}x}{2} + \frac{y}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{1}{l^2} - \left(\frac{\sqrt{3}x}{2} + \frac{y}{2} \right)^2} + \\ + \frac{1}{l^2} \arcsin l \left(\frac{\sqrt{3}x}{2} + \frac{y}{2} \right) + y \sqrt{\frac{1}{l^2} - y^2} + \frac{1}{l^2} \arcsin ly = 0. \quad (11)$$

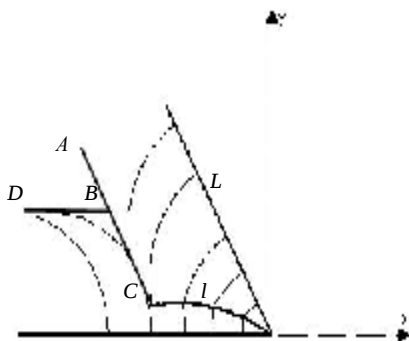


Рис. 3

На рис. 3 построено поле характеристик, их огибающая и линия разрыва напряжений. L - участок контур тела, l – линия разрыва напряжений. На отрезке BC касательное напряжение не сопрягается. Следовательно, вдоль него необходимо предположить наличие щели. Вектор касательного напряжения τ направлен ортогонально к левому берегу щели по образующей стержня. Аналогично нормальная составляющая вектора касательного напряжения τ к правому берегу щели направлена по образующей стержня вглубь щели. Решение не может быть продолжено за огибающие характеристик ABD , вдоль этих линий дейст-

вуют касательные напряжения, направленные вдоль оси z , уравнивающие перепад давления S_z .

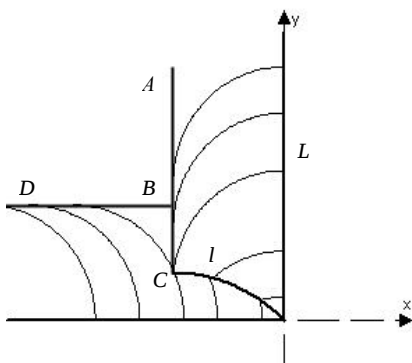


Рис. 4

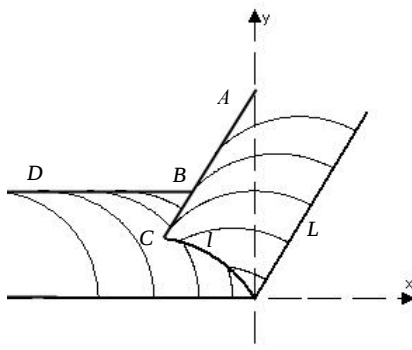


Рис.5

Рассмотрим квадратный призматический стержень, сторона которого равна $2a$ (рис. 6-8). Расположение характеристик зависит от значения параметра λ . На рис. 6 напряженное состояние не может быть продолжено за огибающие. В случае, когда $\lambda \rightarrow 0$ (рис. 8), точки A_2, B_2, C_2, D_2 стремятся к центру симметрии тела точке O . При $l = 0$ линии разрыва напряжений переходят в отрезки OA, OB, OC, OD , характеристические окружности переходят в прямые, ортогональные контуру.

Аналогичный случай представлен для стержня, контур сечения которого есть правильный шестиугольник, сторона которого равна $2a$ (рис.9-11).

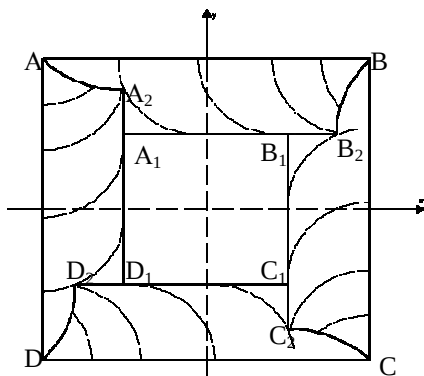


Рис. 6

$$\frac{1}{|l|} < a$$

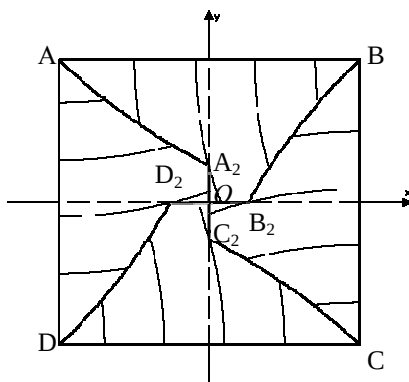


Рис. 7

$$\frac{1}{|l|} > a$$

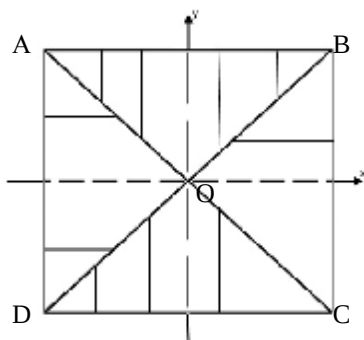


Рис. 8 $l = 0$

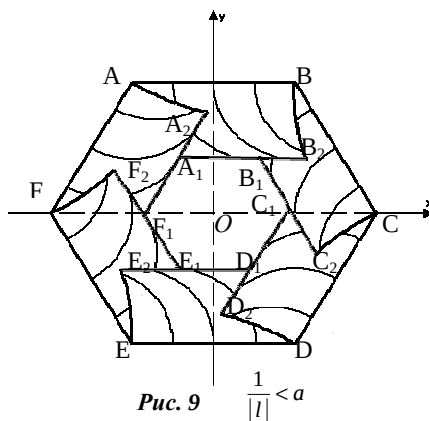


Рис. 9 $\frac{1}{|l|} < a$

Расположение характеристик зависит от значения параметра λ . В случае, когда $l = 0$ (рис. 11), характеристические окружности переходят в прямые, ортогональные контуру.

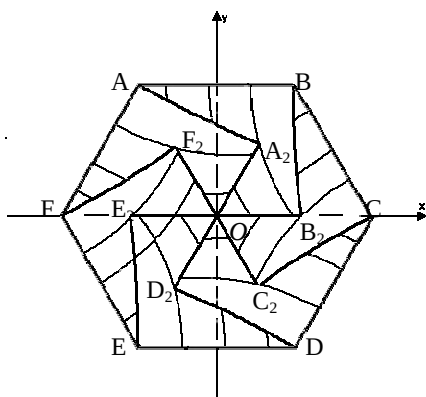


Рис. 10 $\frac{1}{|l|} > a$

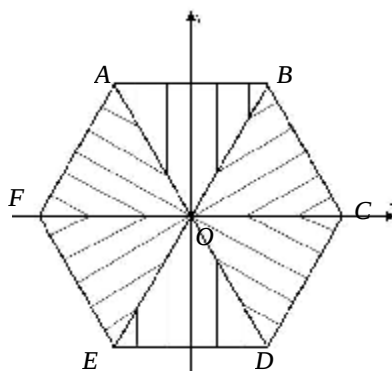


Рис. 11 $l = 0$

Определим деформированное состояние призматических стержней при кручении. Соотношения ассоциированного закона пластического течения согласно (1) имеют вид

$$e_x = e_y = e_z = e_{xy} = 0, e_{yz} t_{xz} = e_{xz} t_{yz}. \quad (14)$$

где e_{ij} – компоненты деформаций.

Считая деформации настолько малыми, что изменениями геометрии тела можно пренебречь, имеем, что при кручении напряжения в данной точке тела остаются постоянными по величине и направле-

нию. В этом случае соотношения ассоциированного закона течения интегрируются, и из (14) следует

$$e_x = e_y = e_z = e_{xy} = 0, e_{yz} t_{xz} = e_{xz} t_{yz}. \quad (15)$$

Согласно формулам Коши получим соотношения

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{\partial w}{\partial z}, \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = 0, \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \cos j = \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \sin j. \quad (16)$$

В предположении

$$u = ryz, v = -rxz, w = w(x, y), \quad (17)$$

получим дифференциальное уравнение для определения компонент перемещений

$$-\frac{dx}{\sin j} = \frac{dy}{\cos j} = \frac{dw}{r(x \sin j + y \cos j)}. \quad (18)$$

Характеристики уравнения (18) совпадают с характеристиками уравнением (4), определяющим напряженное состояние тела.

Вдоль характеристик выполняется

$$w = r \left(\frac{j_0}{l^2} + \left(y - y_0 + \frac{\sin j_0}{l} \right) \left(y_0 - \frac{\sin j_0}{l} \right) - \left(x - x_0 + \frac{\cos j_0}{l} \right) \left(x_0 - \frac{\cos j_0}{l} \right) \right) + c, \quad (19)$$

где x_0, y_0 – точка контура, j_0 – значение угла в точке контура.

Рассматривая линию разрыва напряжений l как предельное положение жесткого слоя, положим деформацию сдвига на этих линиях равной нулю

$$2e_{xz} = \frac{\partial w}{\partial x} + ry = 0, 2e_{yz} = \frac{\partial w}{\partial y} - rx = 0. \quad (20)$$

Соотношение вдоль линии разрыва напряжений имеет вид

$$dw = r(-ydx + xdy). \quad (21)$$

Так как w определяется с точностью до жесткого перемещения, то, принимая в какой-нибудь точке линии разрыва напряжений $w=0$ и интегрируя (21) вдоль линии разрыва напряжений, находим значение w во всех точках линии разрыва напряжений, а, следовательно, сможем определить константу c для каждой характеристики.

Библиографический список.

1. Ивлев, Д. Д. Теория идеальной пластичности. / Д. Д. Ивлев – М. : Наука, 1966. – 232 с.
2. Качанов, Л. М. Основы теории пластичности. / Л. М. Качанов – М. : Наука, 1969. – 420 с.



3. Козлова, Л. С. Предельное состояние призматических стержней при кручении / Л. С. Козлова, Б. Г. Миронов // Научно-информационный вестник докторантов, аспирантов, студентов / Чуваш. гос. пед. ун-т. – 2009. – № 2(14). – С. 8–17.

4. Миронов, Б. Г. Кручение сектора кругового кольца при действии переменного давления / Б. Г. Миронов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2009. – № 2(62). – С. 23–26.



УДК 628.1(083)

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ КАВИТАТОРА

Сорокина В.В., Сорокин М.Ю.

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

Рассмотрены вопросы образования кавитации, принята мера кавитации, а также исследовано явление кавитации на арматуре (вентиль диаметром 25 мм). Применение метода кавитации для очистки воды.

Многообразны явления, порождаемые кавитацией, которая обуславливает возникновение или интенсификацию почти всех химических реакций, происходящих под влиянием кавитации. Под действием кавитации в жидкости происходит: механическое разрушение жидкостной сетки, разрыв химических связей, образование ионов и свободных радикалов которые способны реагировать с различными веществами.

При схлопывании пузырька повышается температура, что является одной из причин интенсификации химических реакций. Продукты термического расщепления молекулы воды – свободные радикалы гидроксила способны вызывать окисление[1].

Ряд авторов утверждает, что при кавитации в полости возникают большие электрические напряжения, что вызывает электронный пробой полости. Появление в водном растворе свободных гидроксильных радикалов обуславливает наличие окислительных процессов да же при отсутствии растворенного кислорода, а при наличии кислорода этот процесс многократно усиливается.

В настоящее время для интенсификации различных технологических процессов широко используется ультразвуковая кавитация. В

связи с тем, что в кавитационном режиме происходит значительное усиление процессов окисления, а так же турбулизация потока, увеличение площади взаимодействия различных фаз, в данной работе предлагается исследовать влияние гидродинамической кавитации на процессы обработки воды.

В связи с возрастающей ролью использования в качестве источников водоснабжения подземных вод, актуальным становится вопрос о рационализации процесса обезжелезивания.

Так как содержание железа в воде да же в количестве 0,1мг/л приводит к увеличению его концентрации при прохождении воды по трубопроводам, хранении и ее дальнейшем распределении, то необходимо стремиться к полному обезжелезиванию воды[2].

Проблема полного обезжелезивания может быть решена двумя способами:

1. Путем дальнейшего совершенствования работы существующих станций обезжелезивания;
2. Путем создания новых, более эффективных способов интенсификации процессов обезжелезивания.

В настоящее время для обезжелезивания воды применяются различные методы[3], наиболее распространенным из которых является метод упрощенной аэрации, который имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами. Однако этот метод целесообразен для обезжелезивания воды с концентрацией железа не более 10мг/л. Для воды с большим содержанием железа применяются другие сложные в эксплуатации, громоздкие и дорогостоящие многоступенчатые фильтровальные системы с глубокой аэрацией.

Предполагается провести исследование влияния гидродинамической кавитации на:

1. Процесс окисления двухвалентного железа содержащегося в подземной воде;
2. Процесс обезжелезивания подземных вод с большим содержанием железа;

Так как методика исследования кавитационных параметров основывается на измерении акустических параметров, то необходимо ввести понятие о мере кавитации. Термин “мера кавитации” подразумевает возможность количественной оценки некоторых физических эффектов гидродинамической кавитации. Определение параметров кавитационного шума является наиболее надежным методом определения и исследования кавитации.

Для того чтобы представить полную картину условий возникновения шума при кавитации, необходимо располагать следующими



данными:

1. Знать динамику кавитационной каверны;
2. Характер звуковых импульсов и суммарное излучение кавитирующей области;
3. Спектр излучения;
4. Восприятие импульсов давления стенкой, ограничивающей кавитационную область.

В данной работе рассматривается кавитатор конструктивной схемы “пакет диафрагм”. Качество кавитатора определяется качеством и количеством конечного продукта на его выходе. В данном случае качественной характеристикой кавитатора является приращение концентрации ΔC (%), а количественной - расход в единицу времени. Приращение концентрации и интенсивность излучаемого шума могут служить мерой развития кавитационного процесса.

В данной работе применены два метода измерения шума:

- а) Метод измерения воздушного шума в помещении смежном с тем, где установлен испытуемый кавитатор. То есть измеряется шум, излучаемый перегородкой, на которую крепится трубопровод.
- б) Сравнительный метод измерения шума: параллельно измеряются воздушный шум от МГС и эталонной арматуры, играющей роль образцового источника шума.

В качестве образцового источника шума взят эталонный элемент, рекомендованный международной организацией по стандартизации, являющийся классическим источником кавитационного шума и имеющий достаточно большую звуковую мощность.

Для измерения была принята акустическая аппаратура 2-го класса точности. При этом точность измерения в лабораторных условиях была в пределах ± 3 Дб, а точность пересчета на натурные условия ± 5 Дб во всем диапазоне частот.

Библиографический список

1. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. Учебное пособие.- М.: АСВ, 2007.
2. Журба М.Г. и др. Водоснабжение, Проектирование систем и сооружений. Учебное пособие для ВУЗов в 3-х томах. Т.2.-М.: АСВ, 2003. 10 экз.
3. Фрог Б.Н., Иванов М.Б. Реагентные методы очистки воды для промпредприятий. Учебное пособие,- М.: МГСУ, 2004.
4. Горбачев Е.А. Проектирование очистных сооружений водопровода из поверхностных источников. Учебное пособие для ВУЗов,-М.: АСВ, 2004. 10 экз.



УДК 539. 214 : 517

ЛИНЕАРИЗАЦИЯ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ СООТНОШЕНИЙ ЗАДАЧ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

Пономарева Т. Т.

Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я.
Яковлева, Россия

В данной работе рассмотрены линеаризованные статически определяемые системы соотношений в цилиндрической системе координат теории идеальной пластичности, когда компоненты напряжений не зависят от параметра q . Определено напряженное состояние в первом приближении.

Рассмотрим статически определяемые системы соотношений в цилиндрической системе координат, когда компоненты напряжений не зависят от параметра q .

Уравнения равновесия имеют вид

$$\frac{\partial s_r}{\partial r} + \frac{\partial t_{rz}}{\partial z} + \frac{s_r - s_q}{r} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial t_{rq}}{\partial r} + \frac{\partial t_{qz}}{\partial z} + \frac{2t_{rq}}{r} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial t_{rz}}{\partial r} + \frac{\partial s_z}{\partial z} + \frac{t_{rz}}{r} = 0, \quad (3)$$

где $s_r, s_q, s_z, t_{rz}, t_{rq}, t_{qz}$ – компоненты напряжений в цилиндрической системе координат.

Чтобы задача была статически определяемой к уравнениям (1)-(3) нужно добавить три соотношения

$$f_i(s_r, s_q, s_z, t_{rz}, t_{rq}, t_{qz}) = 0, \quad i = \overline{1, 3}, \quad (4)$$

рассматриваемые совместно в качестве условий пластичности.

Линеаризируем соотношения (1)-(4), предполагая

$$s_{ij} = s_{ij}^0 + ds'_{ij}, \quad (5)$$

где индекс «ноль» соответствует компонентам «невозмущенного» состояния, индекс «штрих» – компонентам «возмущенного» состояния, d – малый безразмерный параметр.

Линеаризованные уравнения (4), согласно (5), примут вид

$$a_1 s'_r + b_1 s'_q + c_1 s'_z + f_1 t'_{rz} + q_1 t'_{qz} + h_1 t'_{rq} = 0,$$



$$a_2 s'_r + b_2 s'_q + c_2 s'_z + f_2 t'_{rz} + q_2 t'_{qz} + h_2 t'_{rq} = 0, \quad (6)$$

$$a_3 s'_r + b_3 s'_q + c_3 s'_z + f_3 t'_{rz} + q_3 t'_{qz} + h_3 t'_{rq} = 0,$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial s_r} = a_i, \quad \frac{\partial f_i}{\partial s_q} = b_i, \quad \frac{\partial f_i}{\partial s_z} = c_i,$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial t_{rz}} = f_i, \quad \frac{\partial f_i}{\partial t_{qz}} = q_i, \quad \frac{\partial f_i}{\partial t_{rq}} = h_i, \quad (7)$$

$$a_i, b_i, c_i, f_i, q_i, h_i - \text{const}, \quad i = 1, 3,$$

где значения функций $\frac{\partial f_i}{\partial s_{ij}}$ берутся при «невозмущенном» состоянии.

Линеаризированные уравнения равновесия (1)-(3), согласно (5), сохраняют свой вид.

Удовлетворим линеаризированному уравнению (2) при помощи функции Φ :

$$t'_{rq} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial z}, \quad t'_{qz} = -\frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial r}. \quad (8)$$

Удовлетворим линеаризированному уравнению (3) при помощи функции y :

$$t'_{rz} = \frac{1}{r} \frac{\partial y}{\partial z}, \quad s'_z = \frac{1}{r} \frac{\partial y}{\partial r}. \quad (9)$$

Из уравнения (1), согласно (5) и (9), получим

$$\frac{s'_r}{\partial r} + \frac{s'_r - s'_q}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial^2 y}{\partial z^2} = 0. \quad (10)$$

Соотношения (6), переобозначив коэффициенты, можно записать в виде

$$\begin{aligned} t'_{rz} &= \bar{a}_1 s'_r + \bar{b}_1 s'_q + \bar{c}_1 s'_z, \\ t'_{qz} &= \bar{a}_2 s'_r + \bar{b}_2 s'_q + \bar{c}_2 s'_z, \\ t'_{rq} &= \bar{a}_3 s'_r + \bar{b}_3 s'_q + \bar{c}_3 s'_z, \end{aligned} \quad (11)$$

где $\bar{a}_i, \bar{b}_i, \bar{c}_i - \text{const}, \quad i = 1, 3$.

Согласно (8), (9), (11), получим систему линейных дифференциальных уравнений относительно s'_r, s'_q, s'_z :

$$\bar{a}_1 s'_r + \bar{b}_1 s'_q + \bar{c}_1 s'_z = \frac{1}{r} \frac{\partial y}{\partial z},$$

$$\bar{a}_2 s'_r + \bar{b}_2 s'_q + \bar{c}_2 s'_z = -\frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial r}, \quad (12)$$

$$\bar{a}_3 s'_r + \bar{b}_3 s'_q + \bar{c}_3 s'_z = \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial z}.$$

Решение системы (12) имеет вид

$$\begin{aligned} Ds'_r &= \frac{1}{r} \frac{\partial y}{\partial z} (\bar{b}_2 \bar{c}_3 - \bar{b}_3 \bar{c}_2) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial r} (\bar{b}_1 \bar{c}_3 - \bar{b}_3 \bar{c}_1) + \\ &+ \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial z} (\bar{b}_1 \bar{c}_2 - \bar{b}_2 \bar{c}_1), \\ Ds'_q &= -\frac{1}{r} \frac{\partial y}{\partial z} (\bar{a}_2 \bar{c}_3 - \bar{a}_3 \bar{c}_2) - \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial r} (\bar{a}_1 \bar{c}_3 - \bar{a}_3 \bar{c}_1) - \\ &- \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial z} (\bar{a}_1 \bar{c}_2 - \bar{a}_2 \bar{c}_1), \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} Ds'_z &= \frac{1}{r} \frac{\partial y}{\partial z} (\bar{a}_2 \bar{b}_3 - \bar{a}_3 \bar{b}_2) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial r} (\bar{a}_1 \bar{b}_3 - \bar{a}_3 \bar{b}_1) + \\ &+ \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial z} (\bar{a}_1 \bar{b}_2 - \bar{a}_2 \bar{b}_1), \end{aligned}$$

где $D = \begin{vmatrix} \bar{a}_1 & \bar{b}_1 & \bar{c}_1 \\ \bar{a}_2 & \bar{b}_2 & \bar{c}_2 \\ \bar{a}_3 & \bar{b}_3 & \bar{c}_3 \end{vmatrix}.$

Из (13), (9) и (10) получим систему дифференциальных уравнений для отыскания функций y и Φ :

$$\begin{aligned} D \frac{\partial^2 y}{\partial z^2} &+ \frac{\bar{b}_1 \bar{c}_3 - \bar{b}_3 \bar{c}_1}{r} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} - \frac{\bar{b}_2 \bar{c}_3 - \bar{b}_3 \bar{c}_2}{r} \frac{\partial y}{\partial z} + (\bar{b}_2 \bar{c}_3 - \bar{b}_3 \bar{c}_2) \frac{\partial^2 y}{\partial r \partial z} - \\ &- \frac{2(\bar{b}_1 \bar{c}_3 - \bar{b}_3 \bar{c}_1)}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial r} - \frac{2(\bar{b}_1 \bar{c}_2 - \bar{b}_2 \bar{c}_1)}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial z} + \frac{(\bar{b}_1 \bar{c}_2 - \bar{b}_2 \bar{c}_1)}{r} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r \partial z} + \\ &+ \frac{(\bar{b}_2 \bar{c}_3 - \bar{b}_3 \bar{c}_2 + \bar{a}_2 \bar{c}_3 - \bar{a}_3 \bar{c}_2)}{r} \frac{\partial y}{\partial z} + \frac{(\bar{b}_1 \bar{c}_3 - \bar{b}_3 \bar{c}_1 + \bar{a}_1 \bar{c}_3 - \bar{a}_3 \bar{c}_1)}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \\ &+ \frac{(\bar{b}_1 \bar{c}_2 - \bar{b}_2 \bar{c}_1 + \bar{a}_1 \bar{c}_2 - \bar{a}_2 \bar{c}_1)}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0, \end{aligned} \quad (14)$$



$$\begin{aligned} & \frac{1}{r} \frac{\partial y}{\partial z} (\bar{a}_2 \bar{b}_3 - \bar{a}_3 \bar{b}_2) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial r} (\bar{a}_1 \bar{b}_3 - \bar{a}_3 \bar{b}_1) + \\ & + \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial z} (\bar{a}_1 \bar{b}_2 - \bar{a}_2 \bar{b}_1) = - \frac{D}{r} \frac{\partial y}{\partial r}. \end{aligned}$$

Предположим, что условия пластичности (4) зависят от компонент девиатора тензора напряжений, то есть имеют место соотношения

$$f_i (s_r - s_q, s_q - s_z, s_z - s_r, t_{rz}, t_{rq}, t_{qz}) = 0, \quad i = \overline{1, 3}. \quad (15)$$

$$\begin{aligned} & \text{Линеаризированные соотношения (15), согласно (5), примут вид} \\ & a_1 (s'_r - s'_q) + b_1 (s'_q - s'_z) + c_1 (s'_z - s'_r) + f_1 t'_{rz} + q_1 t'_{rq} + h_1 t'_{qz} = 0, \\ & a_2 (s'_r - s'_q) + b_2 (s'_q - s'_z) + c_2 (s'_z - s'_r) + \\ & + f_2 t'_{rz} + q_2 t'_{rq} + h_2 t'_{qz} = 0, \\ & a_3 (s'_r - s'_q) + b_3 (s'_q - s'_z) + c_3 (s'_z - s'_r) + \\ & + f_3 t'_{rz} + q_3 t'_{rq} + h_3 t'_{qz} = 0, \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial f_i}{\partial (s_r - s_q)} = a_i, \quad \frac{\partial f_i}{\partial (s_q - s_z)} = b_i, \quad \frac{\partial f_i}{\partial (s_z - s_r)} = c_i, \\ & \frac{\partial f_i}{\partial t_{rz}} = f_i, \quad \frac{\partial f_i}{\partial t_{qz}} = q_i, \quad \frac{\partial f_i}{\partial t_{rq}} = h_i, \\ & a_i, b_i, c_i, f_i, q_i, h_i - \text{const}, \quad i = \overline{1, 3}, \end{aligned} \quad (17)$$

где значения функций $\frac{\partial f_i}{\partial s_{ij}}$ берутся при «невозмущенном» состоянии.

Переобозначив коэффициенты, уравнения (16) можно переписать в виде

$$\begin{aligned} s'_r - s'_q &= \bar{f}_1 t'_{rz} + \bar{q}_1 t'_{rq} + \bar{h}_1 t'_{qz}, \\ s'_q - s'_z &= \bar{f}_2 t'_{rz} + \bar{q}_2 t'_{rq} + \bar{h}_2 t'_{qz}, \\ s'_z - s'_r &= \bar{f}_3 t'_{rz} + \bar{q}_3 t'_{rq} + \bar{h}_3 t'_{qz}, \end{aligned} \quad (18)$$

где $\bar{f}_i, \bar{q}_i, \bar{h}_i - \text{const}, i = \overline{1, 3}$.

Согласно (8)-(10), (18), получим систему уравнений относительно функций y и Φ :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 y}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial y}{\partial r} - \bar{f}_3 \left(\frac{\partial^2 y}{\partial r \partial z} - \frac{1}{r} \frac{\partial y}{\partial z} \right) -$$

$$\begin{aligned}
 & -\bar{q}_3 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r \partial z} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right) - \bar{h}_3 \left(-\frac{1}{r} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right) + \\
 & + \bar{f}_1 \frac{1}{r} \frac{\partial y}{\partial z} + \bar{q}_1 \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial z} - \bar{h}_1 \frac{1}{r^2} \frac{\partial \Phi}{\partial r} = 0, \quad (19)
 \end{aligned}$$

$$(\bar{f}_1 + \bar{f}_2 + \bar{f}_3) \frac{\partial y}{\partial z} + (\bar{q}_1 + \bar{q}_2 + \bar{q}_3) \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial z} - (\bar{h}_1 + \bar{h}_2 + \bar{h}_3) \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} = 0.$$

Решение системы (19) будем искать в виде полиномов:

$$y = R_0 + R_1 z + R_2 z^2, \quad \Phi = R_3 + R_4 z, \quad (20)$$

где $R_i = R_i(r)$, $i = \overline{0, 4}$.

Согласно (19), функции (20) будут определяться из системы уравнений:

$$\begin{aligned}
 & R_2'' - \frac{1}{r} R_2' = 0, \\
 & 2(\bar{f}_1 + \bar{f}_2 + \bar{f}_3) R_2 - \frac{\bar{h}_1 + \bar{h}_2 + \bar{h}_3}{r} R_4' = 0, \\
 & -R_1'' + \frac{1}{r} R_1' - 2\bar{f}_3 R_2' + \frac{2\bar{f}_3 + 2\bar{f}_1}{r} R_2 + \frac{\bar{h}_3}{r} R_4'' - \frac{2\bar{h}_3 + \bar{h}_1}{r^2} R_4' = 0, \\
 & (\bar{f}_1 + \bar{f}_2 + \bar{f}_3) R_1 - \frac{\bar{q}_1 + \bar{q}_2 + \bar{q}_3}{r} R_4' - \frac{\bar{h}_1 + \bar{h}_2 + \bar{h}_3}{r} R_3' = 0, \quad (21) \\
 & -R_0'' + \frac{1}{r} R_0' + 2R_2 - \bar{f}_3 R_1' + \frac{\bar{f}_3 + \bar{f}_1}{r} R_1 - \frac{\bar{q}_3}{r} R_4' + \\
 & + \frac{2\bar{q}_3 + \bar{q}_1}{r^2} R_4 + \frac{\bar{h}_3}{r} R_3' - \frac{2\bar{h}_3 + \bar{h}_1}{r^2} R_3' = 0.
 \end{aligned}$$

Решение системы (21) имеет вид

$$\begin{aligned}
 R_0 = & \left[\frac{m_1}{4} + \frac{A(\bar{f}_1 - 2\bar{f}_3)}{24} + \frac{C(2\bar{q}_3 + \bar{q}_1)m_1}{16} + \right. \\
 & + C \left(\frac{A}{6} + \frac{Dm_1}{4} \right) \left(\frac{\bar{h}_3}{2} - \frac{\bar{h}_1}{4} \right) \left. \right] r^4 + \\
 & + \left[\frac{(\bar{f}_1 - \bar{f}_3)m_3}{6} - \frac{4C\bar{q}_3m_1}{3} + \frac{C(\bar{h}_3 - \bar{h}_1)m_3}{6} \right] r^3 + \frac{m_6}{2} r^2 +
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
& + \left(\frac{2m_2 - B\bar{f}_1}{4} + \frac{C(2\bar{q}_3 + \bar{q}_1)m_2}{4} - \frac{C(Dm_2 - B)\bar{h}_1}{4} \right) (2 \ln r - 1) r^2 - \\
& - \left[(\bar{f}_1 + \bar{f}_2)m_4 - 2Cq_3m_2 - C(\bar{h}_3 - \bar{h}_1)m_4 \right] r - \\
& - \left[\frac{(2\bar{q}_3 + \bar{q}_1)m_3}{2} - \frac{D(2\bar{h}_3 + \bar{h}_1)m_3}{2} \right] \ln r + m_7, \\
R_1 &= \frac{A}{3} r^3 + \frac{m_3}{2} r^2 - Br + m_4, \\
R_2 &= m_1 r^2 + m_2, \\
R_3 &= \left(\frac{A}{15} + \frac{Dm_1}{10} \right) r^5 + \frac{Cm_3}{8} r^4 + \frac{C(Dm_2 - B)}{3} r^3 + \\
& + \frac{Cm_4}{2} r^2 + \frac{Dm_3}{2C} r + m_5, \\
R_4 &= \frac{Cm_1}{2} r^4 + Cm_2 r^2 + m_3,
\end{aligned} \tag{22}$$

где

$$\begin{aligned}
A &= \frac{2(\bar{f}_1 + \bar{f}_2 + \bar{f}_3)(2h_3 - h_1)m_1}{\bar{h}_1 + \bar{h}_2 + \bar{h}_3} - 2(\bar{f}_1 + \bar{f}_3)m_1, \\
B &= 2(\bar{f}_1 + \bar{f}_3)m_2 - \frac{2(\bar{f}_1 + \bar{f}_2 + \bar{f}_3)h_1m_2}{\bar{h}_1 + \bar{h}_2 + \bar{h}_3}, \\
C &= \frac{\bar{f}_1 + \bar{f}_2 + \bar{f}_3}{\bar{h}_1 + \bar{h}_2 + \bar{h}_3}, \quad D = \frac{\bar{q}_1 + \bar{q}_2 + \bar{q}_3}{\bar{h}_1 + \bar{h}_2 + \bar{h}_3}, \quad m_i - \text{const}, \quad i = \overline{1, 7}.
\end{aligned}$$

Согласно найденным функциям (22) и (20), используя равенства (9) и (10), определим искомые компоненты напряжения возмущенного состояния.

Библиографический список.

1. Ивлев, Д. Д. Метод возмущений в теории упругопластического тела / Д. Д. Ивлев, Л. В. Еришов. – М. : Наука, 1978. – 208 с.
2. Ляв, А. Математическая теория упругости / А. Ляв. – М. : ОНТИ, 1935. – 674 с.
3. Ишинский, А. Ю. Математическая теория пластичности / А. Ю. Ишинский, Д. Д. Ивлев. – М. : Физматлит, 2003. – 704 с.
4. Качанов, Л. М. Основы теории пластичности / Л. М. Качанов. – М. : Наука, 1969. – 420 с.



УДК 539.3

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПЛОСКОМ ДЕФОРМИРОВАННОМ СОСТОЯНИИ ТОЛСТОСТЕННОЙ БЕСКОНЕЧНОЙ КРУГОВОЙ ТРУБЫ БЕСКОНЕЧНОЙ ДЛИННЫ ИЗ ОРТОТРОПНОГО РАЗНОСОПРОТИВЛЯЮЩЕГОСЯ МАТЕРИАЛА

Трещёв А.А. , Муравлев А.Б.

Тульский государственный университет, Россия

В ходе исследования было получено разрешающее дифференциальное уравнение, описывающее напряженно-деформированное состояние толстостенной круглой трубы из ортотропного разносопротивляющегося материала, и получено решение данного уравнения по «методу упругих решений» в сочетании с методом конечных разностей.

Многообразие методов проектирования и расчета сложных машин и сооружений, которыми изобилует современная техника, составляет одну из весьма актуальных проблем механики. Эти методы в настоящее время стремятся отразить такие особенности расчетов элементов конструкций как, переменные параметры упругости, возможную слоистую или армированную структуру, пластические деформации и деформации ползучести, нестационарный температурный режим, причем при возможно более полном учете параметров, как движения, так и геометрии исследуемых объектов. В большинстве случаев это осуществляется лишь с привлечением современных численных методов с последующей реализацией их на ПЭВМ.

С развитием техники повышается интерес исследователей к рассмотрению нелинейной теории упругости и ее прикладных разделов. Особенно большое внимание стали уделять нелинейной теории упругости в связи с изучением как тонкостенных: гибких стержней, пластинок и оболочек, а также упругих тел малой жесткости, так и трехмерных конструкций: толстостенных труб, однородных и слоистых плит. Тенденция к применению конструкционных материалов повышенной прочности, с учетом требования минимальности собственного веса конструкций приводит к тому, что проектировщики и конструкторы все чаще идут на применение нелинейных теорий расчета конструкций.

Рассматриваемой задачей является задача Ляме о толстостенной круглой трубе, находящиеся под действием внутреннего P_a и



внешнего P_b , равномерных давлений. Внутренний радиус трубы равен a , внешний b . Материал, из которого выполнена труба, обладает свойствами ортотропии и разнсопротивляемости, а главные оси ортотропии совпадают с осями главных напряжений.

Для решения поставленной задачи, имеем следующие условия на поверхности:

$$\begin{aligned} \text{при } r = a, \quad s_r &= -P_a; \\ \text{при } r = b, \quad s_r &= -P_b; \end{aligned} \quad (1)$$

На первом этапе представим определяющие соотношения для ортотропного тела с указанными выше свойствами. Для этого воспользуемся ранее полученными в работе [2] соотношениями для этой задачи.

$$\begin{aligned} e_{11} &= (A_{1111} + B_{1111} a_{11}) s_{11} + [A_{1122} + B_{1122} (a_{11} + a_{22})] s_{22} + \\ &+ [A_{1133} + B_{1133} (a_{11} + a_{33})] s_{33}; \\ e_{22} &= [A_{1122} + B_{1122} (a_{11} + a_{22})] s_{11} + (A_{2222} + B_{2222} a_{22}) s_{22} + \\ &+ [A_{2233} + B_{2233} (a_{22} + a_{33})] s_{33}; \\ e_{33} &= [A_{1133} + B_{1133} (a_{11} + a_{33})] s_{11} + [A_{2233} + B_{2233} (a_{22} + a_{33})] s_{22} + \\ &+ (A_{3333} + B_{3333} a_{33}) s_{33}; \\ e_{12} &= (A_{1212} + B_{1212} \sqrt{2} a_{12}) t_{12}; \\ e_{13} &= (A_{1313} + B_{1313} \sqrt{2} a_{13}) t_{13}; \\ e_{23} &= (A_{2323} + B_{2323} \sqrt{2} a_{23}) t_{23}. \end{aligned} \quad (2)$$

В соответствии с условиями рассматриваемой задачи, о плоской деформации, компоненты тензора деформаций e_{12} , e_{13} , e_{23} обращаются в нуль. Учитывая что, в рассматриваемой задаче главные оси ортотропии совпадают с осями главных напряжений, приходим к заключению о равенстве нулю компонентов касательных напряжений.

Принимая во внимание условия поставленной задачи, определяющие соотношения перепишем в виде:

$$\begin{aligned} e_{11} &= (A_{1111} + B_{1111} a_{11}) s_{11} + [A_{1122} + B_{1122} (a_{11} + a_{22})] s_{22} + \\ &+ [A_{1133} + B_{1133} (a_{11} + a_{33})] s_{33}; \\ e_{22} &= [A_{1122} + B_{1122} (a_{11} + a_{22})] s_{11} + (A_{2222} + B_{2222} a_{22}) s_{22} + \\ &+ [A_{2233} + B_{2233} (a_{22} + a_{33})] s_{33}; \\ 0 &= [A_{1133} + B_{1133} (a_{11} + a_{33})] s_{11} + [A_{2233} + B_{2233} (a_{22} + a_{33})] s_{22} + \\ &+ (A_{3333} + B_{3333} a_{33}) s_{33}. \end{aligned} \quad (3)$$

Для решения данной задачи воспользуемся дифференциальными уравнениями равновесия в полярной системе координат:

$$\frac{\partial s_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial t_{rq}}{\partial r} + \frac{s_r - s_q}{r} + R = 0; \quad (4)$$

$$\frac{\partial t_{qr}}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial s_q}{\partial q} + \frac{2t_{qr}}{r} + q = 0.$$

Так как деформации малы мы можем воспользоваться геометрическими соотношениями Коши:

$$e_r = \frac{\partial u}{\partial r}; e_q = \frac{u}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial q}; g_{rq} = \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial q} \quad (5)$$

При отсутствии объемных сил останется только одно из уравнений равновесия:

$$\frac{\partial s_r}{\partial r} + \frac{s_r - s_q}{r} = 0. \quad (6)$$

Упростятся и геометрические соотношения Коши, так как составляющая перемещения v в силу осевой симметрии равна нулю:

$$e_r = \frac{\partial u}{\partial r}; e_q = \frac{u}{r}; g_{rq} = 0. \quad (7)$$

Для получения разрешающего уравнения, в форме «метода упругих решений», следует в определяющих соотношениях (3) выделить линейную и нелинейную части:

$$\begin{aligned} e_r &= A_{111} s_r + A_{122} s_q + A_{133} s_z + T_{11}; \\ e_q &= A_{112} s_r + A_{222} s_q + A_{233} s_z + T_{22}; \\ 0 &= A_{113} s_r + A_{223} s_q + A_{333} s_z + T_{33}; \end{aligned} \quad (8)$$

где:

$$\begin{aligned} T_{11} &= B_{111} a_{11} s_r + B_{122} (a_{11} + a_{22}) s_q + B_{133} (a_{11} + a_{33}) s_z; \\ T_{22} &= B_{112} (a_{11} + a_{22}) s_r + B_{222} a_{22} s_q + B_{233} (a_{22} + a_{33}) s_z; \\ T_{33} &= B_{113} (a_{11} + a_{33}) s_r + B_{223} (a_{22} + a_{33}) s_q + B_{333} a_{33} s_z; \end{aligned}$$

Выразим из третьего уравнения системы (8) s_z и подставим в первое и второе уравнение. А затем преобразуем получившиеся соотношения, так чтобы напряжения были представлены через деформации:

$$\begin{aligned} s_r &= D_{11} e_r + D_{12} e_q - H_r; \\ s_q &= D_{12} e_r + D_{22} e_q - H_q. \end{aligned} \quad (9)$$

где:

$$\begin{aligned} D_{11} &= \frac{A_{33} F_{22}}{F_{11} F_{22} - F_{12}^2}; D_{12} = \frac{-A_{33} F_{12}}{F_{11} F_{22} - F_{12}^2}; D_{22} = \frac{A_{33} F_{11}}{F_{11} F_{22} - F_{12}^2}; \\ F_{11} &= A_{11} A_{33} - A_{13}^2; F_{12} = A_{12} A_{33} - A_{13} A_{23}; F_{22} = A_{22} A_{33} - A_{23}^2. \end{aligned}$$



$$H_r = T_{11}D_{11} + T_{22}D_{12} - \left(\frac{F_{22} - F_{12}}{F_{11}F_{22} - F_{12}^2} \right) T_{33};$$

$$H_q = T_{11}D_{12} + T_{22}D_{22} - \left(\frac{F_{11} - F_{12}}{F_{11}F_{22} - F_{12}^2} \right) T_{33};$$

Воспользуемся геометрическими соотношениями Коши (7) для исключения компонентов деформаций из соотношений (9):

$$s_r = D_{11} \frac{\partial u}{\partial r} + D_{12} \frac{u}{r} - H_r; \quad (10)$$

$$s_q = D_{12} \frac{\partial u}{\partial r} + D_{22} \frac{u}{r} - H_q$$

Подставим получившиеся зависимости деформаций от перемещений в уравнение равновесия (6):

$$\frac{d \left(\frac{\partial u}{\partial r} D_{11} + \frac{u}{r} D_{12} - H_r \right)}{dr} + \frac{\frac{\partial u}{\partial r} D_{11} + \frac{u}{r} D_{12} - H_r - \frac{\partial u}{\partial r} D_{12} - \frac{u}{r} D_{22} - H_q}{r} = 0 \quad (11)$$

Продифференцировав уравнение (11) получим разрешающее дифференциальное уравнение второго порядка в перемещениях, записанное в форме «метода упругих решений»:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} D_{11} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} D_{11} - \frac{u}{r^2} D_{22} = \frac{\partial H_r}{\partial r} + \frac{H_r - H_q}{r} \quad (12)$$

При этом граничные условия (1) следует преобразовать к виду:

$$D_{11} \frac{\partial u}{\partial r} + D_{12} \frac{u}{r_1} - H_r = -P_1; \quad (13)$$

$$D_{11} \frac{\partial u}{\partial r} + D_{12} \frac{u}{r_2} - H_r = -P_2$$

Разрешающее уравнение (12) представлено в форме, где все нелинейные члены выделены в правую часть. Эта форма удобна для применения метода «упругих решений», который был разработан А.А. Ильюшиным для решения физически нелинейных задач механики деформируемого твердого тела.

Полученное разрешающее дифференциальное уравнение второго порядка в перемещениях неоднородно и достаточно сложно, поэтому для его решения следует прибегать к численным методам решения, из которых в данном случае наиболее просто реализуется метод конечных разностей. При этом разбиение стенки трубы проводилось с постоянным шагом Δr на $n-1$ участков, где n это количество точек разбиения стенки трубы.

Разностный аналог разрешающего дифференциального уравнения получаются путем замены производных перемещений аналогичными выражениями в конечных разностях.

Для аппроксимации первой и второй производной перемещений по радиусу трубы применяется центральная разность обычной точности (Δr^2) . Для того чтобы избежать введения законтурных неизвестных, в граничных точках применяются односторонние (левые и правые) четырех точечные разности порядка точности (Δr^2) .

Получаем полную систему алгебраических уравнений относительно неизвестных u :

$$\frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{\Delta r^2} \cdot D_{11} + \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2\Delta r} \cdot \frac{1}{r} \cdot D_{11} - \frac{u}{r^2} \cdot D_{22} = B \quad (14)$$

где

$$B = \frac{H_{r(i+1)} - H_{r(i-1)}}{2\Delta r} + \frac{H_{r(i)} - H_{q(i)}}{r}$$

При $r = R_1$

$$\frac{-1u_i + 1u_{i+1} - 9u_{i+2} + 2u_{i+3}}{6\Delta r} \cdot D_{11} + \frac{u}{r} \cdot D_{12} = -P_1 \quad (15)$$

При $r = R_2$

$$\frac{-2u_{i-3} + 9u_{i-2} - 18u_{i-1} + 11u_i}{6\Delta r} \cdot D_{11} + \frac{u}{r} \cdot D_{12} = -P_2$$

В уравнениях (14, 15) индекс i определяет номер узловой точки.

Таким образом, на каждом итерационном этапе метода «упругих решений», задача сводиться к решению системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Принципиальная блок-схема алгоритма, используемого при решении поставленной задачи, приведена на рис. 1

В ходе выполнения работы, была решена задача определения НДС толстостенной бесконечной круговой трубы изготовленной из графита АТJ-S [2]. Было решено две задачи: в первом случае труба испытывает только внутренне давление; во втором - только внешнее. Геометрические характеристики значение давления для всех задач принимались равными: внутренний радиус $R_1 = 1$ м, внешний радиус $R_2 = 2$ м, внутренне и внешнее давление $P_1 = P_2 = 100$ МПа.

На рисунках 2, 3 приведены некоторые наиболее характерные результаты расчета напряженно-деформированного состояния трубы описанной выше.

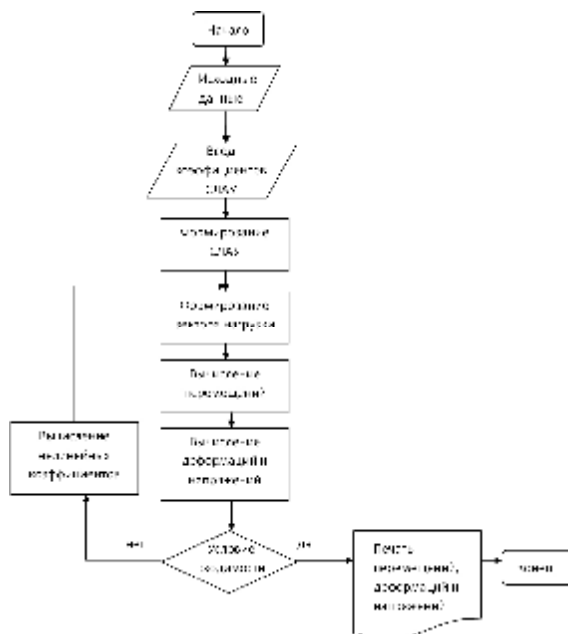


Рис. 1 Схема алгоритма расчета НДС трубы

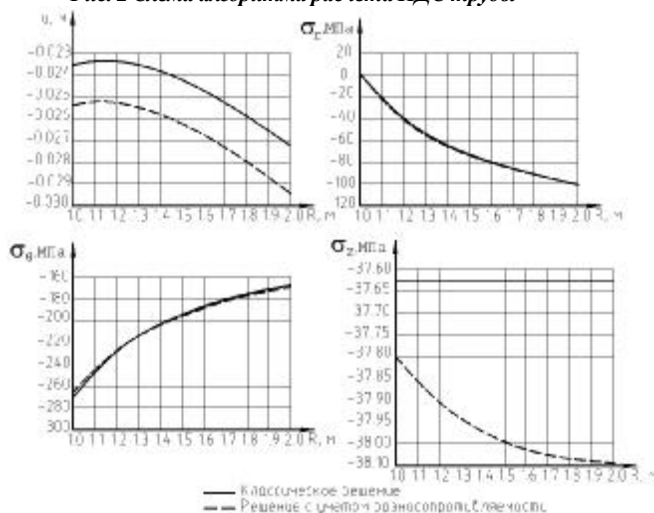


Рис. 2 Характеристики НДС трубы выполненной из графита ATJ-S находящейся под внешним давлением

Проанализировав результаты, полученные на рисунках (2, 3) можно сделать вывод, что учет влияния разносопротивляемости при расчете толсто-стенных труб значительно влияет на точность расчета некоторых параметров НДС. Расхождение в значении таких параметров как радиальные перемещения u и напряжения вдоль оси трубы σ_z могут достигать 10% - 20% в сравнении с классическим решением.

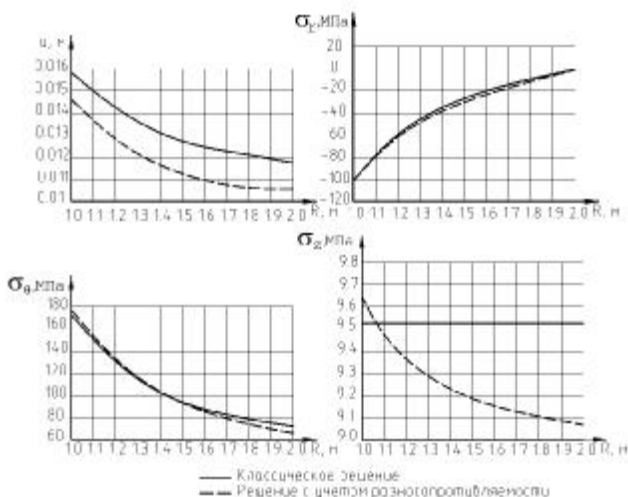


Рис. 3 Характеристики НДС трубы выполненной из графита АТJ-S находящейся под внутренним давлением

Библиографический список

1. Трецев А.А. Плоское деформированное состояние толсто-стенной трубы из ортотропного разносопротивляющегося материала / А.А. Трецев, А.Б. Муравлев // 5-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики: материалы конференции. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2009, Т2, – С. 110-112.
2. Трецев А.А. Теория деформирования и прочности материалов, чувствительных к виду напряженного состояния. Определяющие соотношения / А.А. Трецев. – М.; Тула: ТулГУ, 2008. –264 с.





ИЗГИБ КРУГЛЫХ ПЛАСТИН ИЗ ОРТОТРОПНОГО НЕЛИНЕЙНО-УПРУГОГО РАЗНОСОПРОТИВЛЯЮЩЕГОСЯ МАТЕРИАЛА

Ромашин Д.А., Трешев А.А.

Тульский Государственный Университет

В рамках работы построены новые определяющие соотношения для существенно-нелинейных материалов, т. е. построена математическая модель с нелинейной аппроксимацией деформаций от напряжений, описывающая механические характеристики материала наиболее приближенно к действительным. Полученные определяющие соотношения для графита АТJ-S могут быть использованы для расчета других конструкций с учетом физической нелинейности.

В строительстве и других отраслях промышленности в настоящее время получили широкое применение конструкционные материалы, механические свойства которых не соответствуют классическим представлениям об упругопластическом деформировании твердых тел.

Построение математической модели состояния конструкционных материалов, универсально работающей при любых условиях нагружения, представляет собой одно из важнейших направлений механики деформированного твердого тела. Требуется установить взаимно-однозначные соотношения между компонентами напряженного и деформированного состояния с указанием системы экспериментов, достаточных для определения констант, входящих в уравнения состояния и характеризующие механические свойства рассматриваемого материала.

Определяющие соотношения для нелинейно-упругих структурно ортотропных тел представим следующим образом [2,3]:

$$\begin{aligned}
 e_{11} = & [A_{1111}(e_i) + B_{1111}(e_i)a_{11}]s_{11} + [A_{1122}(e_i) + B_{1122}(e_i) \times \\
 & \times (a_{11} + a_{22})]s_{22} + [A_{1133}(e_i) + B_{1133}(e_i) \cdot (a_{11} + a_{33})]s_{33}; \\
 e_{22} = & [A_{1122}(e_i) + B_{1122}(e_i)(a_{11} + a_{22})]s_{11} + [A_{2222}(e_i) + \\
 & + B_{2222}(e_i)a_{22}]s_{22} + [A_{2233}(e_i) + B_{2233}(e_i) \cdot (a_{22} + a_{33})]s_{33}; \\
 e_{33} = & [A_{1133}(e_i) + B_{1133}(e_i)(a_{11} + a_{33})]s_{11} + [A_{2233}(e_i) + B_{2233}(e_i) \times \\
 & \times (a_{22} + a_{33})]s_{22} + [A_{3333}(e_i) + B_{3333}(e_i)a_{33}]s_{33};
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$e_{12} = (A_{1212}(e_i) + B_{1212}(e_i)\sqrt{2}a_{12})t_{12} = C_{1212}(e_i)t_{12};$$

$$e_{23} = (A_{2323}(e_i) + B_{2323}(e_i)\sqrt{2}a_{23})t_{23} = C_{2323}(e_i)t_{23};$$

$$e_{31} = (A_{3131}(e_i) + B_{3131}(e_i)\sqrt{2}a_{31})t_{31} = C_{3131}(e_i)t_{31},$$

где

$$a_{ij} = s_{ij} / S, S = \sqrt{s_{ij}s_{ij}},$$

$$e_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \times \sqrt{(e_1 - e_2)^2 + (e_2 - e_3)^2 + (e_3 - e_1)^2}.$$

Функции определяющих соотношений будем вычисляться по результатам простейших экспериментов. Принимая нелинейную зависимость, представим материальные функции в зависимости от отношения интенсивности напряжений к интенсивности деформаций. С помощью программы Microcal Origin 6.0 (Microcal Software Inc.) выводится зависимость для функций $1/[E_{ij}^+(\varepsilon_i)]$, $1/[E_{ij}^-(\varepsilon_i)]$ и $\nu_{ij}^+/[E_{ij}^+(\varepsilon_i)]$, $\nu_{ij}^-/[E_{ij}^-(\varepsilon_i)]$ для каждого эксперимента. И полученные выражения подставляются в формулы для определения функций определяющих соотношений.

Рассмотрим композит – графит АТJ-S.

Получая с помощью программы Microcal Origin 6.0 (Microcal Software Inc.) зависимости для $1/[E_{11}^+(e_i)]$, $1/[E_{11}^-(e_i)]$, $\nu_{12}^+/[E_{12}^+(e_i)]$, $\nu_{12}^-/[E_{12}^-(e_i)]$, $1/[E_{22}^+(e_i)]$ и $1/[E_{22}^-(e_i)]$, определяем функции $A_{1111}(e_i)$, $B_{1111}(e_i)$, $A_{1122}(e_i)$, $B_{1122}(e_i)$, $A_{2222}(e_i)$, $B_{2222}(e_i)$:

$$A_{1111}(e_i) = 0,5[2,16 \cdot 10^{-4} + 0,061 \cdot e_i - 6,04 \cdot e_i^2];$$

$$B_{1111}(e_i) = 0,5[-0,04 \cdot 10^{-4} - 0,001 \cdot e_i - 0,424 \cdot e_i^2];$$

$$A_{1122}(e_i) = 0,5[1,5 \cdot 10^{-5} + 0,012 \cdot e_i - 0,756 \cdot e_i^2];$$

$$B_{1122}(e_i) = 0,5[-0,7 \cdot 10^{-5} + 0,006 \cdot e_i - 1,168 \cdot e_i^2];$$

$$A_{2222}(e_i) = 0,5[2,01 \cdot 10^{-5} + 0,0086 \cdot e_i + 2,554 \cdot e_i^2];$$

$$B_{2222}(e_i) = 0,5[-0,19 \cdot 10^{-4} + 0,0054 \cdot e_i - 1,346 \cdot e_i^2].$$

Графическая зависимость напряжений от деформаций при нелинейной аппроксимации для осевых растяжения или сжатия вдоль главной оси анизотропии x_1 представлена на рис.1.

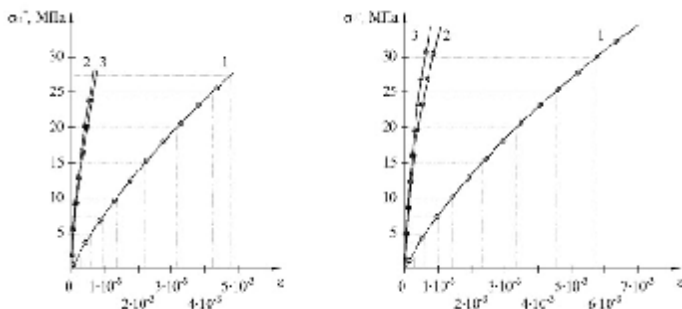


Рис.1. Кривые напряжение-деформация в направлении оси x_1 : а) растяжение; б) сжатие;
1 – продольная деформация ϵ_{11} ; 2, 3 – поперечная деформация ϵ_{22} и ϵ_{33} ; — — — экспериментальные данные, —□— - нелинейные аппроксимации

Графическая зависимость напряжений от деформаций при нелинейной аппроксимации для осевых растяжения или сжатия вдоль главной оси анизотропии x_2 представлена на рис. 2.:

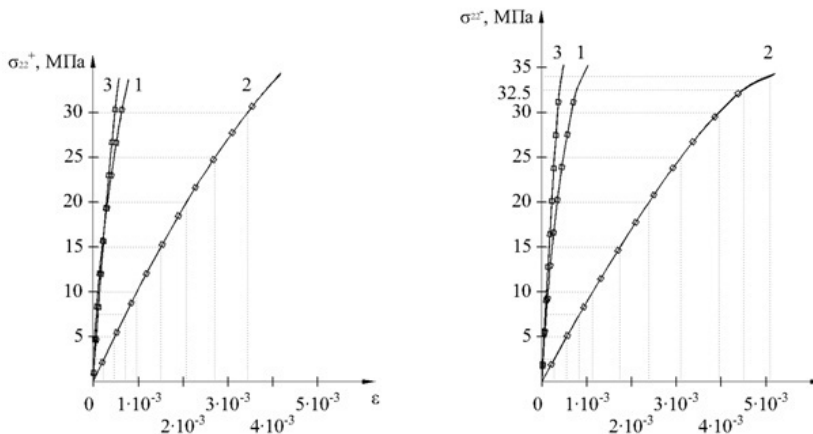


Рис. 2. Кривые напряжение-деформация в направлении оси x_2 : а) растяжение; б) сжатие;
2 – продольная деформация ϵ_{22} ; 1, 3 – поперечная деформация ϵ_{11} и ϵ_{33} ; — — — экспериментальные данные, —□— - нелинейные аппроксимации

Таким образом, деформации и напряжения достаточно точно связываются зависимостями:

$$\begin{aligned}
 e_{11} = & [0,5[2,16 \cdot 10^{-4} + 0,061 \cdot e_i - 6,04 \cdot e_i^2] + \\
 & + 0,5[-0,04 \cdot 10^{-4} - 0,001 \cdot e_i - 0,424 \cdot e_i^2]a_{11}]s_{11} + \\
 & + [0,5[1,5 \cdot 10^{-5} + 0,012 \cdot e_i - 0,756 \cdot e_i^2] + \\
 & + 0,5[-0,7 \cdot 10^{-5} + 0,006 \cdot e_i - 1,168 \cdot e_i^2] \cdot (a_{11} + a_{22})]s_{22}; \\
 e_{22} = & [0,5[1,5 \cdot 10^{-5} + 0,012 \cdot e_i - 0,756 \cdot e_i^2] + \\
 & + 0,5[-0,7 \cdot 10^{-5} + 0,006 \cdot e_i - 1,168 \cdot e_i^2](a_{11} + a_{22})]s_{11} + \\
 & + [0,5[2,01 \cdot 10^{-5} + 0,0086 \cdot e_i + 2,554 \cdot e_i^2] + \\
 & + 0,5[-0,19 \cdot 10^{-4} + 0,0054 \cdot e_i - 1,346 \cdot e_i^2]a_{22})]s_{22}.
 \end{aligned}$$

Исходя из проведенного исследования можно утверждать, что нелинейная аппроксимация кривых деформирования дает результаты, максимально приближенные к экспериментам. Поэтому очевидно, что предложенная модель ортотропных нелинейно-упругих разнсопротивляющихся материалов, наиболее предпочтительна в случае расчета конструкций, работающих при сложных напряженных состояниях.

Рассмотрим упругое равновесие тонкой круглой пластины толщиной h и радиусом R из ортотропного разнсопротивляющегося материала, под действием поперечной равномерно распределенной нагрузки q . Рассматриваемая пластина из ортотропного разнсопротивляющегося материала, обладает цилиндрической анизотропией. Ввиду осевой симметрии задачи для ее решения удобно воспользоваться цилиндрической системой координат r, θ, z , тогда функции, характеризующие напряженно-деформированное состояние пластины, будут зависеть только от радиальной координаты r .

При решении поставленной задачи введены традиционные для данного класса задач технические гипотезы Кирхгофа:

а) нормальное сечение к срединной поверхности до деформации остается перпендикулярной к изогнутой поверхности после деформации.

б) при определении параметров напряженного состояния влиянием нормальных напряжений s_z пренебрегаем ввиду их малости.

Принятые связи между напряжениями и деформациями (1) и условия симметрии задачи приводят к выводу о том, что тензор напряжений имеет только две ненулевые компоненты. Таким образом, рассматривается осесимметричное состояние пластины, причем главные оси цилиндрической системы координат совпадают с



главными осями анизотропии. В этой системе координат уравнения состояния для ортотропного материала примут вид:

$$\begin{aligned} e_r &= A_{11}s_r + A_{12}s_q, \\ e_q &= A_{12}s_r + A_{22}s_q, \end{aligned} \quad (2)$$

где A_{11} , A_{12} , A_{22} определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} A_{11} &= A_{1111} + B_{1111}a_{11}; \\ A_{12} &= A_{1122} + B_{1122}(a_{11} + a_{22}); \\ A_{22} &= A_{2222} + B_{2222}a_{22}. \end{aligned} \quad (3)$$

Отделяя в физических уравнениях (2) линейную от нелинейной части, получим

$$\begin{aligned} e_r &= A_{1111}^l s_r + A_{1122}^l s_q + T_r, \\ e_q &= A_{1122}^l s_r + A_{2222}^l s_q + T_q, \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$\begin{aligned} T_r &= (A_{1111}^{nl} + B_{1111}a_{11})s_r + (A_{1122}^{nl} + B_{1122}(a_{11} + a_{22}))s_q; \\ T_q &= (A_{1122}^{nl} + B_{1122}(a_{11} + a_{22}))s_r + (A_{2222}^{nl} + B_{2222}a_{22})s_q. \end{aligned} \quad (5)$$

Выражая уравнения (4) относительно напряжений получим

$$\begin{aligned} s_r &= D_{11}e_r + D_{12}e_q - R_r; \\ s_q &= D_{12}e_r + D_{22}e_q - R_q, \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} D_{11} &= \frac{A_{2222}^l}{A_{1111}^l A_{2222}^l - (A_{1122}^l)^2}; & D_{22} &= \frac{A_{1111}^l}{A_{1111}^l A_{2222}^l - (A_{1122}^l)^2}; \\ D_{12} &= -\frac{A_{1122}^l}{A_{1111}^l A_{2222}^l - (A_{1122}^l)^2}. \end{aligned} \quad (7)$$

Параметры R_r , R_q являются нелинейными членами уравнений и вычисляются по формуле:

$$\begin{aligned} R_r &= D_{11}T_r + D_{12}T_q; \\ R_q &= D_{12}T_r + D_{22}T_q. \end{aligned} \quad (8)$$

Выражения для деформаций с учетом принятых гипотез и осевой симметрии задачи имеет вид:

$$e_r = \frac{\partial u_r}{\partial r} - z \frac{\partial^2 w}{\partial r^2}, \quad e_q = \frac{u_r}{r} - \frac{z}{r} \frac{\partial w}{\partial r} \quad (9)$$

Подставляя зависимости (9) в уравнения (6), получаем:

$$\begin{aligned} s_r &= D_{11} \left(\frac{\partial u_r}{\partial r} - z \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} \right) + D_{12} \left(\frac{u_r}{r} - \frac{z}{r} \frac{\partial w}{\partial r} \right) - R_r; \\ s_q &= D_{12} \left(\frac{\partial u_r}{\partial r} - z \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} \right) + D_{22} \left(\frac{u_r}{r} - \frac{z}{r} \frac{\partial w}{\partial r} \right) - R_q. \end{aligned} \quad (10)$$

Принимая за основу те или иные физические соотношения, мы тем самым не вносим изменений в уравнения статико-геометрической природы. Таким образом, остаются справедливыми основные положения и зависимости классической теории упругости. Поэтому уравнения равновесия пластины запишем в виде:

$$\frac{\partial N_r}{\partial r} + \frac{N_r - N_q}{r} = 0; \quad \frac{\partial M_r}{\partial r} + \frac{M_r - M_q}{r} - Q_r = 0; \quad Q_r = -\frac{qr}{2}, \quad (11)$$

или

$$\frac{\partial N_r}{\partial r} + \frac{N_r - N_q}{r} = 0; \quad \frac{\partial M_r}{\partial r} + \frac{M_r - M_q}{r} = -\frac{qr}{2}.$$

Поскольку переход от напряжений к интегральным характеристикам не зависит от физической природы материала, эти характеристики определим традиционным способом:

$$\begin{aligned} N_r &= \int_{-h/2}^{h/2} s_r dz; & N_q &= \int_{-h/2}^{h/2} s_q dz; \\ M_r &= \int_{-h/2}^{h/2} s_r z dz; & M_q &= \int_{-h/2}^{h/2} s_q z dz. \end{aligned} \quad (12)$$

Подставляя в формулы (12) выражения для напряжений (11), получим:



$$\begin{aligned}
N_r &= K_{11} \frac{\partial u_r}{\partial r} + K_{12} \frac{u_r}{r} - I_r; \\
N_q &= K_{12} \frac{\partial u_r}{\partial r} + K_{22} \frac{u_r}{r} - I_q; \\
M_r &= -P_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} - P_{12} \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} - J_r; \\
M_q &= -P_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} - P_{22} \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} - J_q,
\end{aligned} \tag{13}$$

где

$$\begin{aligned}
I_r &= \int_{-h/2}^{h/2} R_r dz; I_q = \int_{-h/2}^{h/2} R_q dz; J_r = \int_{-h/2}^{h/2} R_r z dz; J_q = \int_{-h/2}^{h/2} R_q z dz; \\
K_{ij} &= h D_{ij}; \quad P_{ij} = \frac{h^3}{12} D_{ij}; \quad (i, j = 1, 2)
\end{aligned} \tag{14}$$

Подставляя полученные соотношения в уравнения равновесия (11), приходим к системе разрешающих дифференциальных уравнений осесимметричного изгиба пластин, обладающих цилиндрической ортотропией, нелинейно чувствительной к виду напряженного состояния:

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} - \frac{K_{22}}{K_{11}} \frac{1}{r^2} u_r = \frac{1}{K_{11}} \frac{\partial I_r}{\partial r} + \frac{1}{K_{11}} \frac{I_r - I_q}{r}; \\
&-\frac{\partial^3 w}{\partial r^3} - \frac{1}{r} \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{(P_{22} - P_{12})}{P_{11}} \frac{1}{r^2} \frac{\partial w}{\partial r} = \frac{1}{P_{11}} \frac{\partial J_r}{\partial r} + \frac{J_r - J_q}{r P_{11}} - \frac{q r}{2}.
\end{aligned} \tag{15}$$

Для полноты системы разрешающих уравнений необходимо задать условия в центре пластины ($r = 0$)

$$u_r = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial r} = 0 \tag{16}$$

и на контуре ($r = R$) при жесткой заделке:

$$u_r = 0, \quad w = 0. \tag{17}$$

Таким образом, сформулирована замкнутая система дифференциальных уравнений в перемещениях относительно срединной плоскости, описывающая исследуемую задачу.

Разрешающие уравнения задачи представлены таким образом, что все нелинейные члены выделены в правые части. Задача решается методом последовательных приближений в форме «упругих решений» А.А. Ильюшина. Для решения дифференциальных уравнений, ввиду сложности выражений для нелинейных членов, использовалась конечно-разностная аппроксимация, которая в данном случае наиболее просто реализуется.

Радиус пластины с помощью N точек разбивается при этом на $N-1$ отрезков, имеющих одинаковую длину.

Разностные аналоги разрешающих уравнений получим путем замены входящих в них производных конечными разностями по пятиточечным шаблонам.

Закрепление по контуру принималось в виде жесткой заделки. Рассматривалось напряженно-деформированное состояние при действии 25% предельной равномерно-распределенной поперечной нагрузки.

Графические зависимости, иллюстрирующие распределение главных напряжений в срединной плоскости, прогиб пластины и радиальное смещение при $q = 0,09$ МПа, представлены на рис. 3–6;

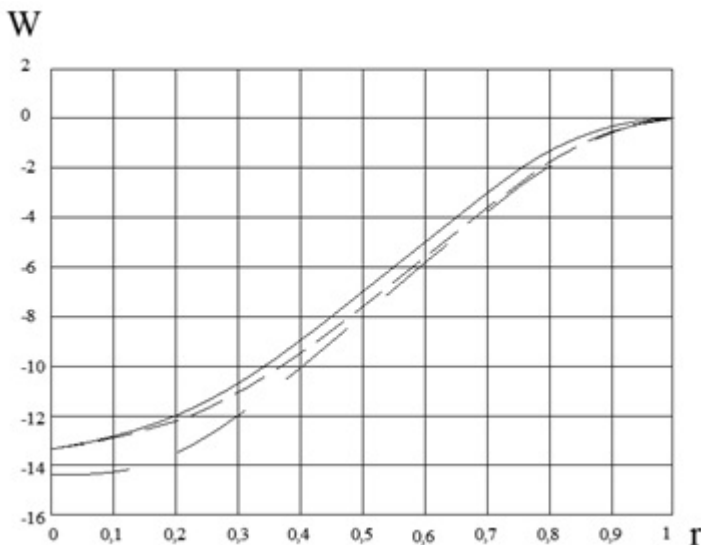


Рис. 3. Прогиб w , m^4 при $q = 0,09$ МПа.

— - Классический — - Разн./сопр. Линейный
— — - Разн./сопр. нелинейный



и

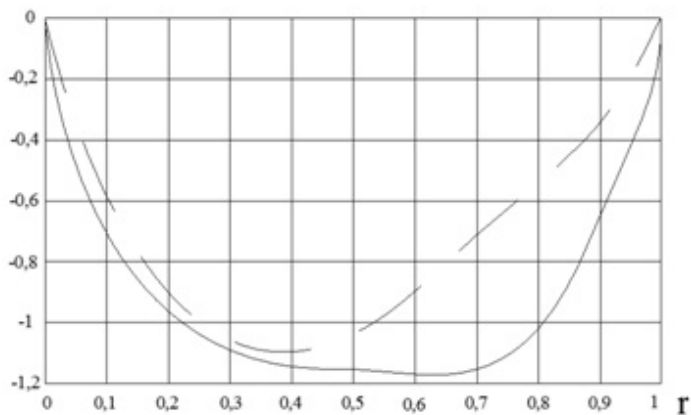


Рис. 4. Радиальное перемещение u , m^{-5} при $q = 0,09$ МПа.

— - Разн./сопр. линейный
— — - Разн./сопр. нелинейный

σ_r

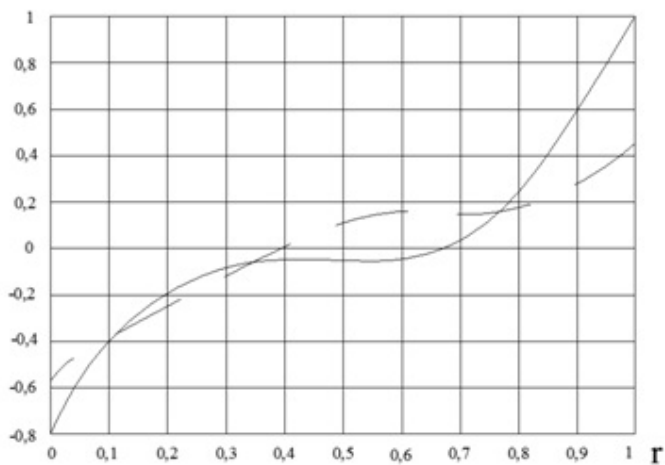


Рис. 5. Радиальное напряжение σ_r , МПа при $q = 0,09$ МПа.

— - Разн./сопр. Линейный — — - Разн./сопр. нелинейный

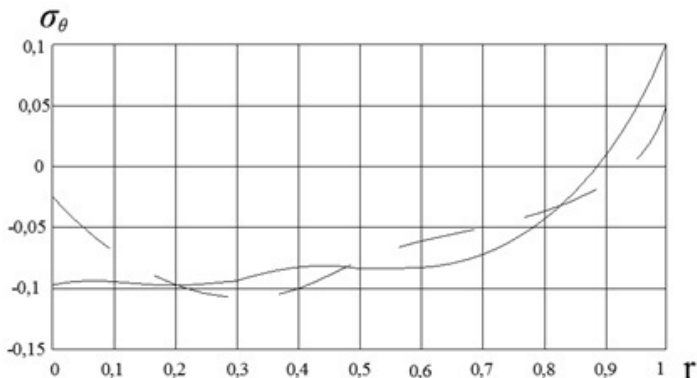


Рис. 6. Тангенциальное напряжение S_q , МПа при $q = 0,09$ МПа.

— - Разн./сопр. Линейный — - Разн./сопр. Нелинейный

В результате исследования подтверждено, что учет нелинейности деформирования материала пластины приводит к изменению напряженно-деформированного состояния, достигающее для радиальных напряжений в сжатых зонах 22,2%, в растянутых зонах 48,4%, для прогибов 8,2%, для радиальных смещений 28%.

Анализируя приведенные графические зависимости, следует отметить, что учет нелинейности приводит к весьма существенной разнице в результатах. Следует отметить, что использование приведенной методики даст возможность снизить расход материалов, но при использовании других материалов может предотвратить разрушение строительной конструкции.

Библиографический список

1. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин: прочность, устойчивость, колебания / С.А. Амбарцумян // М.: Наука, 1967. 266 с.
2. Трещев А.А. Теория деформирования и прочности материалов, чувствительных к виду напряженного состояния. Определяющие соотношения / А.А. Трещев // Москва – Тула: РААСН – ТулГУ. 2008. – 264с.
3. Трещев А.А. Анизотропные пластины и оболочки из разнородных материалов / А.А. Трещев // Москва – Тула: РААСН – ТулГУ. 2007. – 160с.





ГЕОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА ТРУДА

УДК 614.8.084

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Гендлер С.Г., Домпальм Е.И.

*Санкт-Петербургский государственный горный институт
(технический университет) имени Г.В. Плеханова, Россия*

Котомина А.Ю., Могильный М.В., Введенский Р.В.

ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс», Россия

Building of underground transport constructions is accompanied by considerable influences on environment components. Technological processes of the basic stage of building render negative physical, chemical and hydrological influence on natural system. The analysis of results of geoecological monitoring has allowed to define features of influence of transport tunnels on environment in the course of their building.

Экологический мониторинг является составной частью горно-экологического мониторинга, необходимость и регламент которого определены «Временным положением о горно-экологическом мониторинге», согласованным в 1996 году Первым заместителем Министерством топлива и энергетики, заместителем Роскомзема и Заместителем председателя Роскомметаллургии.

В исполнении этого «Временного положения...» лабораторией геоэкологии и аэрологии ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» в 2007-2008 гг. осуществлялся экологический мониторинг при строительстве Большого Новороссийского, Малого Новороссийского и Навагинского тоннелей.

В процессе проведения мониторинга в контрольных точках, расположенных на выходе из порталов тоннелей, непосредственно в тоннеле, на границах строительных площадок, в селитебных зонах, а при необходимости в створах, прилегающих к строительным площадкам рек, проводились измерения:

- показателей кислотности (рН) и биохимического потребления кислорода (БПК₅), концентрации взвешенных веществ, тяжелых металлов (меди, ртути, железа, свинца, цинка, кадмия), нефтепродуктов в воде, дренирующей из горного массива, сточных водах, удаляемых из тоннеля, штольни и предпортальной строительной площадки;

- содержаний тяжелых металлов (меди, ртути, железа, свинца, цинка, кадмия, мышьяка, марганца, никеля), а также фенолов в породах, извлекаемых в процессе проходки выработок;

- содержаний загрязняющих веществ (взвешенные частицы, диоксида азота, оксида углерода, диоксида серы) в атмосферном воздухе и воздушной среде сооружаемых выработок.

Анализ результатов мониторинга, осуществленный с учетом особенностей технологии сооружения тоннелей, позволил установить основные производственные процессы, оказывающие влияние на различные компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, горный массив, почвы и т.п. К ним относятся: бурение шпуров и скважин, взрывные работы, погрузка и транспортировка породы, работа машин и механизмов с ДВС, сварочные работы, химическое закрепление пород, функционирование котельных, складирование извлекаемых пород в отвалы, дренаж шахтной воды, водоотлив и др.

На основании данных мониторинга выявлен характер воздействия транспортных тоннелей на окружающую среду в процессе их строительства и обоснованы периодичность и топология размещения точек наблюдений.

Установлено, что степень негативного воздействия строительства на различные элементы биосферы зависит от применяемой технологии проходки тоннелей. Например, при использовании комбайнов и проходке с помощью тоннелепроходческих комплексов (ТПК) характер негативного воздействия на окружающую среду связан, в основном, с погрузочно-доставочными операциями, вызывающими загрязнение тоннельного воздуха, продуктами работы двигателей внутреннего сгорания.

В случае комбайновой проходки также происходит образование при разрушении горных пород аэрозолей фиброгенного действия (пыли).



Применение буровзрывной технологии приводит к сейсмическому воздействию на горный массив, окружающий выработки, что может спровоцировать развитие природных явлений (оползни, обвалы и т.п.) или негативно сказаться на состоянии ихтиофауны; происходит выделение в окружающую среду продуктов химических реакций, протекающих при разложении взрывчатых веществ, не исключен неуправляемый разлет кусков взрываеваемой породы (особенно при врезке тоннеля или спрямления дороги перед порталом).

Другой особенностью работ по сооружению транспортных тоннелей является неравномерный характер экологической нагрузки на окружающую среду. Максимальная в начальный период при врезке тоннелей и укрепления предпортальных частей (создание стены в грунте и т.п.) экологическая нагрузка снижается до минимума на первом этапе сооружения тоннеля, а затем по мере увеличения протяженности выработок она увеличивается. После завершения основного этапа строительства, во время обустройства тоннелей экологическая нагрузка на ОС снова снижается. Описанный характер динамики экологической нагрузки после врезки тоннеля связан с повышением по мере увеличения длины выработок концентрации находящегося в выработках погрузочно-доставочного оборудования. Это приводит к необходимости повышения количества подаваемого для проветривания воздуха, а также к росту утечек дизельного топлива при эксплуатации машин и механизмов.

Кроме того, на конечные концентрации вредных веществ в воздухе и сточных водах оказывают существенное влияние различные технологические процессы, имеющие место в горных выработках, и их интенсивность. Реализация того или иного технологического процесса в соответствии с графиком работ приводит к значительному разбросу в значениях измеряемых параметров, что усложняет их изучение.

Вышеуказанные закономерности проиллюстрируем на примере сооружения Навагинского ж.д. тоннеля протяженностью 1133,91 м. Проходка тоннеля осуществлялась в период 2006-2009 г. Вблизи Южного портала тоннеля протекает река Пишиш (рис. 1,2,3,4, табл. 1,2).

Говоря о специфике оценки воздействия строящихся тоннелей на ОС, следует также отметить и значительное различие между нормативными значениями предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для воздуха рабочей зоны и максимальных разовых концентраций (ПДК_{мр}), используемых при анализе влияния на ОС. Разница между этими величинами может отличаться на порядок. Например, для диоксида азота ПДК для рабочей зоны составляет 2 мг/м³. В то же время максимальное разовое значение концентрации диоксида азота

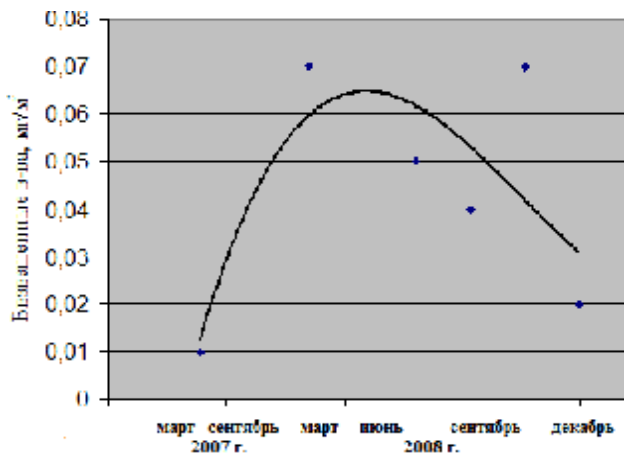


Рис.1 Изменение концентрации взвешенных веществ на границе строительной площадки в период проходки Навагинского тоннеля (среднеквадратическое отклонение 0,6)

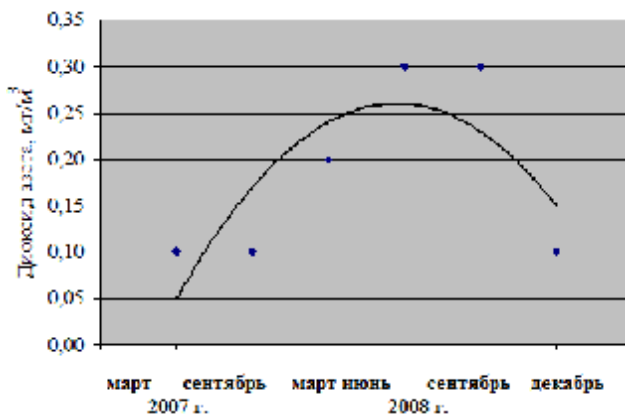


Рис.2 Изменение концентрации диоксида азота на границе строительной площадки в период проходки Навагинского тоннеля (среднеквадратическое отклонение 0,6)

равно 0,2 мг/м³. Разница между этими нормативными значениями становится еще больше в воздухе населённых пунктов с населением более 200 тыс. чел. и в курортных зонах, где с учётом рассеивания концентрации вредных веществ не должны превышать 80% от ПДК_{мр}. Результат несо-



ответствия ПДК и ПДК_{мр} может привести к увеличению санитарной зоны, размеры которой превысят размеры рабочей площадки перед порталом тоннеля. Это, в свою очередь, должно учитываться при выборе компенсационных мероприятий и оценки их стоимости.

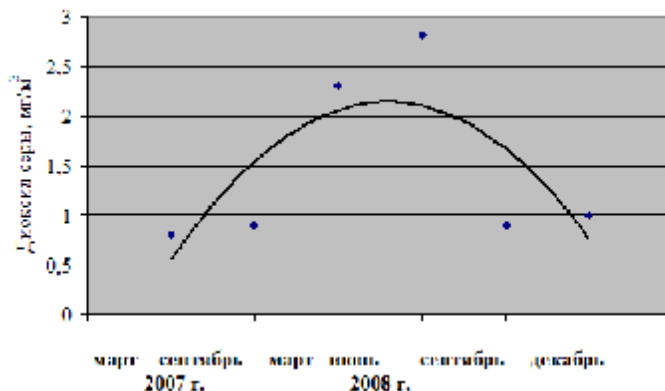


Рис.3 Изменение концентрации диоксида серы на границе строительной площадки в период проходки Навагинского тоннеля (среднеквадратическое отклонение 0,6)

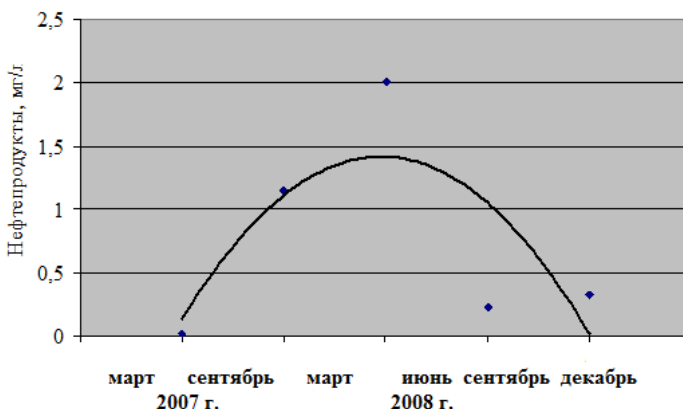


Рис.4 Изменение содержания нефтепродуктов на границе строительной площадки в период проходки Навагинского тоннеля (среднеквадратическое отклонение 0,6)

Из анализа графиков на рис. 1- 4 следует, что максимальные концентрации загрязняющих веществ в воздухе и сточных водах достигаются в конце проходки тоннеля. Вместе с тем, замеренные концентрации не превышают предельно-допустимых значений.

Таблица 1

Содержание тяжёлых металлов в сточных водах

Концентрация вещества, мкг/л	март 2007 г.	сентябрь 2007 г.	сентябрь 2008 г.
Ртуть	0,150	0,011	0,056
Железо	1,7	14,7	7,2
Медь	0,25	3,1	13,9
Цинк	5,2	10,1	25,4
Кадмий	1,37	0,12	0,27
Свинец	4,6	4,7	13,0

Таблица 2

**Содержание загрязняющих веществ водах реки Пишиш
(Южный портал тоннеля)**

Вещества	сентябрь 2007г.	март 2008	июнь 2008	сентябрь 2008 г.	декабрь 2008 г.	ПДК для хоз.-быт. целей
рН, ед. рН	7,01	7,40	6,91	7,60	9,11	6 – 9
Взвешенные вещества мг/л	18,6	49,9	9,0	46,8	128,3	-
Ртуть Hg мкг/л	0,046	0,022	0,034	0,065	0,040	0,5
Железо Fe мг/л	3,9	2,4	0,7	1,6	1,6	0,3
Медь Cu мкг/л	0,6	3,1	4,2	0,6	2,2	1000
Цинк Zn мкг/л	11,6	5,8	0,9	6,1	4,5	1000
Кадмий Cd мкг/л	0,11	0,15	0,66	0,23	0,21	1
Свинец Pb мкг/л	3,2	1,2	3,2	1,8	2,0	10
Нефтепродукты мг/л	0,004	0,019	0,005	0,049	0,027	0,3

Закономерности, аналогичные выше сформулированным, характеризуют и содержание тяжелых металлов в сточных водах. Вместе с тем, по некоторым тяжелым металлам (железо, кадмий, свинец) их концентрации в сточных водах превышают предельно-допустимые.



Однако уже в створе реки Пшиш содержания загрязняющих веществ находятся в пределах нормы.

В связи с тем, что при сооружении транспортных тоннелей на со-
вмещенной дороге «Красная Поляна – горноклиматический курорт Аль-
пико-Сервис» будет достаточно широко применяться буровзрывная тех-
нология, то необходимо дать оценку её сейсмического воздействия на
компоненты ОС, в том числе на горный массив и ихтиофауну реки
Мзымта, которая относится к водоемам высшей категории рыбохозяйст-
венного значения. Для выполнения этой оценки используем результаты
исследований сейсмического действия взрывных работ при осуществле-
нии врезки Краснополянского автодорожного тоннеля со стороны Юж-
ного портала. Эпицентр взрыва располагался на правом берегу реки
Мзымта на расстоянии 141 м от уреза воды и на высоте 68 м выше уровня
воды. Регистрация колебаний производилась в трех точках по двух ком-
понентной схеме: 1-я точка – на почве тоннеля в 10 м от забоя; 2-я точка
на опоре электропередачи в 30 м от взрыва; 3-я точка у уреза воды. Воз-
действие взрыва оценивалось по скорости смещения в точках регистра-
ции и по давлению ударно воздушной волны (УВВ). Для проведения
взрывных работ при врезке Краснополянского тоннеля разработаны
специальные паспорта БВР, гарантирующие сейсмические колебания и
УВВ на уровнях, не превосходящих сейсмическое воздействие от постоян-
но действующих техногенных (движение большегрузных автомоби-
лей) или природных (молния, гроза и т.п.) факторов. Проведенный
взрыв в районе врезки со стороны Южного портала показал, что его
влияние на ихтиофауну реки Мзымта по ударному и сейсмическому
воздействию не существенно (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика сейсмического воздействия взрыва

Показатели	Фоновые измерения			Прохождение транспорта			Во время взрыва		
	т.1	т. 2	т. 3	т.1	т. 2	т. 3	т.1	т. 2	т. 3
УВВ, Па	-	50	70	-	55	70	-	320	70
Скорость смещения по верти- кал. комп., см/с	0,0007	0,0029	0,0007	-	0,13	0,05	13	1,2*	0,08
Скорость смещения по гори- зонт. комп., см/с	0,0007	0,0029	0,0007	-	0,08	0,06	14,4	1,35*	0,09
*) допустимая скорость смещения составляет 20 см/с									

Таким образом, применение специальных мероприятий при врезке тоннелей и проходки первых десятков метров обеспечивает необходимый уровень экологической и сейсмической безопасности. Этот вывод подкреплен соответствующим заключением Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и Кубанским бассейновым управлением по охране, воспроизводству рыбных запасов и регулированию рыболовства.

Вместе с тем, проведение наблюдений за сейсмическим воздействием БВР на компоненты ОС при проходке тоннеле должно являться одной из задач горно-экологического мониторинга.

Формирование при сооружении транспортных выработок воздействующих на окружающую среду факторов происходит непосредственно в самих выработках. Тоннельный воздух, дренажная и сточная воды являются лишь транзитными средами, которые транспортируют аккумулярованные в них загрязняющие вещества в ОС. В этой связи регламент экологического мониторинга должен включать комплекс измерений, осуществляемых непосредственно в тоннельных выработках. При отсутствии такой информации могут возникнуть сложности с решением обратной задачи, связанной с определением путей снижения негативного воздействия строящихся тоннелей на окружающую среду.

В 2009 году ОАО «Ленетрогипротранс» начаты работы по горно-экологическому мониторингу на строящихся транспортных тоннелях на совмещенной дороге «Красная Поляна – горноклиматический курорт Альпико-Сервис». Первые результаты исследований свидетельствуют о том, что уровни воздействия технологических процессов на компоненты ОС находятся в пределах нормативных значений.

Однако следует обратить внимание на высокий фоновый уровень содержания ряда тяжелых металлов в извлекаемых породах. В частности, содержание свинца превосходит нормативный уровень 29 мг/кг на 3 мг/кг, содержание ртути - нормативный уровень 0,013 мг/кг более, чем в сто пятьдесят раз, нормативное содержание мышьяка более, чем в 20 раз. При складировании извлекаемых пород могут образовываться ореолы геохимического загрязнения, негативно влияющие на все компоненты биосферы. В этой связи, систему экологического мониторинга следует дополнить периодическими измерениями содержания тяжелых металлов вблизи отвалов извлекаемых из тоннелей горных пород.

При эксплуатации транспортных тоннелей уровень негативного воздействия на ОС значительно снижается. Для автодорожных тоннелей это воздействие сводится к выбросам в атмосферу воздуха, содержащим продукты работы двигателей внутреннего сгорания, и дренаж-



ные и сточные воды, которые могут содержать нефтепродукты. Для железнодорожных тоннелей, если они не используют дизельную тягу, воздействующие факторы, в основном, определяются номенклатурой транспортируемых грузов, и продуктами жизнедеятельности пассажиров и обслуживающего персонала.

Для снижения негативного воздействия выбросов загрязняющих веществ при эксплуатации автодорожных тоннелей обычно применяются или системы очистки тоннельного воздуха перед выбросом его в атмосферу или схемы вентиляции тоннелей, обеспечивающие при выбросе загрязненного воздуха необходимый уровень рассеивания в наружном воздухе загрязняющих веществ.

Описанные особенности проведения экологического мониторинга обобщены в «Методическом руководстве по комплексному горно-экологическому мониторингу при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей», согласованного Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ и утвержденного тоннельной ассоциацией России.



УДК 316.4.051.2

ОСНОВАНИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ: ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГАРМОНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РИТМА

Волков А.В.

Тульский государственный университет, Россия

As subject of consideration of the publication act: effects of interaction of a field with natural systems; features of the description of wave fields polyharmonious models; interpretations of parametres of model of a rhythm; analogies in the organisation of material and wave fields.

Предметом рассмотрения публикации выступают: эффекты взаимодействия поля с природными системами; особенности описания волновых полей полигармоническими моделями; интерпретации параметров модели ритма; аналогии в организации вещественных и волновых полей.

Математические абстракции, описывающие регулярную волну – колебание $[A \cdot \cos(\omega t + \varphi)]$, устроены таким образом, что производная

функции подобна исходному образу, но смещена по оси аргумента. Согласно представлениям Демокрита и Аристотеля, производная (v , a , v_a и т.д.) – это атом вещи, несущий информацию о её сути. Тогда, в определенном смысле, суть вещи изоморфна самой вещи, однако, всегда требуется усилие по извлечению дополнительной информации. Последний тезис закреплён положением «форма – содержательна, содержание – оформлено». Переход к уровню «атомов» полезен в том отношении, что позволяет выделять и анализировать детальные характеристики, которые, безусловно, присутствуют в самой вещи, но не проявлены, не очевидны.

Согласно позиции Аристотеля, «причина в смысле прекрасного» порождает различные виды движений – процессы изменения систем неживой, живой и социальной природы. Ритмы, которые детектируются в этих процессах, есть *везде* (могут быть выделены при изучении поведения систем различной природы) и есть *всегда* (за время развития линии антропоидов – около 2 млн лет – структура ритмов, вероятно, не претерпела принципиальных изменений). Набор ритмов, характеризующих развитие, видится нам дискретным и конечномерным. Весь этот набор представлен и в исходном процессе, и в трансформанте этого процесса – ряде величин скорости, и в следующей трансформанте – ряде величин ускорения и так далее. Но, переходя к производным – «атомам», изучению подлежит всё более «тонкая» структура исходной вещи или процесса (тонкая – не в том отношении, что в самой вещи её нет, а в том, что эта структура не явлена человеку: она осознаваема, но не воспринимаема; согласно Аристотелю, процессы порождают вовлеченные в изменения вещи). При $X^{(n)}$, где $n \rightarrow \infty$, X – параметр изучаемого процесса, происходит приближение к истинному Знанию об объекте исследований. Теоретически такой подход возможен, но практически не реализуется, поскольку с увеличением n – порядка производной (степени расщепления вещи) – все сложнее находить основания и обосновывать критерии, позволяющие выделять «множество корректности» из более широкого множества теоретически допустимых решений. Для определения «единственно верного решения» требуется, видимо, система оснований и критериев бесконечной размерности... (Рассуждая на гипотетическом уровне о том, что набор ритмов сохраняется и для первообраза, и для его трансформант, мы допускаем, что *качественно* интерпретировать результаты детектирования ритмов уже в ряде ускорения будет весьма и весьма затруднительно. Другими словами, глубокая детализация структуры вещи или процесса ограничивает возможности качественной интерпретации получаемых результатов.) Эмпирически установлено, что физически значимую информацию



можно извлечь лишь из рядов первой и второй производных, то есть рядов скорости и ускорения. Именно эти трансформанты и следует подвергать качественной интерпретации как некоторые содержания, определяющие суть вещи или процесса.

Таким образом, знание о вещи или процессе открывается в *результате смещения* исходного представления об объекте исследований. Иначе говоря, «правильный» порядок, «правильная» последовательность изучения вещи (объект фиксируем, точку наблюдения меняем; при фиксации точки наблюдения речь следует вести о поворотах самой вещи) позволяет открыть для исследователя её суть. Обращает на себя внимание, что подобное познание совершенно не сводится к «*изначальной* способности создавать», введенной Ж. Пиаже в теории логического мышления. Речь идет именно о «правильной» последовательности «поворотов» (повторим: либо точки зрения, либо самой вещи). Древнейшим графическим образом правильной последовательности поворотов, ведущих к истине, считается лабиринт: среди множества практически возможных поворотов лишь единственная их комбинация позволяет достичь центра (рис. 1).

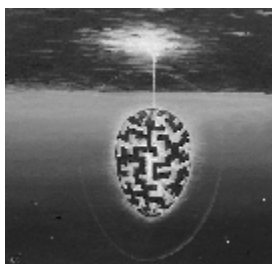


Рис. 1. Лабиринт как образ познания: замысел и реализация (рисунок Татьяны Лой. Лабиринт. Рождение, 2008)

Процесс познания интегрирует две компоненты: движение (энергию) и правильный порядок следования (коды). Очевидно, что свертка кодов и энергии является информацией в расширенном понимании этого термина.

Следовательно, любые числовые последовательности, заявленные на роль закономерностей, могут быть интерпретированы как *версии* авторов, коллективов или философских школ о коде «поворачивания» вещи, о правильном порядке её познания, о траектории движения по лабиринту познания к его центру. Примером, в том числе графическим, выступает следующая последовательность чисел: 1, 1, 2, 3, 5, 8...

Однако, помимо указания алгоритма познания, должно быть задано и «фазовое пространство» познания, то есть система координат, в которой реализуется именно эта последовательность действий, именно этот код. Так, приведенный ряд Фибоначчи (Леонарда Пизанского) в 2D-пространстве (D – от англ. *dimension* – измерение) может породить спирали, однако, уже в этом случае необходимы дополнительные указания о правильном порядке движения (рис. 2).

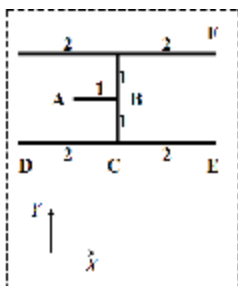


Рис. 2. Альтернативы ряда Фибоначчи в 2D-пространстве:
последовательность A – B – C – D дает правую спираль, но возможны и другие комбинации при сохранении структуры ряда

Алгоритмы и результаты движения к истине, проникновения в суть вещи окажутся иными в 3D, 4D, ..., nD фазовых пространствах, а также при повороте не на 90 градусов, а на некоторый иной угол.

В этой связи возникает вопрос о размерности фазового пространства траектории исторического развития природных систем. Очевидно, что в наших условиях размерность этого пространства превышает одномерный (числовая ось) и двумерный (плоскость) случаи. Тогда при анализе 4D-пространства (три пространственных координаты и время) элементарная составляющая процесса развития системы – по сути, «атом» процесса – ритм может различным образом вмещаться в это пространство, различным образом его заполнять. При переходе к полигармоническим приближениям природных процессов тот же вывод следует распространить на набор ритмов. Повторим: в 4D-пространстве совокупность ритмов различным образом заполняет предоставленное им Природой пространство возможностей.

Тогда в стандартную модель математического описания гармоник $A \cdot \cos(\omega t + \varphi)$ следует ввести четвертый параметр, отвечающий за текущее положение гармоник в 4D-пространстве. Этот параметр «поворота», похоже, уже имеет название, а именно – *поляризация*. Таким образом, допускаемое нами «исчезновение» данного ритма из ампли-



тудного или энергетического спектра изучаемого процесса (ситуация $A^2/2 \leq E_{\text{критич.}} + \text{погрешность}$) есть не его сущностное исчезновение (исчезновение определенного качества или механизма развития системы), а отражение изменения поляризации ритма по отношению к *данному конкретному* наблюдателю. Действительно, вспоминая изложенный А. И. Перельманом закон Кларка – Вернадского о всеобщем характере рассеяния элементов (вещественных атомов), отсутствие какого-либо элемента в химическом спектре следует интерпретировать как его нахождение в количествах, малых по сравнению с точностью метода, однако, «все элементы есть везде»... Важно подчеркнуть, что в рамках формулируемой гипотезы восприятие того же ритма *другим* наблюдателем и оценка его парциального вклада в общую причинность развития могут быть совершенно иными.

В физических теориях допускается, что волну поляризует вещество, среда, но не любая среда, а структурированная среда, точнее, – анизотропная среда; её примером служит кристаллическое вещество. В результате взаимодействия поля с анизотропной средой последняя передает полную информацию о своих свойствах, модулируя волны. Информацию о свойствах вещественной системы несут параметры модулированных волн, например, начальные фазы гармоник φ . Необходимо допустить вероятность и так называемого «скин-эффекта». Речь идет о том, что низкочастотный пакет волнового поля проходит среду без существенного ослабления (во внимание принимаются механизмы отражения, поглощения и рассеивания), а высокочастотный пакет заметно ослабляется, что выражается снижением численных значений амплитуд гармоник A и, как уже отмечалось, возможным изменением величин φ . Обладающие значительной энергией низкочастотные гармоники волнового поля мы связываем с механизмами непрерывности изучаемого процесса, механизмами памяти и наследственности. Высокочастотные гармоники, обычно обладающие меньшей энергией (вне кризисных фаз), отождествляются с изменениями диагностических характеристик процесса, в т.ч. связанных с жизнедеятельностью социальных агрегаций в координатах «здесь и сейчас». Поэтому небольшие по объему и простые по организации системы (щепки) возмущаются высокочастотными волнами, вовлекаясь в колебания с непродолжительными по длительности циклами. Например, характерными для спекулятивной экономики ритмами признаются 3-4-, 6-7-, 10-12-летние ритмы и ряд других, а «кондратьевский» цикл считается уже большим; по сути, он имеет косвенное отношение к данному институту. Большие и сложно организованные системы, подобно системам с элементами демпфирования, откликаются лишь на мощные низкочастотные соци-

альные или иные возмущения. Таковыми в наших построениях признаются фундаментальная наука, философия, религия, общая картина мира. Экзогенное по происхождению изменение структуры государственной системы в пользу расширения спектра простых институтов за счет ресурсов разрушаемых крупных и сложных институтов является четким отражением реализации стратегии внешнего управления государством. Какова бы ни была подготовка субъектов управления, в качестве инструмента управления им доступны лишь высокочастотные воздействия. А для достижения эффекта комплиментарными к этому инструменту должны быть и объекты преобразования. Следовательно, борьба с социальными деформациями любой природы состоит в сохранении и воспроизводстве наиболее сложных компонентов государственной структуры, выполняющих роль своеобразных «пространственных фильтров», демпферов, эффективно подавляющих высокочастотные возмущения, генерируемые извне или изнутри системы. Простые компоненты, реагирующие на высокочастотные возмущения, также необходимы, но играть они должны подчиненную роль. С учетом закона биологического оптимума, оптимальная – с точки зрения сочетания механизмов наследственности и изменчивости «живой» системы – степень сложности низкочастотных компонентов и структура иерархии компонентов являются предметом специальных исследований.

Представляется, что допустима аналогия между положением гармоник в фазовом пространстве и положением материальной частицы в облаке вокруг атомного ядра. Основное содержание аналогии выражается так: атом вещи тождественен ритму как атому времени. Необходимо также учитывать и принцип неопределенности, согласно которому для каждой частицы, находящейся в пределах облака, могут быть определены либо координаты, либо кинетическая (от греч. *kinetikos* – приводящий в движение) характеристика, но не обе характеристики одновременно (не обе характеристики с одинаково высокой точностью). В приложении к анализу волнового поля неопределенность формулируется следующим образом: для каждого ритма путем изменения точки наблюдения в фиксированный (бесконечно малый) момент времени может быть определена либо характеристика «поляризации» (поворота), либо для одной единственной точки наблюдения может быть определена энергия ритма ($A^2/2$) в данный момент времени, но не обе характеристики одновременно (рис. 3).

К настоящему времени методы определения дисперсии ритмов, выделяемых в ходе анализа различных природных процессов, вполне развиты, а методы оценки параметра поворота временного ритма подобным образом охарактеризованы быть не могут. По нашему мнению, в

момент времени t_0 (то есть одновременно) необходимо последовательное изменение точки наблюдения по траектории, обозначенной эллипсом. В плане постановки эксперимента такой вариант сканирования ритма трудно себе представить. В то же время, наблюдение временной реализации ритма в избранной плоскости α вполне возможно.

Развитие аналогии между атомом вещества и ритмом как «атомом» времени связано с переходом от собственно «вещественного» атома (который во многих случаях изучается в статике при совмещении системы координат с центром ядра) к, условно говоря, «временному» атому. Для этого, согласно представлениям Аристотеля, необходимо привести атом в движение (задав тем самым время) и вынести систему координат – точку наблюдения – за пределы атома (рис. 4). Тогда движение субатомных частиц в 4D-пространстве породит собственно историческую траекторию – историю атома. В соответствии с теоремой о неполноте Курта Гёделя, причины возникновения движения и смены системы координат не могут интерпретироваться в рамках формулируемой гипотезы и требуют выдвижения так называемой метгипотезы... Однако обращает на себя внимание, что *история* системы (как наблюдаемая извне неслучайная смена её состояний) возникает вследствие выведения системы из равновесия и вынесения точки наблюдения за пределы самой системы. Нет этого – нет и физического мира в его становлении и деталях, нет эмпирической познаваемости природы на основе причинно-следственных связей.

Следовательно, одним из принципов саморазвертывания этого Мира является задание «стрелы времени» и сохранение данного режима на протяжении длительного времени. Вариации в организации времени не могут не сказаться на исторических траекториях вещей.

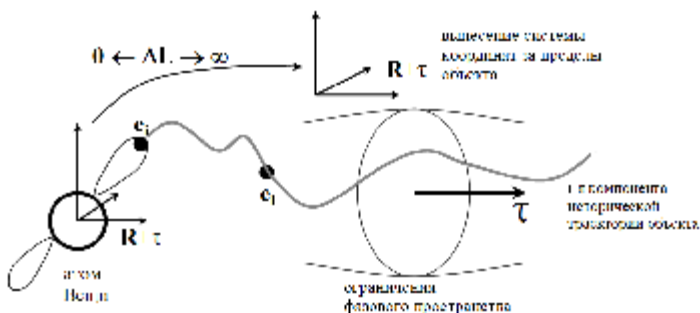


Рис. 4. Порождение исторических траекторий природных объектов



Наличие параметра ΔL , по-видимому, имеет отношение к так называемому «антропному принципу», поскольку для актуализации ΔL должен существовать «потребитель» этого параметра – человек осознанный.

При $\Delta L \rightarrow 0$ познается вещь «в себе», практически без учета её связей с другими объектами. В условиях $\Delta L \rightarrow \infty$ познаются законы взаимодействия объектов в мировом пространстве в отрыве от их детальных характеристик и свойств; последний случай имеет отношение к системному познавательному подходу. В итоге реализуется иной вариант принципа неопределенности: чем больше мы знаем о сути данной конкретной вещи, тем ограниченнее наши представления о её связях и композиции Мира, и наоборот. Только континуальное знание $\Delta L \in [0; \infty]$ выступает предельным приближением к истине, и оно, судя по всему, не нуждается в существовании человека. Человек необходим лишь в случае, когда ΔL принимает ряд фиксированных значений из интервала, что обеспечивает смену позиций наблюдения природных объектов, сравнительное оценивание и интерпретацию их свойств, то есть познание мира.

С учетом параметра ΔL размерность фазового пространства познаваемого мира меняется. Действительно, к исходному 4D-пространству ($\{X, Y, Z, \tau\}$, где $X \equiv 1D_X$ и т.д.) добавляется пятая размерность – ΔL : $5D = \{X, Y, Z, \tau, \Delta L\}$. Если же пытаться осмыслить режим разворачивания времени, то размерность мира возрастает дополнительно. (В подобных рассуждениях можно идти и традиционным путем, изыскивая сверх-размерности исключительно в геометрии пространства.)

Некоторые параллели в организации волнового и вещественного полей на дифференциальном и интегральном уровне анализа мира представлены в таблице.

Обоснование некоторых позиций таблицы таково.

Позиция «ABC 1». Спектры многих природных, в том числе социальных, процессов являются низкочастотными, то есть основная доля общей энергии процесса передается в низкочастотном диапазоне, с которым связывают механизмы памяти системы. Поэтому *в первом приближении* выполняется закономерность: $A \sim T$ (чем больше период гармоника T , тем больше связанная с ней энергия $A^2/2$).

По нашей гипотезе, величины начальных фаз гармонических составляющих природных процессов ϕ имеют отношение к геовещественной композиции изучаемой системы (позиция «C 4»).

Позиция «ABC 2». Как известно, количество положительно заряженных протонов p определяет атомный номер элемента Z (номер в периодической системе), заряд ядра и свойства элемента («свойства

простых тел, а также формы и свойства соединений элементов»). По мере увеличения Z возрастает количество электронов e , удерживаемых атомным ядром. Число нейтронов n составляет $A - Z$, где A – массовое число элемента. Нейтрон и протон рассматривают как различные состояния одной элементарной частицы, именуемой нуклоном. Поэтому в атомном ядре допускаются переходы $p \leftrightarrow n$. В этой связи Д. И. Менделеев писал, что «...масса вещества есть именно такое свойство его, от которого должны находиться в зависимости все остальные свойства. Поэтому ближе и естественнее всего искать зависимости между свойствами и сходствами элементов, с одной стороны, и атомными их весами, с другой» (Н. Л. Глинка. Общая химия, 1965). Атом вещества – электронейтрален, то есть $N_p = N_e$.

Аналогии компонентов пространства и времени в рамках концепции единого пространства-времени

Дифференциальный уровень анализа			Интегральный уровень анализа			
«Атом» времени – ритм, $A \cdot \cos(2\pi k/T + \varphi)$	Фотон	Атом вещества	Среда как результат геохимической миграции		Сознание как результат социальной миграции	
			Геохимическая организация среды	Атрибуты среды	Фазы порождения	Атрибуты сознания
1	и	2	3	4	5	6
A	Период, T (качественная определенность, причинность)	Число протонов, p (качественная определенность)	Элемент, X (качество, определенность, кларк)	Время, τ $\tau \sim \int T$	Первотриггеры, замысел	Вера (основания познания)
B	Амплитуда, A (мера вклада в композицию; в целом $A \sim T$)	Число электронов, e (свойства ¹⁾ ; электронейтральность: $N_p = N_e$)	Валентность, W_X (свойства элементов и соединений)	Энергия, E $E \sim [A \sim A^2/2]$ (info $\leftrightarrow$ закон [BE/et])	Алгоритм порождения (возможности и ограничения)	Теоретическое познание того, что скрыто («атомная» вещей)
C	Начальная фаза, φ (аспект композиции ритма для данной системы)	Число нейтронов, n (аспект композиции, фактор устойчивости атома)	Концентрация с учетом формы нахождения, C_X (результат миграции по В. Гольдшмидту)	Вещество, M $M \leftrightarrow \varphi$ ({ φ } связаны с организационной средой)	Воплощение, правление, результат	Эмпирическое познание того, что явлено (вещей)

¹⁾Позиция без детализации

²⁾Электроны внутренних орбиталей выступают аналогом ИЧ характеристик атомного ядра, а валентные электроны – ВЧ характеристики

Позиция «ABC 3». Согласно представлениям академика А. Е. Ферсмана, земная кора состоит в основном из «легких и четных» элементов, содержащих небольшое и четное число протонов. Причем элементы, кларки которых преобладают в горных породах, лишь в незначительных количествах обнаруживаются в составе живого вещества, и наоборот. Результаты геохимической миграции определяются и величиной кларков, и свойствами элементов. Величина кларка зависит от строения атомного ядра, в том числе всех его электронных слоев, текущие свойства элемента определяются валентными электронами (А. И. Перельман. Геохимия, 1989).



Биосфера Земли (включая верхние горизонты земной коры – «область былых биосфер») может рассматриваться как пространство наиболее интенсивного протекания круговоротов элементов и веществ. Параметры биосферы выполняют роль диагностических характеристик Земли. Низкочастотные, фоновые изменения планеты, проявляющие себя в разворачивании геологической эволюции, определяются ходом эндогенных процессов в недрах, а также импактными событиями. Характерные траектории движения элементов в геосферах Земли рассматривают как геохимические циклы, а сами элементы, вовлеченные в круговороты, называют циклическими. Выделяют 44 циклических элемента (47,8 % от общего числа элементов), составляющих 99,8 % массы земной коры ($2 \cdot 10^{19}$ т). Таким образом, «легкие» (по А. Е. Ферсману) циклические элементы, определяющие быстрые диагностические изменения биосферы, выступают аналогом высокочастотных ритмов из спектра волнового поля, а тяжелые элементы, определяющие своеобразие земных недр, – аналогом низкочастотных ритмов волнового поля.



УДК 624.191.2

ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПРИ БЕСТРАНШЕЙНЫХ СПОСОБАХ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Стовпник С.Н., Денисова Л.В.

Национальный технический университет Украины «КПИ», Украина

В данной работе представлены преимущества и недостатки методов горизонтального проведения тоннелей, сформулированы экологические аспекты данных технологий.

Бестраншейные технологии надежно зарекомендовали в условиях, где прокладка траншейным способом невозможна, особенно, когда это связано с разрушением природоохранных зон (парков, скверов, садов и т.п.). При закрытом способе за счет точечного рытья котлованов, которые в последующем отделяются в виде смотровых колодцев. Рытье траншей даже вблизи деревьев может нарушить их корневую структуру и зеленые насаждения погибнут, также это может про-

изойти из-за понижения грунтовых вод, вызванных рытьем каналов, что вызовет засыхание окружающей флоры. Кроме того, в виду неравномерности засыпки траншеи, довольно часто на ее месте образуются провалы или бугры, особенно после годичных перепадов температуры и выпадения осадков. Засыпая траншею, часто невозможно использовать повторно тот же грунт и приходится использовать засыпку не соответствующую по своему составу окружающему грунту. Тем самым и нарушается равномерность осадки.

Задачей этой статьи является сравнение преимуществ и недостатков методов горизонтального проведения тоннелей:

- 1. Установки пилотируемого бурения с последующей откаткой.

В настоящее время они приобрели общее название ГНБ (горизонтально направленное бурение), что само не является достоверным, так как в эту область попадает буровая техника, которая выполняет управляемое направленное бурение по горизонтали.

- 2. Установки пилотируемого бурения методом прокола или любые другие установки, которые используют в пилотировании управляемую буровую головку с мишенью и лазерный луч для отслеживания мишени, шнек для выборки породы и т.п.

Как происходит бурение методом ГНБ? Буровая головка имеет скос, который задает направление движения, в головке расположены сопла, в которые под давлением 50-100 бар подается бентонит. Буровая головка запрессовывается в грунт, кроме того, в ней расположен зонд, который передает расстояние удаления зонда от приемника и наклон головки в градусах. Приемная станция должна располагаться на поверхности, прямо над буровой головкой. После осуществления пилотного бурения, головку демонтируют, присоединяют к штангам расширительную головку, которая вытесняет грунт в стороны или разбуривает отверстие.

Метод горизонтального бурения проколом. В этом случае буровая головка так же имеет скос, но крепится она на полую штангу, у основания головки расположена мишень, в которую постоянно направлен лазерный луч, отклонение отображается на мониторе, за счет поворотов головки отклонения ликвидируются. Головка может также иметь сопла для бентонита. После пилотирования, начинается расширение скважины, как за счет вытеснения, так и за счет бурения. Причем, труба следует сразу за расширительной головкой, внутри трубы располагаются шнеки, которые выводят породу в котлован.

Несомненным преимуществом ГНБ перед методом прокола является возможность проводить трубопровод по кривой.



Метод ГНБ не обладает точностью проходки, так как оператор должен находиться в момент бурения непосредственно над буровой головкой, чтобы отслеживать расстояние до нее. Если рельеф криволинейный или на трассе расположено препятствие необходимо оперативно оценивать погрешность проведения, которая может достигать существенных величин и приводить к отклонениям от проектной трассы. Точность проходки метода горизонтального бурения проколом чрезвычайно высока за счет позиционирования головки с помощью лазерного луча и на расстоянии до 100 м отклонение составляет не более 3 см. Именно поэтому при прокладке трубопровода, в котором используется самотек (канализация, ливневая канализация и др.) применяется прокола грунта.

Как преимущество метода ГНБ указывают, что при проходке буровая головка может огибать препятствия. Однако, это скорее является недостатком, т.к. при затягивании трубы, она значительно изгибается и деформируется от сильного трения, поэтому этот метод применим только для напорного трубопровода или кабельных линий, однако надежность эксплуатации сильно деформированной трубы крайне низка.

Следующим существенным недостатком метода ГНБ является большой расход бентонита. При пилотировании он составляет от 15 до 30 литров в минуту, что на порядок (порой до 20 раз) выше, чем для установок прокола под дорогой. Бентонит используется как напорная струя для увеличения давления на породу, также для смазки затягиваемых труб, так и для укрепления стенок проходческого отверстия. Буровой материал выталкивается вдоль стенок трубы в котлован вместе с бентонитом. В результате большого расхода бентонита бурильщики с целью экономии начинают сильно разбавлять его водой, в результате происходит вымывание породы вокруг трубы, что приводит к осыпанию поверхности и возникновению провалов. Поэтому метод ГНБ неприменим в случае прохода под транспортными магистралями.

В скальных породах усилия направленного от буровой головки напора бентонита недостаточно для вымывания породы, в тоже время микротоннелирование и прокол могут проходить практически в любой породе за счет использования разнообразных усиленных буровых головок.

Еще одним преимуществом метода прокола является тот факт, что производственный трубопровод можно подавать в любой котлован после пилотного бурения. Кроме того, за счет того, что отверстие получается ровным и труба следует сразу за расширительной головкой, осыпание грунта сведено к минимуму, и труба может быть выполнена

практически из любого материала (полиэтилен, сталь, асбоцемент и др.).

Микротоннелирование основано на строительстве тоннеля с помощью дистанционно управляемого проходческого щита, выдвигаемого из заранее подготовленной стартовой шахты. После завершения проходки (а она может вестись в прямолинейном или криволинейном направлении) его извлекают из приемной шахты.

От продавливания микротоннелирование отличается большей длиной проходки (до 500 м, а при необходимости до нескольких километров), скоростью и точностью (независимо от длины трассы она контролируется компьютерным комплексом с применением системы лазерного ведения), минимизацией затрат и материальных ресурсов. С помощью микротоннелирования можно «пробиться» через грунты любой категории – от неустойчивых суглинков и водоносных песков до скальных пород, работать в смешанном забое, не бояться появления в грунтовом массиве по трассе крупнообломочных включений, валунов, гальки и щебня. Для прокладки микротоннелированием используются самые разные трубы: полимербетонные, железобетонные, керамические, стеклопластиковые, асбестоцементные.

Микротоннелирование позволяет существенно уменьшить экологическую нагрузку на водные объекты, расположенные на поверхности. Сейчас во многих городах необходимо канализовать стоки жилых кварталов и промышленных предприятий, которые в настоящий момент осуществляются прямо в реки и озера. Высокие требования предъявляются к тем рекам, из которых ведется водозабор. Прокладка традиционного дюкера приводит к взбаламучиванию воды, вниз по течению уходит огромное количество песчаной и илистой взвеси. Если же прокладка коммуникаций осуществляется способом микротоннелирования, то от всего этого обитатели реки, а также специалисты местных "Водоканалов", избавлены. Если же речь идет о прокладке нефте- и продуктопроводов, то микротоннелирование является практически наилучшим решением, так как последствия разрыва трубопровода в результате повреждения могут оказаться катастрофическими.

Таким образом, можно подвести итог, что установки горизонтального бурения принципиально отличаются друг от друга, имеют разные ниши в современных способах бестраншейной прокладки.

Библиографический список

1. *Временные рекомендации по расчетной оценке экологической безопасности некоторых типов проектируемых и строящихся коммунальных и канализационных тоннелей.* - М.: МГТУ, 2002.



2. Горнев Ю.В., Кукушкин Н.В. Как предотвратить аварию канализационного коллектора? // ППМ. - 2004. - №2,3 -С.27-28.
3. Долговечность и защита конструкций от коррозии. Материалы международной конференции 25-27 мая 1999 г. - М.: 1999.
4. Картозия Б.А., Борисов В.Н. Инженерные задачи механики подземных сооружений. - М.: МГТУ, 2001.
5. Куликова Е.Ю., Корчак А.В., Левченко А.Н. Стратегия управления рисками в городском подземном строительстве.-М.:МГТУ,2005.
6. Рыбаков А.П. Основы бестраншейных технологий. - М., 2005.
7. Федунец Б.И., Панкратенко А.Н. Отчет о научно-исследовательской работе «Определение целесообразности применения микроцитов при строительстве подземных коммуникаций в различных горно- и гидрогеологических условиях».- М.: МГТУ, 2004. ЕИШ



УДК 66.0 608

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХРАНИЛИЩ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ООО «КИНЕФ»

Пашкевич М.А., Моисеева К.А.

*Санкт-Петербургский государственный горный институт
им. Г.В. Плеханова (ТУ), Россия*

В работе рассматривается схема мониторинговых исследований состояния поверхностных и подземных вод с целью оценки негативного воздействия хранилищ нефтесодержащих отходов ООО «КИНЕФ».

В настоящее время в Российской Федерации ежегодно только предприятиями ТЭК складировается более 100 млн.т хвостов и шламов. На 01.01.2010 г. по данным Госкомстата РФ занято нерекультивированными хранилищами отходов свыше 300 тыс. га. Наиболее значительной техногенной нагрузке подвергаются компоненты природной среды на территориях складирования нефтесодержащих отходов, поскольку отсутствие современных технологий их ликвидации и обезвреживания превратило значительное число хранилищ из средства предотвращения нефтезагрязнения в угрозу крупномасштабного за-

грязнения компонентов природной среды (почв, подземных и поверхностных вод, атмосферы).

В настоящее время, согласно применяемой технологии, складывают в карты, представляющие собой оборудованные в земле открытые емкости, в которых под действием ультрафиолетовых излучений медленно происходит деструкция оставшихся в шламе нефтепродуктов, сопровождающаяся окислением за счет кислорода воздуха. Однако, сейчас данное средозащитное мероприятие является скорее негативным аспектом существования хранилищ. Так как, с одной стороны, с поверхности происходит испарение соединений различных классов опасности, степени летучести. С другой стороны, активно происходит инфильтрация различных соединений в подземные и поверхностные воды, так как на дне накопителей, как правило отсутствует изоляционное покрытие, а подстилающие хранилище грунты представлены четвертичными отложениями, имеют высокую фильтрационную способность.

Для проведения комплексной оценки степени негативного воздействия иловых карт на поверхностные источники водоснабжения была разработана система мониторинга, включающая отбор проб вод как из водотоков, находящихся в зоне воздействия накопителей, так осветленную воду из самих накопителей.

Мониторинговые исследования хранилищ нефтесодержащих отходов проводился в зоне воздействия ООО «КИНЕФ», в водосборной зоне р. Черной и ее левого притока р. Жалень [3]. Исток р. Жалень находится в болоте Ширинский Мох в 2 км от хранилищ нефтеотходов. Ниже по течению р. Черная впадает в р. Волхов.

На рисунке 1 представлена, разработанная схема мониторинга поверхностных вод в зоне выпуска вод из прудов-накопителей (выпуск №1) и зоне разгрузки грунтовых вод (выпуск №2).

Из хранилищ происходит инфильтрация загрязнителей в подземные воды, которые потом разгружаются в р. Черную, примыкающую к территории накопителей. Распространение загрязнителей происходит на десятки километров и значительно ухудшает качество воды.

На р.Черная устанавливаются 5 наблюдательных створов:

1. нулевой створ, расположенный выше места сброса очищенной воды с предприятия;
2. створ в точке сброса очищенной воды с предприятия;
3. створ в зоне разгрузки грунтовых вод;

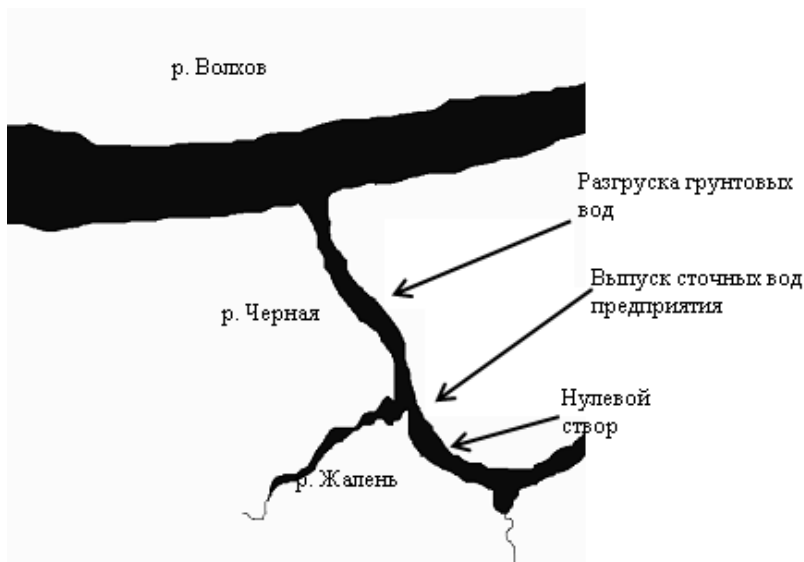


Рис. 1. Схема мониторинга поверхностных вод

Таблица 1

Схема-график проведение контроля за составом сточных и поверхностных вод

Место расположения точек отбора проб	Частота отбора проб	Характер. Пробы	Перечень определяемых компонентов
1	2	3	4
Вторичные отстойники	1 раз в сутки	Смешанная	Взвешен. В-ва ХПК БПК Фосфаты Азот аммонийный Азот нитритов Азот нитратов СПАВ Хлориды Сульфаты Фториды Нефтепродукты Фенолы
Пруды накопители	1 раз в 3 дня		
р. Черная, выше места спуска. 500м	1 раз в неделю		
р. Черная. Выпуск №1	1 раз в неделю		
р. Черная. Выпуск №2	1 раз в неделю		

Окончание табл. 1

1	2	3	4
р. Черная. Выпуск №2	2 раз в неделю		Микрофлора и фау- на
р. Черная. Ниже места сброса, 500м	1 раз в неделю		Взвешен. В-ва ХПК БПК Фосфаты Азот аммонийный Азот нитритов Азот нитратов СПАВ Хлориды Сульфаты Фториды Нефтепродукты Фенолы
р. Черная. Ниже места сброса, 500м	2 раз в неделю		Микрофлора и фау- на
устье р. Чер- ной	1 раз в неделю	разовая	Взвешен. В-ва ХПК БПК Фосфаты по Р Азот аммонийный Азот нитритов Азот нитратов СПАВ Хлориды Сульфаты Фториды Нефтепродукты Фенолы

4. контрольный створ, находящийся в 500 метрах выше по течению, так как р. Черная относится к водным объектам I категории водопользования;

5. створ в устье р. Черная.



Отобранные пробы консервировались для сохранения постоянства состава. Пробы анализировались методом атомно-абсорбционной спектроскопии [1]

Метод атомно-абсорбционного спектрального анализа является арбитражным методом анализа и отличается высокой относительной и абсолютной чувствительностью. Метод позволяет с большой точностью определить в растворах около восьмидесяти элементов в малых концентрациях, поэтому он идеально подходит для проведения мониторинговых исследований.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что остояние рек в Киришском районе характеризуется либо 4-м классом качества воды («загрязненные», ИЗВ от 2,5 до 4,0), либо 5-м классом («грязные», ИЗВ более 4,0 до 6,0). Особенно загрязнена р. Черная, протекающая приблизительно в 1,5 км от территории иловых карт – индекс загрязненности ее вод самый высокий, в среднем 5,24.

Характерно также, что воды р. Волхов в створе, расположенном ниже г. Кириши, имеют значительно более высокий ИЗВ, чем воды этой реки, взятые из створа, расположенного выше города (ИЗВ 4,68 и 4,27 соответственно). В водах и р. Волхов и р. Черной отсутствуют превышения ПДК по биогенным элементам – азоту и фосфору, источником которых обычно являются сельскохозяйственные предприятия животноводческого или птицеводческого профиля, однако в этих реках отмечаются превышения ПДК по нефтепродуктам, которые могут поступать от транспортных, энергетических и промышленных предприятий, в том числе, от нефтеперерабатывающих производств, где основным источником поступления нефти являются утечки из иловых карт.

Проведенные мониторинговые исследования указали на высокий уровень загрязнения поверхностных и подземных вод в зоне воздействия хранилищ нефтесодержащих отходов. В этой связи становится актуальной разработка средозащитных мероприятий по снижению негативного воздействия.

Библиографический список

1. Amos M.D., 1975. *Basics of atomic absorption spectroscopy*. Springvale: Varian Techtron Pty Ltd.
2. Sarkar B. ed., 2002, *Heavy metals in the environment*. New York: Marcel Dekker Inc.
3. Андреева Н.Н., Даниленко Л.А. О необходимости фундаментальных работ исследований в целях рационального природопользования. *Журнал Нефтяное хозяйство*, №12, 2000г., Москва.



УДК 66.011:66.014

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ РЕШЕНИИ СПЕКТРА ЗАДАЧ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Пашкевич М.А., Левчук И.Р.

Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет), Россия

В связи с высокой экологической опасностью техногенных массивов угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий возникает необходимость проведения их мониторинга и оценки риска их негативного воздействия. В представленной работе приведены результаты аналитического исследования техногенных массивов, расположенных на территории одного из ведущих угледобывающих предприятий России.

Мировые запасы основных энергетических ресурсов, таких как, нефть и природный газ за последние десятилетия были значительно истощены. Так, к 2010 году было израсходовано 87% мировых запасов нефти, 73% мировых запасов природного газа и всего 2% мировых запасов угля. По оценкам экспертов, на ближайшие 30 – 40 лет уголь остается основным энергетическим ресурсом. Именно по этой причине в конце 90-х годов в США был провозглашен так называемый возврат к «эре угля». К настоящему моменту 75% электростанции США работают на угольном топливе. [1] Таким образом, значительные мировые запасы угля, а также его большая доступность по сравнению с другими видами углеводородного топлива являются основными факторами, привлекающими внимание ведущих стран мира.

В Российской Федерации расположено более трети мировых запасов угля, хотя по объему добычи угля Россия занимает пятое место в мире, после таких стран как КНР, США, Индия и Австралия. Постоянный рост добычи и переработки угля приводит к ряду негативных последствий, формирующих значительную техногенную нагрузку на окружающую природную среду. Среди последних можно выделить загрязнение атмосферного воздуха, земельных и водных ресурсов и, как следствие этого, повышение заболеваемости населения. Формирование экологически опасных объектов, таких как насыпные (отвалы пустой породы) и намывные техногенные массивы (хвостохранилища отходов углеобогащения) также является следствием деятельности угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий. В связи с высокой экологической опасностью техногенных массивов угледобывающих и



углеперерабатывающих предприятий возникает необходимость проведения оценки риска их негативного воздействия.

В представленной работе приведены результаты исследований техногенных массивов, расположенных на территории одного из ведущих предприятий угольной отрасли России – предприятия ОАО «Междуречье». Более 40 лет данное предприятие осуществляет добычу угля открытым способом в Кемеровской области Кузнецкого угольного бассейна. Годовой объем добываемого угля составляет более 6 млн. тонн, а объемы отходов производства в виде вскрышной породы и отходов углеобогащения – 30 млн. м³ и 557 тыс. тонн соответственно. Таким образом, к настоящему моменту на территории земельного отвода предприятия скопилось более 3338 млн. тонн вскрышной породы и более 2 млн. тонн отходов углеобогащения.

Мониторинговые исследования, проведенные на территории предприятия ОАО «Междуречье», показали, что породные отвалы и хвостохранилища отходов углеобогащения представляют наибольшую экологическую опасность. С целью выявления оптимальных методов утилизации накопившихся в породных отвалах и хвостохранилищах отходов, было проведено аналитическое исследование представительных образцов рассматриваемых объектов.

Основной задачей исследования техногенных массивов является получение достоверных результатов, отражающих истинное содержание различных элементов в массивах. Это достигается при условии правильного выполнения всех этапов аналитических исследований: пробоотбора, пробоподготовки, химического анализа образцов и статистической обработки результатов. Этап пробоподготовки подразделяется на две стадии. На первой стадии основной задачей является получение пробы определенной массы и гранулометрического состава, для достижения этой цели применяются такие операции как измельчение и сокращение пробы. На второй стадии пробоподготовки осуществляется перевод пробы в состояние, требуемое для анализа на конкретном аналитическом приборе, методами вскрытия пробы, разделения и концентрирования компонентов.

Поскольку погрешность результатов аналитического исследования является суммой погрешностей на каждом из его этапов, то можно сделать вывод о том, что при правильном выборе метода анализа образцов, достоверность результатов исследования в большей степени будет зависеть от количества ошибок, допущенных на этапах пробоотбора и пробоподготовки.

В связи с тем, что на сегодняшний день отсутствует ГОСТ, согласно которому необходимо проводить отбор проб с породных отва-

лов, пробоотбор проводился по специально разработанной для этих целей схеме. Поскольку основным методом снижения негативного воздействия породных отвалов на компоненты природной среды является рекультивация, то основной задачей отбора проб с породных отвалов являлось определение степени пригодности поверхностного слоя грунтов для этих целей. Пробоотбор проводился с поверхностного слоя грунтов в узлах сетки с шагом 200 м.

Пробы с новообразованных, 5-, 10- и 20-летних отвалов были отобраны в крафтовые пакеты, на этикетке указывалась дата, время, место и глубина пробоотбора, № пробы. Данные, указанные на этикетке были продублированы в полевом журнале.

Из полученных проб были приготовлены ацетатно-аммонийные вытяжки для прогнозирования потенциальной опасности тяжелых металлов в почвогрунтах, что позволяет максимально приблизиться к реальным условиям путем моделирования кислотных условий формирования почвенного раствора и возможности формирования кислых дренажных вод. В настоящее время арбитражным методом исследования почв и грунтов является атомная абсорбция, которая требует подготовки почв путем перевода твердого образца в жидкую форму. Пробоподготовка включала в себя несколько этапов:

1. Образцы, отобранные на отвалах пустых пород, предварительно просушивались на воздухе при комнатной температуре. Это обусловлено тем, что с одной стороны хранение сырых образцов ведет к изменению их свойств и состава, а с другой стороны, температурный перегрев сопровождается изменением подвижности и растворимости многих соединений. При массовом отборе проб сушка проводилась в шкафах с принудительной вентиляцией при температуре не более 40°C.

2. Поскольку ошибка представительности образца возрастает с ростом размера частиц и с уменьшением массы навески, то высокая степень измельчения образца требуется в случае, когда анализируемая навеска мала. Измельчение полученных образцов проводилось при помощи измельчителя. Просушенные и измельченные образцы пропускались через сито с диаметром отверстий 1-2 мм. Просеивание проводилось до тех пор, пока весь образец не проходил через сито. Допускался отброс обломков камней и инородных включений. Образцы хранились в закрытых крафтовых пакетах в помещении, где отсутствовали химические реактивы.

3. Навески образцов для анализа были получены методом «средней пробы». Для этого просеянные образцы рассыпались тонким слоем (около 0,5 см) на листе бумаги в виде квадрата и делились шпа-



телем на мелкие квадратики со стороной 2 –2,5 см. Из каждого квадрата шпателем отбиралась часть образца. Для получения достоверных результатов анализировались 3 параллельных навески одной пробы.

4. Заключаящим этапом пробоподготовки являлся этап приготовления ацетатно-аммонийных вытяжек. Полученные суспензии перемешивались на электромеханической мешалке в течение часа или оставлялись без перемешивания на 24 часа, затем фильтровались через бумажный фильтр «синяя лента». Полученные фильтраты были использованы для проведения анализа.

Ацетатно-аммонийные вытяжки были проанализированы на содержание тяжелых металлов атомно-абсорбционным методом. Средние значения полученных результатов представлены в таблице 1.

Определение достоверности полученных данных проводилось при помощи критерия Стьюдента. Проведенные расчеты показали высокую достоверность полученных данных.

Таблица 1

**Результаты анализа ацетатно-аммонийных вытяжек
на содержание тяжелых металлов**

Возраст отвала	Концентрация меди, мг/л	Концентрация никеля, мг/л	Концентрация свинца, мг/л	Концентрация цинка, мг/л
до 3 месяцев	7,8	12,6	8,7	51,2
5 лет	7,9	10,5	8,9	52,8
10 лет	8,0	13,9	8,2	52,9
20 лет	5,4	14,7	7,2	52,1

Результаты проведенных исследований показали на возможность проведения рекультивационных работ без дополнительных мероприятий, так как исследуемые группы не являются фитотоксичными.

С целью снижения негативного воздействия намывных массивов на природную среду путем разработки рациональной схемы по утилизации хвостов углеобогащения были проведены исследования вещественного состава шламов. На рассматриваемом предприятии отходы углеобогащения до 2005 года складировались в старые хвостохранилища, объемом 2 м³, а после 2005 года – в новые, объемом 2000 м³. Пробоотбор отходов углеобогащения из новых хвостохранилищ производился согласно схеме, представленной на рисунке 1. Необходимо отметить, что в каждой точке было отобрано по три пробы: с поверхности, с глубины 1 м и с глубины 1,8 м.

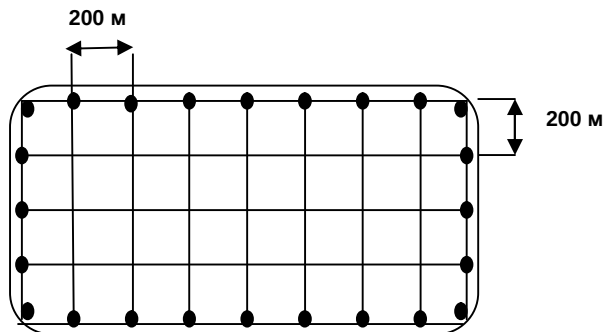


Рис. 1. Схема отбора проб шлама из новых хвостохранилищ

Пробы шлама из старых хвостохранилищ были отобраны согласно схеме, представленной на рисунке 2, в каждой точке было отобрано по две пробы: с поверхности и с глубины 0,1 метра.

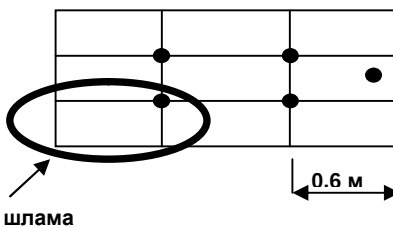


Рис.2. Схема отбора проб шлама из старых хвостохранилищ

Представленные схемы пробоотбора были разработаны с учетом основных параметров хвостохранилищ и производственных условий. Пробы отбирались в пластиковую посуду, на этикетке указывалась дата и время пробоотбора, № пробы, место и глубина пробоотбора, метеоусловия. В полевом журнале продублированы данные, указанные на этикетке.

В связи с необходимостью сохранить свойства отбираемого шлама, которые последний имел в момент пробоотбора, пробы были законсервированы в лаборатории очистных сооружений предприятия концентрированной соляной кислотой. Анализ проб шлама проводился методами ионообменной хроматографии и атомной эмиссионной спектроскопии с индукционно связанной плазмой (ICP) [2]. Поэтому, в ходе пробоподготовки твердая фаза была отфильтрована при помощи



фильтров «синяя лента» (для анализа при помощи ионообменной хроматографии) и Whatman # 42 (для анализа при помощи ИСР).

Основные катионы и анионы определялись методом ионообменной хроматографии, а тяжелые металлы – методом атомной эмиссионной спектроскопии с индукционно связанной плазмой. Результаты проведенных исследований приведены в таблице 2. Расчеты, проведенные при помощи критерия Стьюдента, показали высокую достоверность полученных результатов.

Таблица 2

Результаты вещественного анализа отходов углеобогащения

Наименование показателя	Концентрация, ppm
Натрий	40
Калий	3,5
Кальций	91
Магний	40
Сульфаты	255,9
Хлор	48
Кадмий	0,001
Хром	0,06
Медь	0,04
Железо	0,6
Марганец	0,2
Цинк	0,07

Как видно из полученных результатов, концентрация сульфатов в шламах довольно высока. Концентрации тяжелых металлов незначительны, такие металлы как кобальт, никель и свинец в пробах обнаружены не были. Таким образом, в результате проведенных исследований отходов углеобогащения было установлено, что вещественный состав старых и новых хвостохранилищ практически не отличается, и хвостохранилища не представляют собой ценности в качестве техногенных месторождений цветных металлов. Тем не менее, шламы углеобогащения, представленные угольной пылью, могут быть использованы в качестве водоугольного топлива, представляющего собой дисперсную систему, состоящую из тонкоизмельченного угля (59 - 70%), воды (29 - 40%) и реагента-пластификатора (1%) [1].

Таким образом, проведенные мониторинговые исследования техногенных массивов ОАО «Междуречье» указали на возможность осуществления экологически эффективных и экономически целесообразных мероприятий: для насыпных техногенных массивов – проведе-

ние рекультивации, для намывных – утилизация отходов путем использования их в качестве водоугольного топлива.

Библиографический список

1. Овчинников Ю.В. Искусственное композитное жидкое топливо из угля и эффективность его использования / Ю.В. Овчинников, С.В. Луценко. // *Новостях теплоснабжения*. – 2006. – N 4(68). – С.30-33
2. Namiesnik, J. *Analytical measurements in aquatic environment: analytical chemistry series* / J. Namiesnik, P. Szefer. - New York: Taylor and Francis Group, LLC, 2010. – 463с. – ISBN 1843393069



УДК 622.235.67:622.504

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ

Шкуматов А.Н.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

В статье обоснованы параметры технических средств управления импульсом взрыва, повышающих экологическую безопасность и снижающих сейсмозффект. Описаны лабораторные эксперименты во взрывной камере и на промышленном полигоне. Приведены результаты испытаний на шахтах Донбасса.

Актуальность проблемы

Данные межведомственной ассоциации «Укрвзрывпром» об объемах производства и расхода взрывчатых материалов свидетельствуют, что общий расход ВВ в горнорудной промышленности Украины ежегодно составляет порядка 90 тыс.т, на шахтах – 5 тыс.т. С учетом потребления ВВ предприятиями нерудной промышленности (при добыче щебня, гипса, гранита) общее потребление ВВ в Украине превышает 100 тыс.т в год. При этом коэффициенты использования скважин (КИС) и шпуров (КИШ) находятся в пределах 0,8-0,9. Следовательно, от 20% до 10% (20-10 тыс. т) ежегодного объема взрывааемых ВВ расходуется бесполезно, загрязняя окружающую среду и оказывая вредное сейсмическое воздействие на близлежащие объекты.



Состояние вопроса

Для повышения экологической безопасности взрывных работ на горных предприятиях Украины в настоящее время, наряду с промышленными, используются ВВ собственного приготовления (около 43% общего объема). В их составе совсем отсутствует или существенно уменьшено содержание самого опасного компонента – тротила. Аналогичная картина наблюдается в России и США, где на местах изготавливается 62% и 82,1% ВВ, соответственно.

Постановка задачи

Однако бестротиловые ВВ являются менее мощными и обладают более низкой детонационной способностью. Для компенсации этих факторов необходимы новые технические решения, позволяющие более рационально использовать энергию взрыва и сократить расход потребляемого ВВ.

Обоснование формы рефрактора

Управлению импульсом взрыва заряда ВВ посвящено значительное число исследований. Особое внимание в них уделено влиянию формы разрушаемого объекта, подвергающегося воздействию ударной волны (УВ) и продуктов детонации (ПД), на эффективность взрывных работ.

В работах, выполненных еще в 30-40-х годах XX века, была произведена оценка сопротивления тел при очень большой сверхзвуковой скорости с помощью методов сверхзвуковой аэродинамики. Было обращено внимание на то, что картина обтекания тела газом с очень большой сверхзвуковой скоростью близко напоминает рассматривавшуюся еще Ньютоном картину движения тел в сопротивляющейся среде, состоящей из отдельных, не взаимодействующих между собой частиц. Из рассуждений Ньютона вытекает, что давление, действующее на обращенный вперед элемент обтекаемого тела, пропорционально квадрату синуса угла встречи элемента с частицами среды. В работах Буземанна (Busemann A.) была получена уточненная формула (1) для расчета давлений на поверхности головной части профилей и тел вращений при очень большой сверхзвуковой скорости обтекания:

$$p = r \cdot u^2 \cdot (\sin^2 \alpha + \sin \alpha \frac{da}{dS} \int_{S_0}^S \cos \alpha dS), \quad (1)$$

где ρ – плотность газа, кг/м³;

u – скорость движения частиц, м/с;

α – угол наклона элемента поверхности к направлению набегающего потока, град;

S – площадь сечения обтекаемого тела плоскостью, нормальной направлению набегающего потока, м^2 .

Для управления величиной и направлением импульса взрыва, воздействующего на разрушаемые горные породы при буровзрывной технологии проведения горных выработок, разработаны шпуровые рефракторы – устройства для искривления/преломления ударных волн (УВ) и продуктов детонации (ПД) [1].

Рефрактор должен обеспечивать осесимметричное перераспределение продуктов взрыва для равномерного дробления породы. Поэтому его конструкция (рис.1) отличается тем, что боковая поверхность образована вращением ломаной кривой второго порядка вокруг вертикальной оси с закругленной головной частью, обеспечивающей минимальное сопротивление продуктам взрыва.

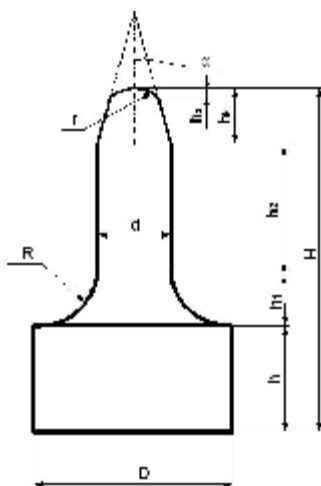


Рис. 1. Рефрактор для осесимметричного перераспределения продуктов взрыва

Необходимым условием является плавность профиля, обеспечивающая разворот потока ПД, движущегося внутри зарядной камеры. Отраженные многократно от ее стенок продукты взрыва, соударяясь с криволинейной поверхностью радиуса R сопряжения хвостовой и цилиндрической частей рефрактора, также перераспределяются в радиальном направлении.

Для обоснования параметров рефракторов во взрывной камере ДонНГУ с применением мгновенной фотосъемки были проведены ис-



следования распределения продуктов детонации при взрыве патрона ВВ (рис.2).



Рис. 2. Распределение продуктов детонации при взрыве патрона ВВ

Анализ полученных результатов позволил установить следующее. При взрыве патрона ВВ, подвешенного к потолку камеры, газы взрыва распространяются в нескольких направлениях. При этом их большая часть (около 90%) направлена под углом примерно 75-80° к продольной оси патрона ВВ, а остальная часть (около 10%) - вдоль оси патрона. При некачественной забойке эта часть газов взрыва отражается от дна шпура, увлекает за собой часть газов, направленных в стенки шпура, и выталкивает забойку. Шпуры "стреляют". При нормальном качестве забойки продукты детонации, распространяющиеся вдоль оси, рассеиваются в массиве. При этом глубина «стаканов» тем больше, чем выше прочность породы [2].

Обоснование рациональных параметров рефракторов произведено с использованием положений аэродинамики. При обтекании тела газом с большой сверхзвуковой скоростью оно оказывает сопротивление. Возникновение сопротивления обусловлено необратимым ростом энтропии в ударных волнах, образующихся при обтекании тела. При сверхзвуковой скорости сопротивление, испытываемое телом, существенным образом зависит от его формы. Аэродинамически совершенной формой, т.е. формой с относительно малым давлением при обтекании потоком с гиперзвуковой скоростью, является тело, нормаль к поверхности которого мало отклоняется от плоскости, перпендикулярной к направлению движения. Таким является тонкое тело с закругленной головной частью. Наглядной иллюстрацией этой зависимости может служить рис.3, где изображены два тела – конус и сфера, обладающие равным сопротивлением при большой сверхзвуковой скорости обтекающего потока. Закругление головной части способствует

отрыву потока от поверхности тела, что приводит к уменьшению лобового сопротивления [3].

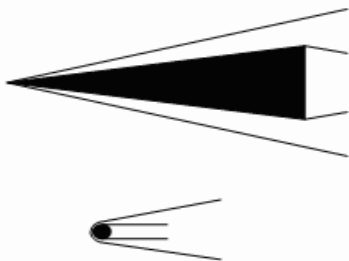


Рис. 3. Тела, обладающие равным сопротивлением при обтекании потоком с гиперзвуковой скоростью

Лабораторные исследования влияния параметров рефрактора на импульс и перераспределение энергии взрыва

Суммарный импульс взрыва удлинённого заряда ВВ, приходящий в любую точку плоскости, определяется из выражения (2)

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2}, \quad (2)$$

где I_1 , I_2 - импульсы взрыва вдоль оси и перпендикулярно оси распространения детонационной волны, соответственно, Н·с.

Для оценки влияния рефракторов на перераспределение импульса взрыва из осевого направления в радиальное эксперименты были проведены на баллистическом маятнике. Его отклонение l_1 , в мм, принято в качестве меры оценки результатов взрыва. Взаимосвязь значения импульса I с отклонением баллистического маятника имеет вид (3).

$$I = 0,272 \cdot l_1. \quad (3)$$

На l_1 оказывают влияние как геометрические параметры рефрактора, так и условия проведения эксперимента, а именно: тип применяемого ВВ, расположение ВВ относительно носка маятника, масса рефрактора и другие. Для установления зависимости отклонения маятника от исследуемого конкретного фактора необходимо исключить или компенсировать различия других факторов. Для этого введены поправочные коэффициенты [4].

Для возможности его использования в горизонтальных шпурах предусмотрена нижняя цилиндрическая часть (рис.4) длиной h и диаметром D на 1-2 мм меньшим диаметра шпура [5]. При этом масса ци-



линдрической части должна быть равна или несколько большей, чем масса криволинейной, чтобы равновесие было устойчивым, т.е. должно выполняться условие (4).

$$V_1 r \geq V_2 r, \quad (4)$$

где V_1, V_2 - объемы цилиндрической и криволинейной частей, соответственно; r - плотность материала изготовления рефрактора.

Т.о. для рефрактора, изготовленного из однородного материала, $V_1 \geq V_2$. Объем цилиндрической части определяется из выражения (5).

$$V_1 = p \frac{D^2}{4} \cdot h. \quad (5)$$

Объем криволинейной части V_2 зависит от вида образующей ее кривой. Учитывая, что с возрастанием h увеличивается глубина «станканов», длина цилиндрической части должна быть минимальной. Рассчитав значение h , с учетом установленных рациональных пределов изменения отношения h/H , окончательно определяется H .

Для выбора рациональной длины рефрактора H первоначально проведены испытания зарядов ВВ, расположенных на различных расстояниях от носка маятника, без применения рефрактора, а также зарядов с рефракторами различной длины. По результатам испытаний построены экспериментальные зависимости отклонения баллистического маятника от расстояния его носка до заряда ВВ и от длины рефрактора (рис.4).

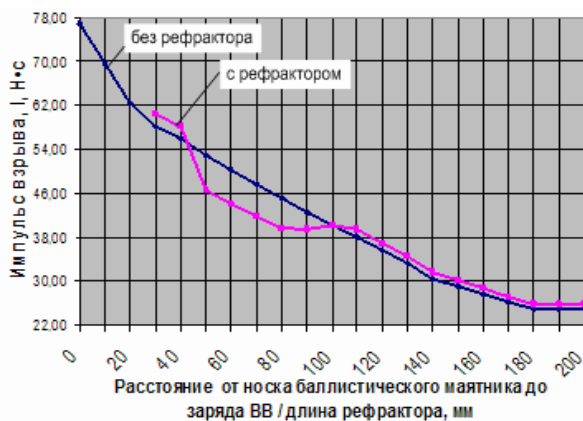


Рис. 4. Зависимости осевого импульса взрыва от расстояния между баллистическим маятником и зарядом ВВ и от длины инертного рефрактора при испытаниях в зарядной камере

Сравнение кривых позволило установить, что эффективная длина рефрактора находится в диапазоне от 40 мм до 90 мм.

Дальнейшие испытания рефракторов для определения эффективности использования энергии взрыва проводились на полигоне ш. «Иловайская» ГП Октябрьуголь. В качестве зарядной камеры использовались металлические трубы длиной 1000 мм из Ст.5 с внутренним Ø32 и толщиной стенок 4 мм. С одного торца трубы были заварены и врыты в грунт. Условия проведения эксперимента: тип ВВ - детонит М; диаметр патрона - 32 мм; длина патрона - 210 мм; масса патрона - 200 г; электродетонатор - ЭДКЗ-0П; материал забойки – глина. Результаты испытаний приведены на рис.5.

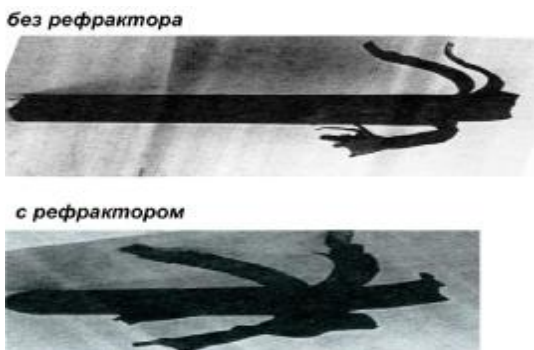


Рис. 5. Результаты испытаний рефракторов на шахтном полигоне

При взрывании без рефрактора длина разорванной части зарядной камеры составила 478 мм, а с рефрактором - 622 мм, т.е. увеличилась в 1,3 раза. Это свидетельствует о том, что рефрактор управляет не только движением продуктов взрыва в донной части шпура, но, увеличивая объем зарядной камеры, оказывает демпфирующее воздействие на процесс взрыва, что дополнительно повышает эффективность взрывных работ.

Апробация

Разработанные конструкции рефракторов прошли промышленные испытания на шахтах Украинского Донбасса: «Лидиевка» и «Грудовская» ГП Донуголь, а также «Иловайская» ГП Октябрьуголь [6].

Сравнение показателей БВР до и после применения рефракторов сведены в табл. 1.

Аналогичные результаты получены при использовании рефракторов на других шахтах. Удельный расход ВВ снизился, в среднем, на 10%, что обеспечило соответствующее уменьшение выделения вред-



ных газов взрыва. КИШ повысился в среднем на 20%, количество шпуров сократилось на 15%. Скорость проведения горных выработок возросла на 12-15%. Экономический эффект превысил 100 у.е./м [7].

Таблица 1

Сравнение показателей БВР до и после внедрения рефракторов

Наименование	Значение		Отклонение
	до	после	
Количество шпуров, шт	78	66	-15,4%
Количество шпурометров, м	101,40	101,85	+0,44%
КИШ	0,77	0,99	+22,0%
Удельный расход ВВ, кг/м ³	1,65	1,47	-10,9%

Направление дальнейших исследований

Направлением дальнейших исследований является подбор рецептуры изготовления рефракторов из экологически чистых, безопасных при применении и экономичных материалов, обеспечивающих не только перераспределение, но и повышение энергии взрыва.

Библиографический список

1. Shkumatov A., Moroz O., Kehdjukh S. About Asymmetry of a Hypersound Shock Wave //Transactions of the VSB – Technical University Ostrava. Geo Science Engineering. Ostrava: VSB – TU, 2009. Volume LV, Issue № 2. PP. 39-42.
2. Шкуматов А.Н., Калякин С.А. Перераспределение импульса взрыва при помощи рефракторов // Взрывное дело. М.: ЗАО «МВК по взрывному делу», 2007. Вып. № 98/55. С.120-128.
3. Шкуматов А.Н., Гонтарь Р.С. Управление импульсом взрыва для интенсификации БВР при проведении выработок // Строительная геотехнология: Сб. статей. Отд.вып. Горного информ.-аналит. бюл. М.: Издательство «Горная книга», 2009. №ОВ9. С.287-296.
4. Шкуматов А.Н. Разработка средств интенсификации БВР при строительстве горных выработок // Перспективы развития Восточного Донбасса. Сб. науч. тр. Новочеркасск: ШИ (ф) ЮРГТУ (НПИ), 2008. ч.1. С.167-173.
5. Шкуматов А.Н. Обоснование параметров технических средств формирования импульса взрыва при строительстве горных выработок // Вісник Криворізького технічного університету. Зб. наук. праць, Кривий Ріг: КТУ, 2006. № 14. С. 41-45.
6. Шкуматов А.Н., Кендюх С.Н., Звягинцев Д.В. Малоотходная технология строительства горных выработок на шахтах Украины // Материалы VIII Междунар. конф. Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр. Москва-Таллинн: РУДН, 2009. С.54-56.

7. Шкуматов А.Н., Черкасов И.А. Совершенствование буровзрывных работ на шахтах украинского Донбасса // Глюкауф на русском языке, М.: ООО «ОМ ПАБЛИШИНГ», 2008. № 4. С. 25-27.



УДК 622.822.22.012.2

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ САМОВОЗГОРАНИЯ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЗВЕСТКОВОЙ СУСПЕНЗИИ НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ «ВОРКУТИНСКАЯ» ОАО «ВОРКУТАУГОЛЬ»

Гридина Е.Б., Гернер В.В., Ястребова К.Н.

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) имени Г.В. Плеханова, Россия

In article one of most powerful methods of prevention of self-ignition pedigree on the basis of use of limy suspension is described, the mode of operation is developed at its realization. Necessary calculations on expenses of materials for the specific enterprise are executed all. The basic parameters of realization are certain at introduction of the method, confirming its technical and economic feasibility.

В статье описан один из наиболее эффективных методов предотвращения самовозгорания породных отвалов на основе использования известковой суспензии, разработан режим работы при его реализации. Выполнены все необходимые расчеты по расходам материалов для конкретного предприятия. Определены основные показатели реализации при внедрении метода, подтверждающие его техническую и экономическую целесообразность.

Проблема предотвращения самовозгорания осадочных горных пород и тушения пожаров является одной из наиболее актуальных в производственной деятельности густонаселенных углепромышленных районов. Решение этой проблемы обеспечивает повышение безопасности труда горнорабочих, существенно уменьшает количество сложных и опасных аварий на угольных шахтах, предотвращает большие материальные убытки и резко уменьшает загрязнение окружающей техногенной и природной среды.

Известно, что породные отвалы могут создать аварийную ситуацию в случае самовозгорания. Из горящих отвалов в атмосферу выделяется около двух десятков вредных веществ: оксид углерода, углекислый газ, сернистый газ, серный ангидрид, сероводород, сероугле-



род, оксиды азота, серная кислота, цианводород, аммиак, цианиды, тиоцианаты и др. При сгорании 1 кг породы происходит загрязнение до опасного предела от 6,7 до 8,7 млн. м³ атмосферного воздуха.

Указанная проблема в текущий момент является одной из ключевых на предприятии шахта «Воркутинская» ОАО «Воркутауголь». В настоящее время предприятие реализует следующие мероприятия для предупреждения самовозгорания породных отвалов:

- снижение содержания горючих веществ в отвальной массе за счет улучшения технологии выемки угля и его обогащения;
- срезка растительного слоя по всей площади формирования отвала;
- создание плотных воздухонепроницаемых отвалов путем послойного складирования пород [1].

Несмотря на перечисленные мероприятия, которые приводят к улучшению качества труда и безопасности, отвалы предприятия (№2 и №4) остаются горящими и представляют опасность.

Согласно современным теоретическим представлениям к самовозгоранию породных отвалов приводят процессы низкотемпературного окисления пирита и серы, содержащихся в отвальной массе и находящихся в условиях, благоприятных для притока кислорода воздуха и аккумуляции тепла. Катализаторами разложения пирита на железо и серу являются тионовые бактерии (*Th. ferrooxidans*), обитающие в шахтных водах. Влага и бактерии проникают в породы при фильтрации воды из затопленных выработок, орошении угля, увлажнении угля в процессе обогащения. Микротрещины и макропоры прослоев и линз пирита благоприятны для жизнедеятельности тионовых бактерий. В среде обитания таких бактерий обязательно должны быть следующие два компонента: растворенный кислород и углекислота. Важнейшее условие существования тионовых бактерий – это наличие кислой среды [2].

Подавление процессов горения горных пород в отвале возможно при выполнении двух основных условий:

- 1) охлаждение пород до температуры, при которой не происходит воспламенение горючих газов;
- 2) изоляция каналов межкускового пространства от доступа атмосферного воздуха.

Наиболее дешевым щелочным раствором, к тому же не образующим при взаимодействии с раскаленными горными породами вредных и ядовитых веществ, является 5%-ная известковая суспензия, которой и предлагается обрабатывать горящие отвалы.

Предлагаемый способ обладает следующими преимуществами:

- относительная простота и невысокая стоимость работ;

- полная механизация работ с возможностью использования широко распространенного серийного оборудования (бульдозеры, экскаваторы, самосвалы и т.д.), не требующего обеспечения площадки проведения работ электроэнергией;
- 5%-ный известковый раствор препятствует образованию на отвале наиболее опасных для окружающей среды кислотных вод.

Перед началом работ по тушению породного отвала производится температурная съемка, при которой замеры температур проводятся на глубине 0,5; 1,5 и 2,5 м от поверхности.

Затем необходимо провести обследование поверхности на наличие трещин и пустот выгорания, которые могут представлять опасность при проведении работ. Обследование проводится визуально и с помощью щупа. При обнаружении зияющих трещин необходимо провести их ликвидацию сыпучими негорючими материалами (мелкие фракции перегоревшей породы, отходы камнедробильного производства, песок и т.п.).

Работы по тушению породного отвала начинаются с орошения. Для проведения дождевания предлагается использовать гидромонитор ГМН-250. Для этого по въездной полутраншее на плоскую поверхность отвала доставляется и устанавливается оборудование (передвижной резервуар емкостью не менее 60 м³ и насос типа АХ-125-100-400б), с помощью которого привезенная автобетоносмесителями 5%-ная известковая суспензия по пожарному рукаву подается на гидрант-ороситель. Насос работает от передвижной дизельной электростанции.

Приготовление известковой суспензии осуществляется следующим образом:

- в смесительную емкость, наполненную технической водой, засыпается сухая известь (ГОСТ 9179-77) из расчета 7,7 кг на 1 м³ горной породы;
- получившаяся смесь перемешивается компрессором до получения известкового молока 5%-ной концентрации.

Готовая суспензия автобетоносмесителями доставляется в передвижной резервуар на поверхности отвала. Забор воды для приготовления известковой суспензии предусматривается из реки.

После обработки горячей породы раствором известковой суспензии остывание ее в очаге горения происходит в течение нескольких часов, выделение пара прекращается, и работы могут быть продолжены.

Порода обрабатывается в очаге горения из расчета 113 л/м³ поверхности. Не горящая, перегоревшая и повторно перемещаемая порода не обрабатывается.



После охлаждения поверхностного слоя пород на глубину 0,25 - 0,3 м до температуры ниже 80° на вершину отвала по устроенному въезду доставляется экскаватор и бульдозер. Бульдозером порода послойно (толщина срезаемого слоя 0,1 м) сталкивается под откос в место сопряжения отвалов. Затем аналогично производится обработка 5% - ной известковой суспензией следующего слоя разогретых пород, который после охлаждения до 80° также перемещается в не горящую часть отвала.

При тушении очагов горения, расположенных на боковой поверхности откосов, предварительно охлажденная до 80° порода (обработанная раствором 5%-ной известковой суспензии) срезается бульдозером со сталкиванием ее под откос (по принципу сплошного выполаживания откосов).

Согласно методике на первом этапе производится тушение горячей части породных отвалов. При этом расход воды на тушение 1 м^3 породы составляет $0,113 \text{ м}^3$; расход извести на тушение 1 м^3 породы – 7,70 кг; расход 5%-ной известковой суспензии на 1 м^3 породы – $0,154 \text{ м}^3$.

Сведения о расходах необходимых материалов для тушения горячей части породных отвалов № 2 и 4 представлены в таблице 1.

Таблица 1

Количество необходимых материалов для тушения требуемого объема обрабатываемой породы

Общие сведения	Отвал № 2	Отвал № 4	Общий расход
Объем обрабатываемой породы, м^3	80500	192166	272666
Расход воды на тушение породы, м^3	9096,5	21714,8	30811,3
Расход извести на тушение породы, т	619,9	1479,7	2099,6
Расход 5% известковой суспензии, м^3	12397,0	29593,6	41990,6

На втором этапе проводятся мероприятия по профилактике самовозгорания (обработка раствором 10%-ной известковой суспензии). При этом расход воды на обработку 1 м^2 породы составляет $0,02 \text{ м}^3$; расход извести на обработку 1 м^2 поверхности отвала – 1,36 кг; расход 10%-ной известковой суспензии на 1 м^2 поверхности – $0,027 \text{ м}^3$. Сведения о расходах необходимых материалов для мероприятий по профилактике самовозгорания по 2 породным отвалам представлены в таблице 2.

Как показывают расчеты, реализация данного метода не требует больших экономических затрат (эксплуатационные затраты составляют 458,2 тыс. руб.). При этом рассмотренный метод может рассматриваться как часть этапа технической рекультивации отвалов и может быть реализован на предприятиях с аналогичными проблемами.

Таблица 2

Количество необходимых материалов для профилактики самовозгорания породы отвалов

Общие сведения	Отвал № 2	Отвал № 4	Общее количество
Площадь обрабатываемой поверхности, м ²	24300	109200	133500
Расход воды на тушение породы, м ³	486	2184	2670
Расход извести на тушение породы, т	66	297	363
Расход 5% известковой суспензии, м ³	656,1	2948,4	3604,5

Проведение природоохранных мероприятий положительно скажется на экологической ситуации в районе размещения породных отвалов, создании комфортных условий проживания населения (устранение неприятных запахов, улучшение самочувствия и т.д.). Значительное сокращение выделения загрязняющих веществ в атмосферу приведет к снижению фоновых концентраций примесей в атмосфере.

В целом, комплекс выполненных мероприятий, имея важный региональный природовосстановительный и ресурсосберегающий эффекты, будет способствовать снижению негативных последствий хозяйственной деятельности для окружающей природной среды и позволит достичь позитивных изменений социально-гигиенических условий проживания населения.

Библиографический список:

1. *Правила безопасности на предприятиях по обогащению и брикетированию углей (сланцев).* (ПБ 05-580-03). - М., 2003.
2. *Зборицк М.М., Осокин В.В. Горение пород угольных месторождений и их тушение.* - Донецк, изд-во: ДонГТУ, 2000.





МОНИТОРИНГ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ В АКВАТОРИЯХ

Мовчан И.Б., Асянина В.Ю.

*Санкт-Петербургский государственный горный институт
(технический университет), Россия*

Интенсивное загрязнение морских акваторий определяет разработку технологии мониторинга, дающей оконтуривание нефтяных пленок в режиме съёмок для предельного сокращения времени реагирования. Апробирование элементов этой технологии показало перспективность спектральных и ряда статистических оценок, ориентированных на характеристику степени стационарности возмущенной водной поверхности.

В условиях налаженной транспортной схемы от терминалов Тимано-Печоры и севера Русской платформы наибольшему загрязнению подвергаются Беломорский, Баренцевский и Печорский морские бассейны. В их пределах требуется организовать обработку дистанционных снимков возмущенной водной поверхности в реальном режиме времени полета.

Учитывая способность нефтяных пленок быстро увеличивать свою площадь с уменьшением толщины вплоть до мономолекулярного слоя, а также их исключительную подвижность, мониторинговый центр предлагается организовывать на патрульном судне, а в качестве зонда использовать радиуправляемый беспилотный комплекс. Такой подход обусловлен, вдобавок, ограниченным ресурсом последнего: максимальная продолжительность полета - не более 3-х часов, максимальный радиус облета не превышает 25-30 км. В общем случае использовать пилотируемые аппараты представляется неэкономичным: единственно, что должен нести аппарат, кроме двигателя и топливной емкости, - цифровой фотоаппарат, устройство автоматизированной привязки и транслирующий изображение модуль, а патрульное судно в состоянии нести на себе оборудование для утилизации нефтяного пятна. Данному варианту есть два альтернативных:

* выполнение съёмок с пилотируемого аппарата (совмещается съемка радаром со съемкой в отраженном свете или в солнечном блике);

* мониторинг непосредственно с судна (использован радар бокового обзора в сочетании с фотографированием в видимом диапазоне спектра);

* использование данных космического мониторинга высокоа- разрешения.

Для любой из перечисленных реализаций мониторинга остается актуальной разработка критериальной основы, предельно минимизирующей время анализа изображения возмущенной водной поверхности.

Основной алгоритмический элемент был выполнен в виде оптического Фурье-процессора (рис.1), реализующего двумерное прямое и обратное преобразование Фурье по негативу взволнованной водной поверхности как результат пространственно-временных преобразований когерентного излучения на неоднородностях транспаранта. Источником излучения служит He-Ne лазер с радиусом поперечного сечения луча не менее 2 мм. Для увеличения площади этого сечения после лазера устанавливается коллиматор: в нашем случае - объектив микроскопа.

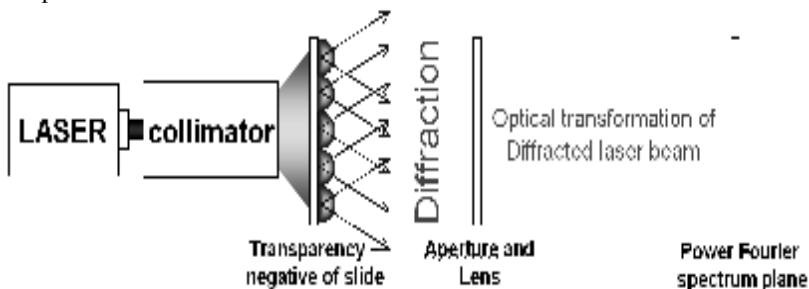


Рис.1. Принципиальная схема оптического Фурье-процессора

Расходящийся лазерный пучок дифрагирует на неоднородностях транспаранта. Последние представлены:

1. Чередованием теней, подчеркивающих волновую структуру возмущенной водной поверхности;
2. Неравномерной зернистостью фотослоя;
3. Границами транспаранта.

Из них только первый тип неоднородностей является информативным. Для исключения второго транспарант помещался в кювету с веществом, абсолютный показатель преломления которого равен показателю преломления фотослоя (толуол или деколин). Для исключения третьего за транспарантом на пути распространения дифрагированного лазерного пучка помещалась диафрагма. За ней размещается собирающая линза, задняя фокальная плоскость которой является выходной плоскостью, где интерференция дифрагированных участков вол-



нового фронта когерентного излучения порождает энергетический Фурье-спектр. В его структуре в отсутствие нефтяного загрязнения фотографируемой водной поверхности имеются гармоники, обусловленные длино-, средне- и коротковолновой составляющей волнений, тогда как нефтяная пленка подавляет коротковолновую рябь (рис.2), что отражается не только в исчезновении ряда гармоник спектра, но и в уменьшении его общей интенсивности. Для того, чтобы изменение интегральной интенсивности энергетического Фурье-спектра было эффективным критерием обнаружения пленок применялась круговая апертура для маскирования дифракционного максимума нулевого порядка (в окрестности нулевой пространственной частоты).

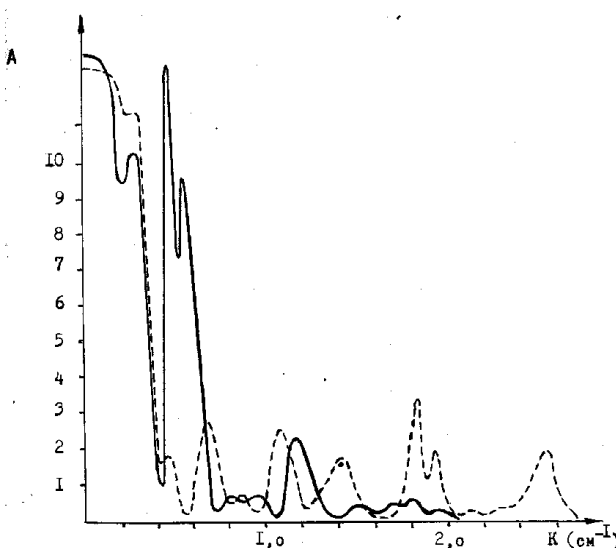


Рис.2. Динамика энергетического Фурье-спектра:

пунктирная линия – для случая чистой водной поверхности; сплошная линия – при наличии нефтяной пленки

При численной реализации подхода погрешности, связанные с неоднородной зернистостью фотослоя и неидеальной юстировкой устройства автоматически исключаются, но возникают:

1. Погрешности, обусловленные ограниченностью выборки: если в оптическом варианте выборка может быть принята бесконечной (больше, чем 1024×1024), то в численной реализации она составляет в основном 512×512 точек. В преобразованиях Фурье указанная особен-

ность дает конечные пределы интегрирования, что эквивалентно умножению бесконечной выборки на прямоугольную апертуру в предметной плоскости. В итоге на информативный спектр сигнала накладываются неинформативные гармоники от краев апертуры. Для исключения данного эффекта исходный сигнал умножается в предметной плоскости на окно Хэннинга [3].

2. Погрешности, связанные с отсутствием строгого аналитического подхода и отвечающего ему численного алгоритма двумерного преобразования Фурье. Как известно, оно выполняется сперва по строкам, а затем по столбцам определяющей изображение матрицы. Для исключения накапливающейся численной погрешности реализовано трехкратное сглаживание структуры спектра [2].

В условиях относительно гомогенного характера исследуемой среды структура волнений ее свободной поверхности при данной силе и направленности ветрового потока может быть принята как пространственно стационарная при относительной стационарности данных батиметрии. Соответственно, в пределах зоны облета (вблизи судна) выбирается участок, спектр волнений которого принимается за эталонный. В условиях ясной погоды или постоянной облачности (неизменной освещенности) поисковый критерий состоит в изменении интегральной интенсивности спектра. В условиях переменной облачности таких критериев два: значимая девиация дисперсии и/или значимая девиация структуры розы волнений, восстановленной по доминирующим профилированиям гармоник.

Учитывая множество факторов, определяющих стационарный характер волнений в зоне мониторинга, разработан альтернативный критерий определения позиции нефтяной пленки. Если совместить два идентичных негатива фотообраза взволнованной поверхности и сместить их друг относительно друга на некоторый пространственный шаг, то итоговый фотообраз будет содержать полутоновой муар. В численном варианте за процедурой сдвига следует суммирование по яркости пространственно совпадающих областей взволнованной поверхности [1]. В отсутствие загрязнений структура муара достаточно гомогенна, тогда как участок нефтяной пленки в силу несколько отличной структуры волнений маркируется пятнами в гомогенном муаре. Данный критерий требует меньше времени для пересчета, осуществляется в предметной плоскости (лишен погрешностей, связанных с разложениями по гармоническим рядам и ограничением этих рядов) позволяет не только более точно привязать пятно, но и определить его геометрию. К недостаткам можно отнести необходимость визуального анализа муаровых образов.



Задача картирования неоднородностей, проявленных в структуре визуально наблюдаемого объекта (возмущенной водной поверхности) является элементарной с точки зрения классической теории фильтрации. Сложность проблемы связана с обработкой, во-первых, оптического сигнала и, во-вторых, реализацией этой обработки в реальном режиме времени. Основным критерием параметризации неоднородностей (здесь - нефтяных пленок) выступают спектральные характеристики взволнованной водной поверхности. Их неоднозначность обусловила разработку дублирующей характеристики, связанной с преобразованием сложной структуры поверхностных волн в структуру кусочно-гомогенного муара. Алгоритмическая реализация критериев обоих типов выполнена в специализированной оболочке LabView.

Библиографический список

1. Дэвис, Дж. С. *Математическая статистика в геологии: Пер с англ.* М.: Мир, 1995, 127 с.
2. Марпл-мл. Р. *Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер с англ.* М.: Мир, 2001, 76с.
3. Этнос Л. *Спектральный анализ / Л.Этнос, П.Эноксон.* М.: Мир, 1992, 201 с.



УДК 502.171:546.212:628.179.3

К ВОПРОСУ О СОХРАНЕНИИ И УЛУЧШЕНИИ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Семашко С.В., Яковлева С. Л., Яковлева С. А.
Тульский государственный университет, Россия

На основе анализа статистических данных о динамике, структуре и источниках выбросов в водные объекты предложены меры по сохранению и улучшению водоснабжения Тульского региона.

«Горячее лето 2010» поставило под сомнение возможность бесперебойного обеспечения водой промышленность и населения Тулы и Тульской области. Помимо этого неудовлетворительное состояние водных ресурсов Тульской области усугубляется ростом загрязнения наземных и подземных вод бытовыми и производственными отходами. Учитывая состояние очистных и коммуникационных сооружений,

проблема дефицита воды в ближайшем будущем представляется вполне реальной.

Всего для водообеспечения объектов экономики и населения региона в 2008 году использовано 307 млн. куб. метров воды (92,5% к уровню 2007г.), в том числе на производственные нужды – 170 млн. (91,9%), хозяйственно-питьевые нужды – 137 млн. (95,8%), на орошение, обводнение и сельскохозяйственное водоснабжение – 3 млн. куб. метров (75%). Структура использования воды по назначению в 2007 и в 2008 годах представлена на рис.1.

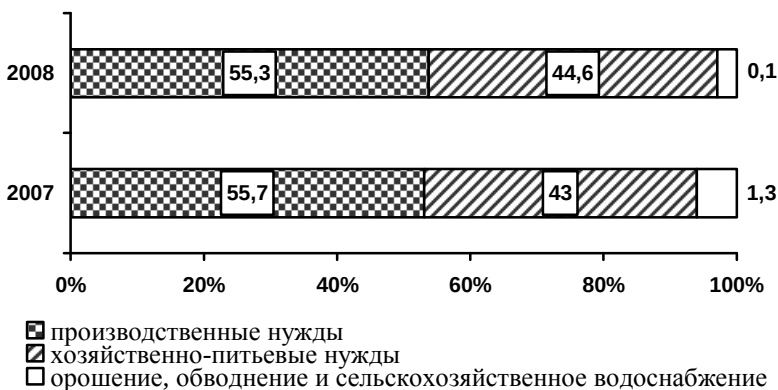


Рис.1 Структура использования воды по назначению, в процентах

Особенностью водоснабжения Тульской области является то, что оно осуществляется из подземных источников. В 2008 году эксплуатировалось 1479 подземных источника (в 2007г. - 1602). Необходимо отметить, что количество используемых источников сокращается в среднем на 130 единиц в год, что свидетельствует о сокращении запасов воды в регионе. В настоящий момент ситуация не является критической, однако, при сохранении существующих темпов истощения источников возможность дефицита воды определяется сроками не более чем 8-9 лет. Отметим, что при этом происходит снижение качества воды. По результатам лабораторного контроля вод учреждениями Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Тульской области в 2008 году не соответствовало гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям – 48,4%, (в 2007 г.- 42,0%), по микробиологическим показателям – 1.2%, (в 2007г. - 1.8%).



Помимо качества, вызывает озабоченность возрастание потерь забранной воды во внешних сетях при транспортировке от водоисточников до потребителей. Так, например, в 2008 году потери составили 54,7 млн. куб. метров, что на 15,6% выше уровня 2007 года. Ежегодно при транспортировке потери забранной воды составляют от 8 до 14%. Это свидетельствует о плохом состоянии трубопроводной системы в Тульском регионе. Такое состояние вызвано, в первую очередь, изношенностью коммуникаций, которая на 2008г составляет более 70%. Так как темпы обновления невысоки, это дает основания предполагать и дальнейшее увеличение потерь воды при транспортировке.

К сожалению, Тульская область является одним из субъектов с наиболее неблагоприятной экологической обстановкой. По сбросу загрязненных сточных вод Тульская область занимает первое место среди регионов Центрального федерального округа. Экологическая обстановка в Тульской области, в основном, определяется развитием таких видов экономической деятельности как химическое производство, металлургическое производство и производство готовых металлических изделий, производство машин и оборудования, производство и распределение электроэнергии, транспортировки газа. Это приводит к тому, что половина водных объектов в качестве основных источников загрязнения выступают организации производства и распределения электроэнергии и газа, а треть – от организаций химического производства.

Объем сброса загрязненных сточных вод в 2008 году составил 201 млн. куб. метров, что на 20,8% ниже уровня 2007 года. Необходимо отметить, что это было обусловлено не повышением эффективности очистных сооружений, а сокращением производства в кризисный период. Из общего объема сточных вод лишь 11,6 млн. куб. метров (5,8%) могут быть отнесены к нормативно-очищенным водам.

По объему сброса загрязненных сточных вод на организации Тулы приходится 39% областного объема, Новомосковска – 25%, Ефремова – 7%, Щекино – 6%. Динамика объемов сброса нормативно-очищенных и загрязненных вод за период с 2003 по 2008 года представлена на рис.2.

В сточных водах преобладают сульфаты, хлориды, фосфор, азот аммонийный и нитраты. В 2008 году этих веществ было сброшено 48,6 тыс.тонн, что на 16,6% выше, чем в 2007 году. Структура сбросов веществ в водные объекты 2007 и в 2008 годах в процентах представлена на рис.3.



Рис.2 Объем сброса нормативно-очищенных и загрязненных вод, млн. куб.м

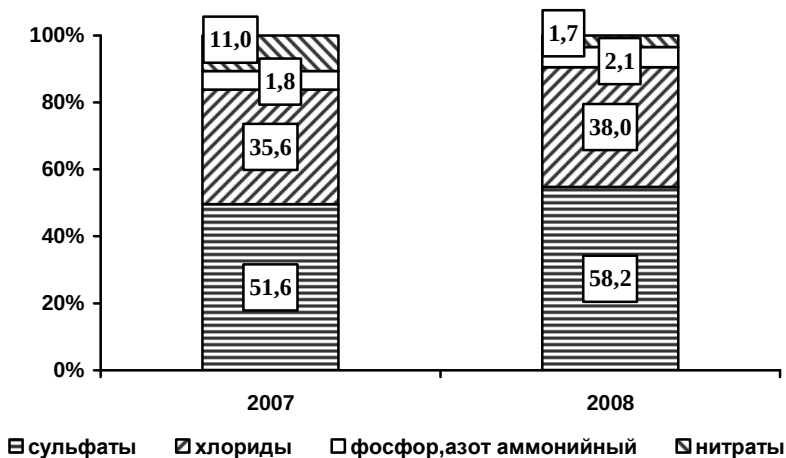


Рис.3 Структура сбросов веществ в водные объекты, в процентах



Доля сульфатов и хлоридов в 2008 году значительно увеличилась по сравнению с предыдущим годом, при соответствующем сокращении доли нитратов.

Для улучшения ситуации с водными ресурсами в Тульской области, с нашей точки зрения, необходимо в первую очередь значительно сократить потери воды при ее транспортировке. Для этого необходимо принять срочные меры по восстановлению и ремонту изношенных трубопроводов. Во-вторых, с целью сохранения запасов подземных вод необходимо сократить сброс неочищенных сточных вод и оптимизировать водопотребление промышленных предприятий, на нужды которых идет более половины водных ресурсов региона. Без замены устаревших очистных сооружений сокращение сброса неочищенных стоков невозможно.

Библиографический список

1. *Охрана окружающей среды в Тульской области. Статистический сборник, 2009. Официальное издание Туластата*
2. *Экологическая обстановка в Тульской области в 2008 году. Аналитическая записка, 2009. Официальное издание Туластата*



УДК 622.235: 625.87

ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВЕРТИКАЛЬНОГО ВОДОЗАЩИТНОГО ЭКРАНА

Вапничная В.В.

*Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт», Украина*

Специфическое строение уплотняющей зоны в почве вокруг очага взрыва связано с пульсационными процессами при образовании газовой полости и деформировании массива, требует разработки специальных приемов повышения противофильтрационных характеристик зоны остаточных деформаций.

Введение. Взрывной способ улучшения стойкости грунтового массива против фильтрации воды основан на эффекте уплотнения грунта, который, в свою очередь, определяется объемом грунтовых пор и гидравлическими связями между ними. Экспериментально установлено [1, 2], что плотность необводненных суглинков, наиболее

распространенных грунтов в районах массового строительства, возрастает под действием взрыва на 20- 30% по сравнению с исходным состоянием, уменьшаясь дальше от источника взрыва до естественной плотности.

Однако вследствие ряда явлений в процессе образования газовой полости, а также в грунтовом массиве в процессе формирования уплотненной зоны конечная картина распределения плотности грунта весьма неоднородна.

Поскольку в ближней зоне взрыва уплотнение грунта сопровождается разрушением его структуры, в т.ч. структурных связей и поровых каналов, водопроницаемость грунтового массива в этой зоне существенно уменьшается [3]. Заметные противифльтрационные изменения происходят также в более отдаленных пластах грунтового массива, подверженного действию взрыва. Это явление объясняется эффектом средней зоны, в которой разрушение структуры грунта происходит практически без остаточных деформаций [3].

Анализ состояния вопроса. Согласно данным исследований природы и механизма действия импульсных возмущений на структурные элементы грунтового массива с привлечением спектрального анализа [4, 5], энергия ударной волны при взрыве распределяется в спектре импульса взрыва таким образом, что значительная ее часть приходится на низкие частоты, которые распространяются именно на отдаленные участки массива. Именно эти частоты способны в резонансном режиме разрушать такие крупные структурные образования, как грунтовые блоки и агрегаты. Таким образом, серия упругих колебаний сейсмического характера, действуя в периодическом режиме на структурные связи между крупными блоками и агрегатами, которые состоят из элементарных частиц, приводит к их разделению и распаду. Последующее закупоривание этими частицами фильтрационных поровых ходов, которое называется кольматацией, существенным образом влияет на фильтрационные процессы в зоне действия упругих колебаний.

Рассматривая противифльтрационные свойства деформированной взрывом зоны грунтового массива, нужно иметь в виду особенности ее пространственного состава. Чаще всего в грунтовых массивах со структурно неустойчивыми связями происходят выше описанные явления неравномерного, и на первый взгляд, незакономерно распределения остаточных деформаций. Понятно, что и фильтрационные свойства обработанного взрывом массива также должны распределяться неравномерно.



Особенно выразительно эта неоднородность может проявляться в технологии, в основу которой входит использование эффекта обрушения близлежащих к взрывной полости пластов деформированного массива [3]. Поскольку обрушивается прилегающий к взрывной полости, наиболее деформированный и уплотненный взрывом объем массива, который, безусловно, должен был обеспечивать главную сопротивляемость обработанного взрывом массива грунта возможной фильтрации снаружи, противифльтрационные свойства зоны уплотнения снижаются.

Кроме этого явления, в таких грунтовых условиях наиболее выразительно проявляется зона разуплотнения, образованная за счет пульсационных движений массива (рис. 1). Эта зона в сухих грунтах имеет плотность, близкую к естественной, а в водонасыщенных грунтах во время взрыва заполняется поровой влагой, отнесенной взрывом.

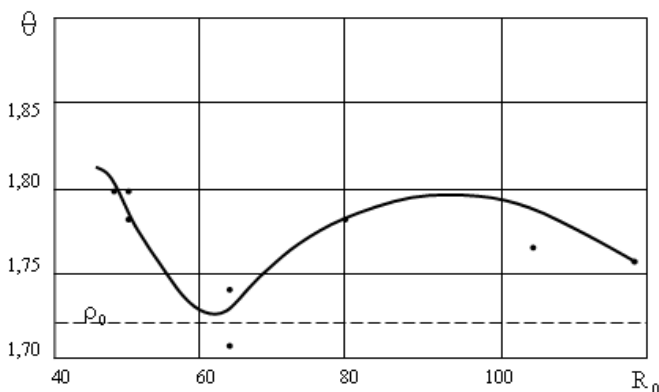


Рис. 1. Распределение остаточных деформаций в лессовидном суглинке при $\rho = 1,75 \text{ (г/см}^3\text{)}$

Следовательно, разрабатывая технологические элементы формирования водостойчивого экрана взрывом системы зарядов, нужно предусмотреть мероприятия, которые бы предупреждали или минимизировали упомянутые явления в зависимости от избранной технологии сооружения экрана.

Цель работы. Использование механизма зонального уплотнения грунтового массива взрывом системы параллельных зарядов для повышения водозащитных свойств вертикальной завесы.

Материал и результаты исследования. Если предполагается комбинация уплотнения структурно неустойчивого воздушно - сухого

или обводненного массива с частичным обрушением грунта из стенок взрывной полости и его смешиванием с кольматующим раствором в полости [6], нужно предотвращать разуплотнение деформированного взрывом массива из-за явления пульсации в более отдаленных слоях.

Исследование механизма деформационного взаимодействия совмещённых удлиненных зарядов свидетельствует о том, что ненадежными по фильтрации зонами в этом случае являются средняя зона между смежными зарядами в плоскости их расположения, а также зона разуплотнения, расположенная на определенном расстоянии от плоскости расположения зарядов (рис. 2).

Учитывая обрушение максимально уплотненной ближней зоны и образование средней зоны разуплотнения, интегральная противofiltrационная характеристика зоны уплотнения и соответственно эффективность взрывной техники формирования водозащитного экрана ухудшаются. В этом случае нужно, во-первых, принять расстояние между зарядами таким образом, чтобы состоялось обрушение перегородки в области массива между зарядами с тем, чтобы кольматующий раствор в скважине и затем – в полости в смеси с грунтом работал по всей плоскости зарядов, т.е. экран не имел разрывов. Во-вторых, нужно больше внимания уделить заполнению системы совмещённых взрывных полостей качественным кольматующим раствором.

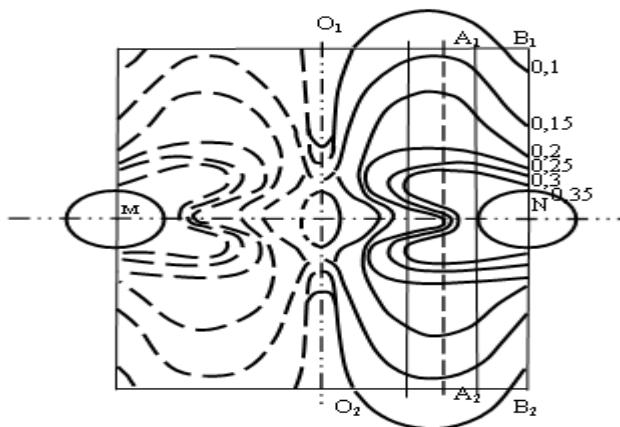


Рис. 2. Поле деформаций при взрыве совмещенных линейных зарядов

Если массив имеет более высокие показатели структурной прочности, то обрушение стенок полости и образование отдаленной зоны разуплотнения является незначительным. В этом случае зона



максимального уплотнения, образованная отдельными удлиненными зарядами в системе, сливается в сплошной экран, который в горизонтальном сечении имеет извилистое очертание, отвечающее картине распределения в массиве зарядов или взрывных полостей. Возможно, в последнем случае нужно в наиболее ответственных сооружениях для повышения надежности экрана применить технологию с боковым расположением пластичного элемента в том месте массива, где предполагается сужение поля остаточных деформаций, и между зарядами, где возможно образование ядра разуплотнения (рис. 2) [7].

Специфика и структура зоны остаточных деформаций при взрыве системы линейных зарядов исключают организацию подобного эксперимента в лаборатории, поэтому исследования фильтрационных свойств массива, уплотненного взрывом системы зарядов выполнялись в полигонных условиях.

В горизонтальной плоскости, которая пересекает вертикальный экран по нормали к его плоскости, с любой стороны экрана фильтрационный поток встречается поочередно со следующими слоями (рис. 3):

- наименее уплотненный слой с явлениями кольматации грунта под действием низких частот амплитудно-частотного спектра импульса взрыва;

- слой повышенной плотности;

- слой разуплотнения, заполненный кольматирующим раствором;

- уплотненный слой грунта, который примыкает к взрывной полости;

- слой кольматанта в смеси с обрушенным в полость грунтом, структура которого предварительно разрушена мощными пластическими деформациями и подвергнута влиянию высоких температур взрыва.

Двигаясь дальше, фильтрационный поток должен пересечь выше приведенные слои, но в обратном направлении, поскольку после приближения и пересечения плоскости зарядов он начнет отдаляться от нее. Итак, с обеих сторон от плоскости зарядов строение экрана и его свойства остаются неизменными.

Методически наиболее достоверные данные можно получить в случае, когда есть возможность создать в реальном грунтовом массиве постоянный фильтрационный поток, который пересекал бы бесконечный в плане вертикальный экран. Однако в полигонных условиях эта задача практически невыполнима, поэтому решено упростить задачу, поставив четыре типа экспериментов измерения фильтрационных затрат воды в буровой скважине:

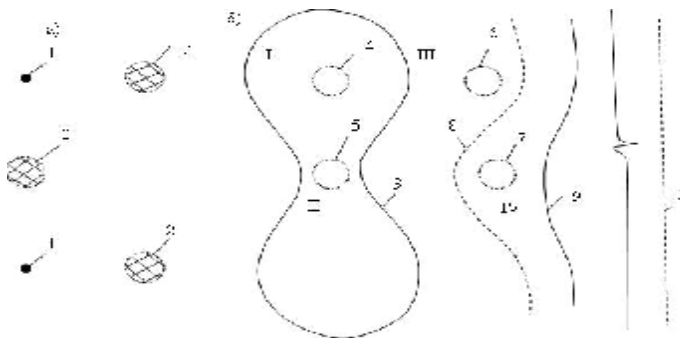


Рис. 3. Схема расположения элементов экрана и исследовательских скважин по вариантам I–IV:

1 – заряд; 2 – пластический элемент; 3 – граница зоны обрушения, заполненной глинистой суспензией; 4, 5 – скважины 4-7 (соответственно варианты I–IV); 8, 9 – внутренние и внешние границы зоны разуплотнения; 10 – граница зоны остаточных деформаций

- выбуренной в области экрана, который отвечает предыдущему расположению заряда (вариант I);
- пройденной в средней зоне между двумя совмещёнными зарядами (вариант II);
- размещенной по нормали к заряду на расстоянии 50г_з (вариант III);
- пройденной на указанном расстоянии от плоскости зарядов посередине между зарядами (вариант IV).

Эксперименты проведены в суглинках, которые характеризуются плотностью 1,7...1,8 т/м³ и объемной влажностью $W = 15...20 \%$. При эксперименте подорвано 2 параллельных вертикальных заряда массой 1,0 кг/м патронированного аммонита №6ЖВ и длиной 1,7 м. Параметры расположения зарядов согласовывали с рекомендованными методиками.

Забойкой служила емкость с глинистым раствором, в которой уровень раствора над устьем зарядной буровой скважины составлял 0,7 м. Зарядные скважины пробуривались диаметром 100 мм и после размещения заряда, закрепленного на рейке по оси буровой скважины, также заполнялись глинистым раствором. Схема расположения исследовательских скважин глубиной 1,6 м приведена на рис. 3, где номера 4 - 7 отвечают вариантам I – IV. Измерение уровня воды в буровой скважине велись от поверхности, при этом перед измерением уровень воды в буровой скважине устанавливался около 40 ± 10 см от



поверхности. Измерения осуществлялись на протяжении 3-х часов в течение контрольных суток. В другое время уровень воды старались выдерживать в установленных рамках. При расчетах удельных затрат воды в исследовательских буровых скважинах учитывалось, что поглощение воды в буровой скважине происходит по всей смоченной площади по ее периметру. При диаметре исследовательской буровой скважины $d_c = 50$ мм и длине смоченной части $l_g = 1,1$ м фильтрующая площадь составляла около $0,173$ м². Одновременно аналогичные измерения, выполненные в недеформированной части грунтового массива, где удельные затраты на фильтрацию составили в начале измерений 277 л/м²сут, в процессе насыщения массива водой в течение 1 мес. уменьшилась до 180 л/м²сут, оставаясь дальше на этом уровне.

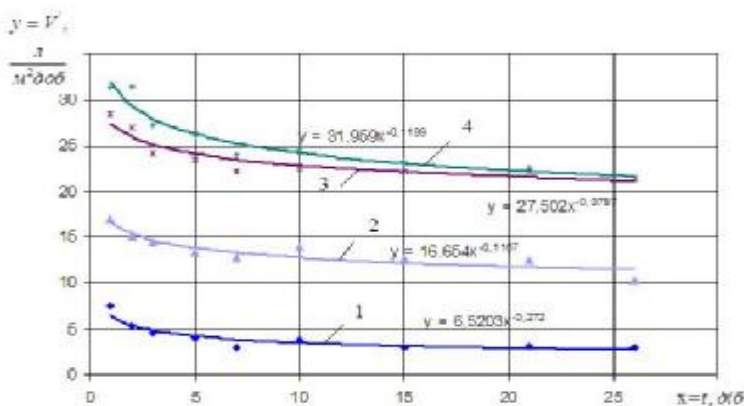


Рис. 4. Зависимость удельных фильтрационных затрат от времени наблюдений и местоположения пластического элемента в пределах деформированной зоны согласно вариантам I - IV на рис. 3

Анализ приведенных данных [8] свидетельствует о том, что наиболее высокий противифльтрационный эффект наблюдается в области полости, заполненной смесью глинистого раствора с обваленным из стенок пустоты грунтом, где имеют место незначительные затраты на фильтрацию. Значение удельной затраты воды в скважине 4 (кривая 1) после месяца наблюдений составляет около $3,0$ л/м²сут. В средней зоне между рядами (скважина 5, кривая 2) затраты воды возрастают до $10...11$ л/м²сут, что свидетельствует о наличии определенного снижения плотности грунта в этой зоне. Ощутимый и практически одинаковый рост удельной затраты воды отмечен в скважинах 6, 7, где на состоянии массива обозначились пульсационные про-

цессы в полости и соответствующие явления уплотнения - разуплотнения массива (кривые 3 и 4).

Выводы. Таким образом, исследования подтверждают ранее сделанные выводы о специфике деформационных процессов в области действия системы удлиненных зарядов в массиве структурно неустойчивого грунта. При формировании противифльтрационного экрана в таком грунте взрывным методом необходимо перед взрывом особое внимание уделить предварительной обработке тех зон, в которых согласно измерениям отмечается относительное ослабление противифльтрационного эффекта экрана. Особенно это касается области между зарядами, как в плоскости расположения зарядов, так и в зоне скважины 7. Такая обработка состоит во введении в предполагаемые области разуплотнения между смежными зарядами и за пределами плоскости зарядов растворов пластической консистенции, заполняющих разуплотненные области зональной структуры деформированного массива. Полученные оригинальные результаты исследований позволяют наметить последующие шаги по развитию технологии в части подбора эффективных кольматирующих составов для заполнения образуемых при взрыве зон ослабления и разуплотнения.

Библиографический список

1. Кравец В.Г. Динамика уплотнения грунтового массива взрывом / В.Г. Кравец. – К. : Наук. думка, 1979. – 134 с.
2. Вовк А.А. Деформирование сжимаемых сред при динамических нагрузках / А.А. Вовк, Г.И. Чёрный, А.Г. Смирнов. – К. : Наук. думка, 1971. – 176 с.
3. Вовк А.А. Основы прикладной геодинамики взрыва / А.А. Вовк. – К. : Наук. думка, 1976. – 274 с.
4. Кравец В.Г. Процессы и технологии формирования физико – технических свойств грунтов взрывом: дис. ... доктора техн. наук : 01.02.07 / Кравец Виктор Георгиевич. – К., 1982. – 250 с.
5. Кравец В.Г. Принципы управления волновыми процессами при сейсмовзрывном воздействии на массив просадочных грунтов / В.Г. Кравец, И.И. Денисюк // Использование энергии взрыва на объектах ирригационного и мелиоративного строительства в грунтах. – 1976. – С. 73–76.
6. Кравец В.Г. Технологічні параметри вибухового обвалення при створенні вибухом споруд типу „стіна в ґрунті” / В.Г. Кравец, В.В. Вапнічна // Вісник НТУУ „КПІ”. Серія „Гірництво”. – 2002. – Вип.7. – С.95–98.
7. Кравец В.Г. Формування вибухової виїмки та ущільненої зони в ґрунті в присутності пластичного елемента / В.Г. Кравец, В.В. Вапнічна // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія „Технічні науки”. – 2007. – №4 (43). – С.134–138.
8. Исследование противифльтрационных свойств вертикального водозащитного экрана / В.Г. Кравец, В.В. Вапничная, А.В. Дедешко, А.В. Францишко, //



УДК 504.064

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ АТМОСФЕРНОЙ ДИФфуЗИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И ИХ РОЛЬ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Соколов Э.М., Панарин В.М., Цветкова Ю.В., Пушилина Ю.Н.
Тульский государственный университет, Россия

В статье авторами рассмотрены основные математические модели атмосферной диффузии загрязняющих веществ, которые активно применяются в Европе и Америке, выявлены характерные черты каждой классифицированной группы, на основании чего поставлены основные задачи для создания новой математической модели.

Статья подготовлена по результатам Государственного контракта П619 «Проведение поисковых научно-исследовательских работ по теме «Разработка технологий мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферы крупных промышленных городов» в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы

Экология - развивающаяся междисциплинарная область знаний, включающую представления практически всех наук о взаимодействиях живых организмов, включая человека, с окружающей средой. Современная экология включает в себя науку и практические методы контроля за состоянием окружающей среды - мониторинг, охрану окружающей среды, учение о биогеоценозах и аторопологических воздействиях на природные экосистемы, эколого-экономические и эколого-социальные аспекты. Все это определяет и предмет математической экологии, объединяющей математически модели и методы, используемые при решении проблем экологии.

Воздействие внешних факторов на экологическую систему нельзя рассматривать независимо друг от друга, так как комбинированное действие нельзя свести к сумме действующих факторов. Тем более сложной задачей является количественное описание реакции сложной системы на комплексное воздействие различных факторов.

Все эти обстоятельства приводят к невозможности описать сложные экосистемы с помощью простых редуцированных "механистических" моделей. Необходимы либо сложные имитационные модели, объединяющие в одну сложную систему на модельном уровне знания об элементах системы и типах их взаимодействия, либо упрощенные интегрированные модели типа "воздействие - отклик", интегрирующие данные большого числа наблюдений над экосистемой.

Современные математические модели в экологии можно разбить на три класса. Первый - описательные модели: регрессионные и другие эмпирически установленные количественные зависимости, не претендующие на раскрытие механизма описываемого процесса. Второй - модели качественные, которые строятся с целью выяснения динамического механизма изучаемого процесса, способные воспроизвести наблюдаемые динамические эффекты в поведении систем, такие, например, как колебательный характер изменения биомассы или образование неоднородной в пространстве структуры. Третий класс - имитационные модели конкретных экологических и эколого-экономических систем, учитывающие всю имеющуюся информацию об объекте. Цель построения таких моделей - детальное прогнозирование поведения сложных систем или решение оптимизационной задачи их эксплуатации.

Важную практическую задачу математической экологии представляет расчет распространения загрязнений от уже существующих предприятий и планирование возможного размещения промышленных предприятий с соблюдением санитарных норм.

Особый статус имеют математические модели, в которых рассматриваются глобальные изменения биоты в результате тех или иных антропогенных воздействий, или изменений климата в результате космических или геофизических причин. Классической является модель ядерной зимы, предсказавшая глобальное изменение климата на срок в несколько десятилетий в сторону понижения температур ниже нуля по Цельсию и гибель биосферы в случае ширококомасштабной ядерной войны. Смысл таких глобальных моделей заключается в том, что они позволяют оценить вклад отдельных процессов и регионов в общий баланс вещества и энергии на Земле, и решать обратную задачу о влиянии на локальные процессы этих глобальных показателей. Такой всесторонний учет множества факторов и связей возможен только в рамках моделей, интегрирующих знания о тысячах взаимосвязей и десятках и сотнях тысяч параметров пространственно неоднородной системы и возможен только с использованием современной вычислительной техники и геоинформационных технологий.



В создании математических моделей атмосферной диффузии загрязняющих веществ для расчета и прогноза загрязнения воздуха в РФ особую роль играют официально утвержденные так называемые "нормативные" модели расчета загрязнения атмосферы. В настоящее время в России используются десятки тысяч копий программ расчета загрязнения атмосферы, которые разработаны на основе нормативной методики, они широко используются в атмосфероохранной практике для оценки воздействия существующих или проектируемых источников выброса на окружающую среду, установлении нормативов предельно допустимых выбросов предприятий, разработки архитектурно-планировочных решений и пр.

Математические модели также используются, как основной инструмент, при прогнозе загрязнения атмосферы. С этой целью в нашей стране широко применяются физико-статистические модели. Основные математические модели, используемые на европейской территории:

1. ADMS 4 – модель атмосферной дисперсии.

Модель оценки качества воздуха для цели регулирования и соблюдения норм в отношении промышленных источников. ADMS 4 сделана на базе модели рассеивания в атмосфере пассивных выбросов, источников с непрерывной или конечной длительностью выбросов из одного или нескольких источников, которыми могут быть как один объект, так и совокупность источников. Система имеет ряд отличительных особенностей: 1. распределение гауссовских концентраций в стабильных и нейтральных условиях. 2. распространение зависит от скорости ветра и турбулентности. 3. метеорологические данные, необходимые параметры пограничного слоя, такие как, скорость ветра, дневная облачность, поверхностный поток тепла и т.д. 4. расчет средних значений концентрации и радиоактивности, а средняя концентрация усреднена в диапазоне от нескольких секунд до одного года.

2. ADREA: Модель включает следующие модули: ADREA-I: трехмерная, негидростатическая предвещающая мезомасштабная модель. ADREA-D: Трехмерная модель дисперсии Eulerian.

ADREA-I использует конечную методологию объемов для численного решения уравнений сохранения со ступенчатой сеткой скоростей. Алгоритм SIMPLER/ADREA состоит из преобразования уравнения сохранения массы смеси в полное уравнение давления, решение за временной шаг в соответствии с повторяющейся процедурой, решение за переменную итеративным методом пункта Gauss-Seidel и автоматическим выбором временного шага, основанным на ошибочных группах конвергенции. Уравнения решены по Декарту на равноудаленной сетке. Топография описана треугольными поверхностями, которым по-

зволюют пересечь вычислительные ячейки (пористость объема и поверхностные понятия проходимости). Граничные условия для переменных могут быть или постоянным значением, нулевым градиентом или нулевым потоком в пограничных поверхностях.

3. AIPOC: Стохастическое моделирование и предсказание воздушных концентраций загрязнителей в местоположениях, где установлены контрольные станции качества воздуха. Статистическая модель, которая описывает развитие времени воздушных концентраций загрязнителя. AIPOC - прогнозирующая модель, которая позволяет описывать развитие времени воздушных концентраций загрязнителей. Модель описывает поток воздушных концентраций загрязнителей как функция: а) прошлые концентрации и б) различия между ожидаемыми значениями концентраций и наблюдаемыми величинами, в предыдущих периодах времени. Только для оценки параметров прогнозирующих моделей используются данные за 6 месяцев, в случае почасовых предсказаний, и 2 года, в случае ежедневных предсказаний.

4. AURORA: Система моделирования качества воздуха AURORA разработана, чтобы моделировать выбросы транспорта, химические преобразования и смещения атмосферных элементов в городах. AURORA - трехмерная модель Eulerian. Региональные заявления с типичной ячейкой сетки измеряют в пределах от 250 м. к 30 км, по областям 30 км - 3000 км соответственно. Модель AURORA состоит из нескольких модулей. Генератор эмиссии AURORA вычисляет почасовую эмиссию загрязнителя при желаемом решении, основанном на доступных данных эмиссии. Модель использует почасовые метеорологические входные данные и данные эмиссии, чтобы предсказать динамическое поведение воздушных загрязнителей. Это приводит к почасовой трехмерной концентрации и двумерным областям смещения для всех разновидностей интереса.

5. CALGRID: Моделирование реактивной дисперсии загрязнителей и преобразование на мезомасштабном и на региональном уровне. Горизонтальная адъективная схема, основанная на спектральной формуле, которая сохраняет массу точно, запрещает отрицательные концентрации, и показывает уровень числового распространения, которое является промежуточным между классом E и F (класс PGT) дисперсии. Выбор нескольких вертикальных уровней, делающих интервалы между схемами включая динамический, полулогарифмический и произвольный интервал уровня. Эти схемы составляют все вертикальные компоненты потока с перемещением или постоянными уровнями без использования отдельных компонентов. Модель для вычисления



сухих норм смещения как функция геофизических параметров, метеорологических условий и особенностей загрязнителя.

6. CALINE4: Дисперсионная модель для того, чтобы предсказать воздушные концентрации загрязнителя около дорог. CALINE4 - модель, основанная на Гауссовском уравнении распространения. Цель модели состоит в том, чтобы оценить воздействия качества воздуха около транспортных магистралей. Исходные данные - метеорология и геометрия участка, модель может предсказать концентрации загрязнителя для рецепторов, расположенных в пределах 500 метров от шоссе. У модели также есть специальные варианты для того, чтобы смоделировать качество воздуха около пересечений, уличных стоянок для автомобилей.

7. CAR-FMI: Модель оценивает атмосферную дисперсию и химическое преобразование от ряда источников в местном масштабе. Модель запрашивает информацию и метеорологические параметры на почасовой основе. Это вычисляет временной ряд концентраций и связанной статистики в определенных пользователем пунктах рецептора. Система моделирования включает модель эмиссии, модель дисперсии, статистический анализ вычисленного временного ряда концентраций. Метеорологические данные для модели оцениваются метеорологическим препроцессором FMI. Модель включает влияние конечной высоты смешивания на дисперсию. Система вычисляет статистические параметры концентрации с почасовым временным рядом. Система моделирования оценивает изменение времени региональных второстепенных концентраций, основанных на данных от контролирующей станции, расположенной вне городской территории.

8. CHIMERE - моделирование качества воздуха: Мультимасштабная модель CHIMERE прежде всего разработана, чтобы ежедневно производить прогнозы озона, аэрозолей и других загрязнителей и делать долгосрочные прогнозы для сценариев контроля за эмиссией. CHIMERE использует диапазон пространственного масштаба от регионального уровня (несколько тысяч километров) к городскому масштабу (100-200 км) с решениями от 1-2 км до 100 км. CHIMERE предлагает много различных вариантов для моделирований, которые делают его также сильным инструментом исследования для того, чтобы проверить параметризацию, химический механизм (МЕЛКИОР) приспособлен от оригинального механизма EMEP.

9. DISPERSION21: Модель предназначена как инструмент РС, чтобы вычислить массовые концентрации классических воздушных загрязнителей из промышленных или городских источников. Модель используется в исследованиях сценария, чтобы оценить эффекты на

качество воздуха из существующих или запланированных источников. Система, которая была разработана в SMHI, примиряет результаты исследования граничного слоя относительно дисперсии в моделирующей системе. Для массовых источников параметры дисперсии связаны с гауссовским уравнением, используя функции для аналитических линейных сегментов. Модель включает исходный регистр и гибкий модуль эмиссии для транспортных источников. Факторы эмиссии вычислены как функция объемов перевозок, скорость транспортного средства, окружающая воздушная температура и т.д. для десяти различных классов транспортного средства. Система включает исходный регистр для тысяч источников загрязнения. Метеорологический вход может быть произведен от обычных метеорологических данных. Модель широко используется в Швеции.

10. FARM: Трехмерная модель сетки Eulerian для дисперсии, преобразования и смещения реактивных загрязнителей (включая фотхимию и макрочастицы), разработанная, чтобы использоваться в: социологических исследованиях, анализе эпизодов и исследование процессов формирования и накопления загрязнителя; анализ сценариев и эффектов региональной эмиссии; прогноз загрязнения в сложных ситуациях, которые стимулируют предвещающие метеорологические модели. Главные особенности модели: эмиссия от области от источников загрязнения, трехмерное передвижение адвективным и бурным распространением; преобразование химических разновидностей газовой фазы, с гибкой конфигурацией механизма; моделирование аэрозоля, используя две различных схемы; сухое удаление загрязнителей, зависящих от местной метеорологии и землепользования; влажное удаление через процессы очистки осаждения; возможность одного - или двухстороннее вложение с произвольным числом вычислительных сеток; интерфейс с полной системой моделирования для моделирования качества воздуха мультимасштаба.

11. NAVAR: Модель оценки радиологических последствий радиоактивных выбросов в атмосферу из обычных атмосферных выбросов радионуклидов во время нормального функционирования атомных электростанций. Программа вычисляет ежегодные средние значения концентрации выбросов, депонированной деятельности по основанию и соответствующим дозам. Гауссовская прямолинейная модель дисперсии. В модели проанализированы случайные выбросы радионуклидов в атмосферу от различных по высоте источников. Случайные выбросы характеризованы переменной интенсивностью выбросов радиоактивных продуктов и сильной зависимостью от изменений метеорологических условий в близости участка. Смоделировано дальнейшее



передвижение радионуклидов через окружающую среду к человеку, с учетом динамического моделирования перемещения радионуклидов через пищевые цепи.

12. LASPORT: Модель для вычисления загрязнения от аэропорта и концентрации загрязнителя в атмосфере. Для вычисления дисперсии используется лагранжевая модель. Движение самолета считается или индивидуально на основании журнала движения или в более обобщенной форме, для группы самолетов. Полная эмиссия различных исходных групп может быть вычислена отдельно от вычисления дисперсии. Вычисление дисперсии основанно на метеорологическом временном ряде, чтобы составлять корреляцию между эмиссией и метеорологией. Выходные движущие силы машинного выхлопа, теплового излучение, и химические преобразования учитываются в модели.

13. METRAS: В трехмерной негидростатической модели METRAS область ветра, температура, влажность, облако и содержание дождевой воды так же как концентрации трассирующего снаряда вычислены от предвещающих уравнений, давление и плотность вычислены от диагностических. В модели используются различные схемы: местная схема закрытия (смешивающий подход длины), схема закрытия профиля и нелокальная схема. Облака могут быть вычислены с Kessler-схемой. Уравнения решены на ступенчатой сетке Arakawa-C. Место сетки может быть неоднородным во всех трех направлениях. Мезомасштабный негидростатический вклад давления вычислен неявным сопряженным методом градиента или с многосеточной схемой.

14. MUSE: Многослойная модель дисперсии для реактивных разновидностей. Атмосферный граничный слой разделен на отдельные слои (по крайней мере три), толщина которого может меняться в ходе дня. Это изменение отражает соответственно динамику атмосферного граничного слоя. Верхний слой служит слоем бассейна, расположенным только выше граничного слоя. Мелкий слой, смежный с основанием, используется для того, чтобы моделировать сухое смещение. Благодаря модульной структуре химические преобразования можно рассматривать, используя любой подходящий механизм химической реакции.

15. ONM9440: Гауссовская модель использует традиционную дискретную схему классификации стабильности с параметрами дисперсии. Коэффициенты распространения, используемые моделью, с временной зависимостью. Классы стабильности определены как функция происходящие каждые полчаса изменения скорости ветра и/или комбинация угла расположения солнца и облачного покрова или вертикальный температурный градиент. Формулы, используемые в моде-

ли, являются комбинацией формул, предложенных Карсоном и Моисеем (1969) и Briggs (1975).

16. OPS: Модель предназначена для моделирования усредненных временных концентраций и смещений к региональному уровню атмосферной эмиссии. Эмиссия может произойти из широкого диапазона источников. Период усреднения может колебаться от одного месяца до долгосрочного (15-летнего) периода. Модель OPS может быть характеризована как лагранжевая модель, в которой уравнения перемещения решены аналитически. Основные метеорологические данные, необходимые модели (ветер, температура, солнечное излучение и осаджение), взяты от 16 станций сети KNMI в Нидерландах. Модель определяет для определенных свойств пункта каждого рецептора вставкой региональных данных в зависимости от ландшафта.

17. TNO-Traffic: Транспортная Модель TNO является детальной моделью для того, чтобы вычислить загрязнение воздуха вдоль улиц и дорог. Модель описывает дисперсию эмиссии от произвольной комбинации источников линии и имеет модули для того, чтобы оценить влияние различных типов препятствий на дисперсию. Модель основана на большом количестве моделирований аэродинамической трубы дорог в комбинации со зданиями, деревьями и шумовыми барьерами, на оценках контролирующих данных придорожного загрязнения воздуха и на аэродинамике. В случае исключительных конфигураций дорог или препятствий, необходимая экспертиза моделирования доступна, чтобы утвердить принятия на себя ответственности модели и изменить их как требуется.

Современная математическая экология представляет собой междисциплинарную область, включающую всевозможные методы математического и компьютерного описания экологических систем. Теоретической базой для описания взаимодействий между видами в экосистемах служит динамика популяций, которая описывает базовые взаимодействия и дает качественную картину возможных паттернов поведения переменных в системе. Для анализа реальных экосистем применяется системный анализ, при этом степень интегрированности модели зависит как от объекта, так и от целей моделирования. Моделирование многих водных экосистем, лесных ценозов, агроэкосистем является действенным средством разработки методом оптимального управления этими системами. Построение глобальных моделей позволяет оценить глобальные и локальные изменения климата, температуры, типа растительного покрова при разных сценариях развития человечества. Очень важно развитие и появление новых моделей, отвечающих требованиям в соответствии с развивающимся Обществом.



Библиографический список:

1. http://www.mgo.rssi.ru/l_model/index.html
2. <http://pandora.meng.auth.gr>
3. Зуйкова А.А. Оценка опасности химического объекта / В.М.Панарин, А.А.Зуйкова, Т.А. Короткова // Труды Рубцовского индустриального института. Вып. 13. Технические науки. - Рубцовск. - 2003. - С.103-111.
4. Михно Е.П. Ликвидация последствий аварии и стихийных бедствий / Е.П. Михно - М.: Атомиздат, 1979. - 288 с.
5. Новоселов А.В. Управление территорией: системы поддержки решений по вопросам БЖД и экологии / Новоселов А.В. // Проблемы экологии Южного Урала. - 1996. - № 3. - С. 34-36.
6. Скорняков В.П. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие. Ч.2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях / В.П. Скорняков - М., 1996. - 114 с.
7. Эпов А. Аварии, катастрофы и стихийные бедствия в России / А.Эпов - М.: Виктория, 1995. - 232 с.



УДК 504.064

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ

**Панарин В.М., Горюнкова А.А., Пушилина Ю.Н.,
Рощупкин Э.В., Ивановская Е.Н.**
Тульский государственный университет, Россия

Приведена подборка систем контроля за состоянием воздушного бассейна в условиях города.

Статья подготовлена по результатам Государственного контракта П619 «Проведение поисковых научно-исследовательских работ по теме «Разработка технологий мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферы крупных промышленных городов» в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы

Научные исследования в области охраны окружающей среды сейчас сориентированы на снижение возможных отрицательных последствий того или иного вида хозяйственной деятельности, направлены на разработку эффективных методов очистки газовых выбросов и сточных вод, на обоснование норм допустимых воздействий на природные экосистемы. Среди таких исследований особое место занимают исследования по созданию и применению систем мониторинга воз-

душной среды. Для осуществления мониторинга загрязнения окружающей среды разработаны различные системы.

Автоматизированная система наблюдений и контроля окружающей среды (АНКОС-АГ) предназначена для автоматизированного сбора, обработки и передачи информации об уровне загрязнения атмосферного воздуха. Система позволяет непрерывно получать информацию о концентрации примесей и метеорологических параметрах в населенных пунктах или около крупных промышленных предприятий. Технические возможности регистрации, передачи, хранения и обработки данных о загрязнении атмосферного воздуха позволили разработать основные принципы функционирования автоматизированных систем наблюдения за состоянием атмосферного воздуха. Системы АНКОС-АГ обеспечивают:

- систематическое измерение заданных параметров атмосферного воздуха;
- автоматический сбор информации со станций АНКОС;
- сбор информации от неавтоматизированных звеньев наблюдений (например, от стационарных и передвижных постов);
- оперативную оценку ситуации по известным значениям ПДК;
- краткосрочный прогноз уровней загрязнения контролируемых примесей;
- обработку и выдачу информации.

Время усреднения данных о концентрациях примесей составляет не менее 20 - 30 мин. что соответствует времени отбора проб в погложительные приборы. Частота выдачи информации автоматизированной системы может составлять от нескольких минут до нескольких часов.

Система контроля атмосферы СКАТ-1 представлена на рисунке 1. Технические условия: НБЯЛ.421419.001 ТУ-98 № Госреестра: 19029-99.

Предназначена для непрерывного автоматического контроля двуокиси углерода CO_2 и влажности в атмосфере производственных помещений, а также контроль ПДК рабочей зоны по CO_2 . Система СКАТ-1 позволяет обеспечить автоматическую регулировку технологического процесса подачи углекислого газа с помощью переключающихся контактов реле порогов срабатывания "мало" и "много" (включение и отключение газогенераторов, регулирование заслонок подачи топочных газов котельной) и т.д. С помощью пульта контроля можно проводить калибровку датчиков без демонтажа. В состав системы входит от одного до четырех датчиков CO_2 и влаги.

Автоматический пост экологического контроля атмосферного воздуха предназначен для проведения непрерывного автоматического



измерения массовой концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и контроля метеорологических параметров. Учитывая его габариты, массу и функциональные возможности, АПЭК может использоваться как передвижное средство для проведения регулярных маршрутных экологических исследований атмосферного воздуха, а также для проведения оперативных измерений загрязнения окружающей среды при аварийных и нештатных ситуациях на полигонах, промышленных площадках, в населенных пунктах.



Рис. 1 - Система контроля атмосферы СКАТ-1

Пост АПЭК изготавливается в двух модификациях: автоматический пост экологического контроля (пост АПЭК) и автоматическая станция контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА-М). Корпус поста АПЭК выполнен в виде цилиндра диаметром 1,9 м и высотой 2,8 м с полусферической крышкой из алюминиевого сплава, устанавливаемого или стационарно на опору (сваю) на высоте 2,5 м от поверхности земли, или на передвижную платформу.

Корпус станции АСКЗА-М выполнен в виде прямоугольного павильона размером 3х2,4х2,2 метра, устанавливаемого стационарно на бетонное основание.

Пост АПЭК и станция АСКЗА-М состоят из комплекса измерительной аппаратуры, комплекса служебных систем и конструкции общей сборки.

Передвижная лаборатория «АТМОСФЕРА-2» предназначена для осуществления контроля за загрязнением воздуха, измерения метеорологических параметров: атмосферного давления, скорости и на-

правления ветра, температуры и относительной влажности воздуха, а так же экспрессной оценки загрязнения вод и почвы. Лаборатория передвижная «АТМОСФЕРА-2» используется в системе гидрометслужб, организациями, осуществляющими контроль за загрязнением атмосферы, воды, почвы.

Автоматизированная система контроля пылегазоочистных установок «АСК ПГУ» предназначена для:

- автоматического сбора, анализа, обработки, передачи и отображения концентраций фтористого водорода, сернистого ангидрида, температуры и объема отходящих газов, количества пыли, а также расхода содовых растворов, применяемых для мокрой очистки отходящих газов;
- диагностирования работы газоочистных установок, расчет эффективности управления их работой;
- накопление банка данных, формирование и печать отчетных документов.

Система применяется на предприятия цветной и черной металлургии, а также любые производства с вредными выбросами газов и пыли в атмосферу.

К достоинствам системы относятся:

- комплексный автоматический контроль и управление параметрами пылегазоочистных установок;
- использование для контроля основных параметров пылегазоочистных установок высоконадежных и имеющих европейскую сертификацию импортных приборов ведущих зарубежных фирм мира, таких как «Байер Диагностик», «ЗИК» и других;
- оптимальное сочетание импортного и отечественного оборудования, позволяющее значительно снизить валютные затраты;
- применение энергонезависимых запоминающих устройств, позволяющих сохранять информацию в течение 72-х часов при отключении питающей сети.

Многоканальная газоаналитическая система СКАПО, предназначенная для непрерывного автоматического контроля концентраций токсичных, взрывоопасных газов и кислорода сигнализации о превышении заданных порогов, а также управления исполнительными устройствами.

Достоинства системы:

- структура системы позволяет заменить практически весь парк существующих на производстве стационарных газоаналитических приборов и контролировать на производстве до 256 потенциально опасных точек;
- контролируемый объект может быть расположен на расстоя-



нии до 3000 метров от блока сигнализации и управления. При создании системы контроля максимальное удаление объекта до 65 километров;

- широкий спектр контролируемых газов обеспечивается возможностью комплектования системы датчиками с различными принципами действия, в том числе оптико-абсорбционными и терромагнитным;

- инфракрасная технология измерения применяется в экстремальных условиях и позволяет использовать датчик ДАК даже в зонах, где типичные отравители катализа нарушают нормальную работу термохимических сенсоров;

- все датчики собственного изготовления и имеют единый конструктив, что позво позволяет значительно упростить монтаж и эксплуатацию системы;

- возможность архивирования информации о состоянии объектов и имевших место аварийных ситуациях позволяет контролировать и протоколировать состояние загазованности;

- наличие энергонезависимой памяти дает возможность сохранять информацию при отключении сетевого питания;

- по заказу возможно комплектование системы блоками местной сигнализации (БМС) позволяющими контролировать (световая и звуковая сигнализация) факт превышения загазованности не только в операторной, но и на объекте в месте установки датчика;

- блоки реле позволяют управлять мощными исполнительными устройствами (аварийная вентиляция, сирены для оповещения персонала и населения и т. д.) с целью предотвращения или ликвидации аварийных ситуаций;

- в системе имеется возможность программирования порогов срабатывания сигнализации, передачи информации на IBM совместимый компьютер по RS232 с отображением на мониторе мнемосхемы контролируемого объекта и просмотра архива в табличном или графическом виде.

При анализе состояния атмосферного воздуха используются также различные газоанализаторы и хроматографы. Среди отечественных производителей данной аппаратуры можно отметить предприятие «Дельта», Политехформ • М, (г. Москва), «Аналит прибор», ТД «Автоматика» (г. Смоленск), «Цвет» (РФ) и др.

Среди иностранных фирм – изготовителей портативного хроматографического оборудования безусловным лидером является PHOTOVAC (Голландия). Изготавливаемые фирмой портативные и переносные приборы предназначены для определения летучих органи-

ческих соединений и воздухе, воде и почве при проведении контроля окружающей среды, воздуха рабочей зоны, производства. Достижением в мониторинге является изготовление ионизационных детекторов, таких как MicroFID и 2020. Ионизационные детекторы - это питаемые от батарей легкие переносные приборы (от 0,8 до 3,7 кг) для определения общего содержания легких углеводородов в режиме мониторинга или анализа отдельных проб. Встроенный насос отбирает пробу через фильтр, через 3 секунды получается результат. В случае превышения допустимых концентраций инициируется световой или звуковой сигнал. Накопленные результаты могут быть переданы на персональный компьютер.

Объединение газоанализаторов и стационарных экологических постов в единую сеть наблюдений и контроля загрязнения атмосферного воздуха является в настоящем и будущем единственным экспериментальным средством оценки состояния загрязнения атмосферного воздуха и применимости математических моделей рассеяния примесей в атмосфере. Общими задачами сети являются повышение эффективности, качества, надежности и достоверности данных наблюдений и внедрение новых методов многокомпонентного анализа примесей в атмосферном воздухе и в отходящих газах:

- достижение оптимального соотношения используемых в различных городах и населенных пунктах методов ручного отбора и анализа проб воздуха и полуавтоматических методов, повышение автоматизации средств измерений;
- повышение оперативности сбора, обработки, передачи и использования данных наблюдений в задачах контроля и регулирования уровней загрязнения атмосферного воздуха;
- установление тенденций и причин изменения уровней загрязнения атмосферного воздуха.

Библиографический список:

1. Алексеев В.А. Адаптивный экологический мониторинг окружающей среды / В.А. Алексеев, А.В. Арефьев, Т.Е. Габричидзе, В.И. Заболотских // *Экология и промышленность России*. – 2002. – № 10. – С.11-13.
2. Захаров Е.И. *Экология* / Е.И. Захаров, Э.М. Соколов. – 2ч. – ТулГУ-Тула, Изд-во ТулГУ. – 1999. – 325с.
3. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами / А.Г. Ивахненко. – Киев: Техніка, 1975. – 350 с.
4. Фомин Г.С. Воздух. Контроль загрязнений по международным стандартам: справочник / Г.С. Фомин, О.Н. Фомина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Протектор, 2002. – 432 с.: ил.





УДК 622.8

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПЛОЩАДНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ

Гендлер С.Г., Ковшов С.В., Кузнецов В.С.

*Санкт-Петербургский государственный горный институт
(технический университет) имени Г.В. Плеханова, Россия*

In article the analysis size structure of the dust allocated from the vulgar sources on open-casts mine of building materials is carried out. Dependences Dust carrying out from surfaces of technogenic territory from speed of an air stream, size structure of a dust and a way of decrease in dust loading are received. Efficiency of creation protective dust pressing layer is proved.

При разработке месторождений открытым способом образуются большие площади земель, разрушенных горными работами. При определенных метеорологических условиях эти площади становятся интенсивными источниками пылеобразования. К таким внешним источникам относятся борта и рабочие площади карьера, отвалы вскрышных пород и хвостохранилища, а также временные и постоянные склады готовой продукции. В результате происходит образование техногенных массивов, представленных горными породами, отходами обогащения, золами, шлаками, шламами. В настоящее время только в России извлечено из недр и находится в отвалах и хвостохранилищах около 500 млрд. м³ горных пород и отходов переработки полезных ископаемых.

На территории Афанасьевского карьера в Московской области были проведены исследования по изучению аэродинамической обстановки вблизи источников пылеобразования и при перемещении пылевого потока.

Отвал представляет собой единый площадной источник пылеобразования высотой 10м, общей площадью 0,2 га.

Основным параметром пылевого потока является концентрация пыли, величина которой изменяется по мере перемещения пыли. На ее значение будут в значительной степени влиять влажность пыли, дисперсный состав, изменение ее химического и вещественного состава, физические свойства.

С целью установления характера рассеивания пыли в условиях функционирования Афанасьевского карьера, было выполнено компьютерное моделирование процесса пыления отвала пустой породы.

Основное количество пыли выделяется в летний период и наибольший ущерб наносится в том случае, когда пылевое облако распространяется за пределы 300 м санитарно-защитной зоны. В процессе расчетов рассматривались климатические условия, соответствующие летнему периоду, а в качестве наиболее опасных направлений ветра были выбраны Западное и Юго-Западное, совпадающие с местом расположения административных зданий предприятия относительно отвалов пустой породы. При фактическом значении интенсивности выделения пыли с поверхности отвала, составляющем 17,7 г/с и общей пылящей поверхности отвала породы 0,2 га, на основе пакета прикладных программ серии "Эколог 3.0", была построена карта рассеивания неорганической пыли (рис.1).

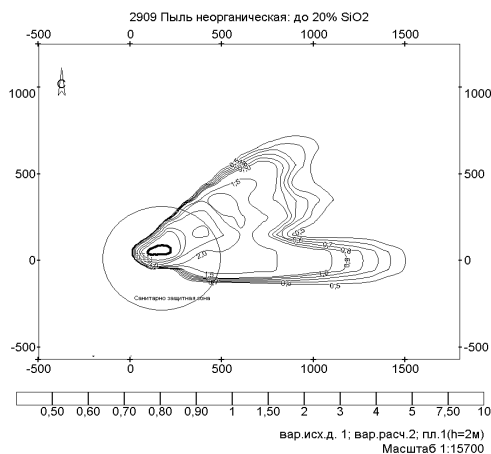


Рис.1. Карта рассеивания неорганической пыли на Афанасьевском карьере

Анализ полученных данных показал, что при скорости Западного (Юго-Западного) ветра равной 3-6 м/с на границе санитарно-защитной зоны от источника наблюдается превышение концентрации пыли в 1,5-3,5 ПДК. Изучение гранулометрического состава материала производилось методом ситового анализа. Разделение пыли при рассеивании производилось по геометрическим размерам частиц [1].

По данным лабораторных исследований фракционного материала (кварцевого песка) было установлено, что дисперсный материал представлен в основном частицами диаметром 1,6-0,071 мм.

Результаты ситового анализа дисперсного состава пыли представлены на рисунке 2.

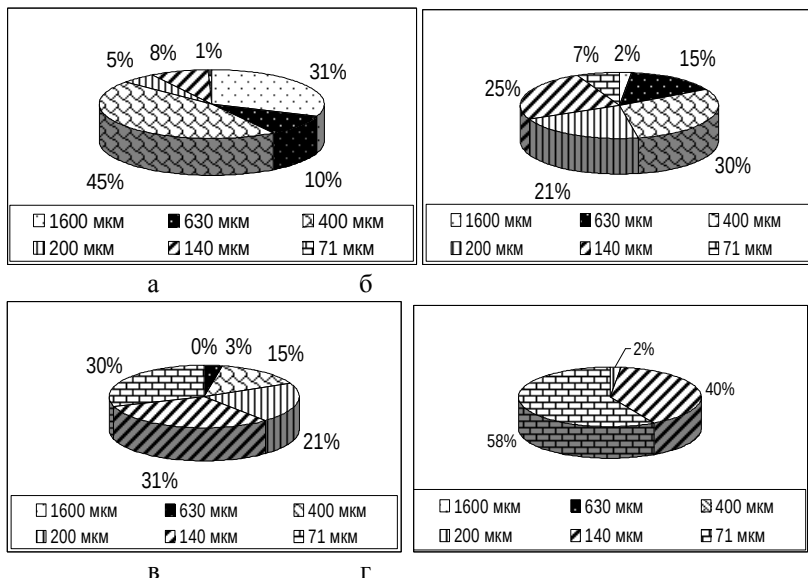


Рис. 2. Изменение дисперсного состава пыли при удалении от отвала
а – в отвале; б – на расстоянии 10 см; в – на расстоянии 50 см; г – на расстоянии 70 см

Как видно из рисунка 2 при удалении от отвала происходит быстрое оседание крупных частиц из пылевого потока. Так, уже на расстоянии 10 см резко снижается количество частиц крупнее 1,6 мм, а на расстоянии 50 см частицы крупнее 0,63 мм составляют в пылевом потоке около 3 %. В пылевом потоке на расстоянии более 70 см основная масса частиц пыли имеет размеры менее 0,14 мм.

Аналогичная картина наблюдалась при исследовании пылевого потока в районах техногенных массивов Алексеевского карьера цементного сырья в Республике Мордовия. Наиболее крупные частицы пыли со средневзвешенным диаметром 140-70 мкм осаждались на расстоянии 80-200 м от источника пылевыделения, а мелкие частицы диаметром 75 мкм и менее были обнаружены на расстоянии 1000 м и более от техногенного массива.

Таким образом, проведенные исследования показали, что при удалении от источников пылеобразования наблюдается равномерное снижение количества крупных и наиболее мелких частиц пыли в пылевом потоке, и при достижении пылевым потоком промышленных зданий и сооружений в его составе преобладают частицы пыли размером менее 71 мкм. В связи с этим в лабораторных условиях дисперсный ма-

териал исследовался на количество унесенной пыли с сухой поверхности массива под действием атмосферных потоков различной скорости.

В лабораторной установке был смоделирован сухой отвал из породы, взятой с Алексеевского карьера. Его площадь составила 180 см^2 . Дисперсный состав отвала был представлен частицами 1,6-0,71 мм (в основном 0,4 мм). Этот отвал продувался в течение 15 минут при скорости ветра 2-10 м/с. Эксперимент состоял из 5 этапов, повторность опытов каждого этапа 6 кратная. Результаты эксперимента занесены в таблицу 2.

Удельное пылевыведение с 1 м^2 поверхности техногенного массива с учетом лабораторных и расчетных данных, составит 0,0109 т/год.

Таблица

Результаты экспериментальных исследований пылеуноса с сухой поверхности

№	Скорость, м/с	Общая масса пылеуноса, мг	Интенсивность сдувания пыли, мг/с
1	2	1,6	0,0018
2	4	3,2	0,0036
3	6	6,9	0,0077
4	8	15,0	0,0167
5	10	39,6	0,0440

На втором этапе эксперимента определялась эффективность пылеподавления диспергированной водой. Аналогично первому этапу, отвал обдувался воздушным потоком со скоростью 2-10 м/с при одновременной подаче диспергированной воды.

В результате эксперимента с поверхности увлажненного отвала практически сразу же после его орошения не наблюдалось сдувание отдельных частиц пыли, что говорит об эффективности данного способа борьбы с пылью. В то же время, уже через 1 ч четко наблюдалось сдувание отдельных частиц. Пылевыведение при скорости воздушного потока 6 м/с с поверхности увлажненного массива составило 3,8 мг против 6,9 мг с сухой поверхности. При орошении пылевого материала водой путем ее диспергирования, при неизменных прочих условиях, дальность пылеуноса уменьшается почти на 40 %, за счет коагуляции и укрупнения мелких частиц. Соответственно, эффективность пылеподавления орошением диспергированной водой составила 60 %. Количество сдуваемой пыли при орошении водой снижается в 2,4 раза при скорости воздушного потока от 2 до 4 м/с и в 1,4 раза при 6-10 м/с.

Расход воды на увлажнение верхнего слоя отвалов и хвостохранилищ за одну поливку определяется по формуле [2]



$$q_6 = 0,01S_{op}h_{op}(w_{нач} - W_{опт}) \quad (1)$$

где q_6 - расход воды на одну поливку, м³; S_{op} - орошаемая площадь, м²; $W_{нач}$, $W_{опт}$ - начальная и оптимальная влажности (%), которые поддерживаются в слое мощностью h_{op} , м.

Расход воды на увлажнение верхнего слоя (1 см) техногенного массива, рассчитанный по формуле (1), в лабораторных условиях за одну поливку составил 38,76 мл. В пересчете на 1 га техногенного массива расход воды за одну поливку будет равен 1,9 м³.

Результаты исследований показали, что по истечении 1-1,5 часов влажность пылевого материала упала с 24 % до 6 %, а запыленность воздуха при обдуве предварительно увлажненной пыли превышала запыленность неувлажненной в 5-9 раз. Это явление можно объяснить тем, что по мере увлажнения пыли вокруг ее частиц образуется сольватная оболочка, оказывающая расклинивающее действие на дисперсный материал, вследствие чего увеличивается его пористость. В момент просыхания частиц пыли вода испаряется, а пылеватые фракции взмываются гораздо интенсивнее, чем неувлажненная пыль.

При подсыхании материала влияние состава жидкости на пылеобразование возрастает и, в первую очередь, при использовании влагоудерживающих веществ. Они дольше позволяют сохранять влажность материала, исключаящую пылеобразование. В связи с этим для борьбы с пылением необходимо либо осуществлять периодическое орошение пылящих поверхностей, либо использовать, наряду с орошением, дополнительные методы обеспыливания.

Рациональным способом борьбы с пылью при формировании и эксплуатации хвостохранилищ и отвалов является закрепление сухих поверхностей техногенных отложений, особенно с помощью органических биопродуктивных веществ. Сущность способа заключается в том, что на пылящей поверхности хвостохранилищ и отвалов с помощью биологически активных веществ происходит подавление аэрозолей и аэрогелей пыли, укрупнение частиц и изменение состояния материала, прежде всего, его структуры. Поэтому используемые для этих целей вещества должны:

- хорошо и быстро смачивать частички;
- создавать на пылящих поверхностях прочные покрытия или структурированный материал, устойчивые против ветровых нагрузок;
- быть технологичными при массовом применении;

- не оказывать отрицательного влияния на условия и безопасность труда.

Способ осуществляется следующим образом:

1. В качестве органических остатков естественного происхождения используется биогумус, полученный при применении дождевых ком- постных червей *Eisenia Foetida*.
2. В качестве высокомолекулярного соединения, имеющего высокую адгезионную способность, используется натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы.
3. Нанесение полученной смеси на пылящую поверхность и ее закрепление вследствие естественного дождевания рационально сельскохозяйственными машинами для внесения органических удобрений.
4. Одновременно необходимо внесение семян трав для последующего задержания поверхности.

При естественном дождевании и сил гравитации происходит проникновение натривой соли карбоксиметилцеллюлозы между фракциями биогумуса и закрепления пылящего слоя. Натривая соль карбоксиметилцеллюлозы имеет адгезионное свойство склеивать мелкодисперсную минеральную составляющую биогумуса, что позволяет предохранять образовавшийся экранирующий слой от воздействия водной и ветровой эрозии, но при этом сформировать биопродуктивную среду.

Полученная смесь была испытана на лабораторной установки по созданию ветровой нагрузки на поддоны с различными биопродуктивными слоями одинаковой массы. На слои в течении 1 минуты действовал в горизонтальном направлении ветровой поток скоростью 6 м/с. Результаты эксперимента представлены на таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что наиболее прочной и целостной после продувания является смесь с составом № 2. Это свидетельствует о том, что подверженность ветровой эрозии при соотношении компонентов смеси № 2 минимально.

Данные полученные в ходе лабораторных исследований были использованы в расчетах моделирования рассеивания пылевыведения с поверхности отвала, с применением связующей смеси на основе биогумуса для условий Афанасьевского карьера. Результаты расчета рассеивания представлены на рисунке 4.

Результаты рассеивания свидетельствуют, что при закреплении пылящей поверхности смесью биогумуса и Na-КМЦ наблюдается снижение пылевыведения на 0,15-0,35 ПДК.

На основе проведенных испытаний можно сделать вывод о том, что разработанный способ предотвращения пылепереноса наиболее



эффективен при скоростях ветрового потока до 8 м/с, но даже при скорости 10-12 м/с сдувание пыли почти в 10 раз ниже, чем с незранированных поверхностей техногенных образований.

Таблица 2

Устойчивость укрепленной поверхности к ветровой эрозии

№	Био-гумус, %	Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы, %	Масса до продувания, г	Масса после продувания, г	Целостность сформированного слоя, %
1	100	0	250	137	95
2	99,2	0,8	250	243	95
3	97,5	2,5	250	245	80
4	95	5	250	245	50
5	90	10	250	247	20

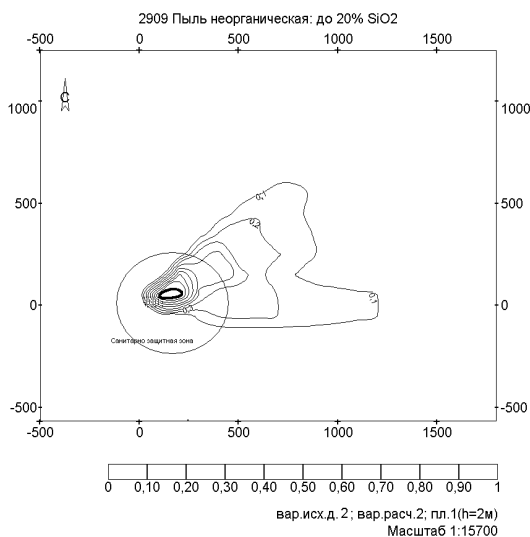


Рис.4. Карта рассеивания неорганической пыли на Афанасьевском карьере после закрепления поверхности смесью биогумуса и Na-КМЦ.

Таким образом, связующая смесь на основе биогумуса и Na-КМЦ, взаимодействуя с дисперсными частицами, скрепляет поверхностный слой, вследствие чего предотвращает пыление и ветровую эрозию поверхностей техногенных массивов. При этом не образуется не-

проницаемого пленочного покрытия, характерного для рецептур, включающих, например, латекс. Защитный слой водо- и воздухопроницаем, не ухудшает аэрации верхних слоев почвы, способствует развитию растительности. В связи с этим в настоящее время способ подавления пыли с помощью смеси биогумуса и Na-КМЦ можно рекомендовать для широкого применения. В случае, когда нет необходимости в более эффективном пылеподавлении, или при отсутствии связующего, не меняя конструкции оросительного устройства, рекомендуется использовать воду.

Библиографический список:

1. *Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче и переработке угля / ВНИИОСуголь. - Пермь, 1989.*
2. *Бульбашев А.П., Шувалов Ю.В., Ковшов С.В. и др. Рациональная организация добычи полезных ископаемых в карьерах со сложными условиями труда горнорабочих. - СПб: МАНЭБ. - 2009. - 464 с.*



УДК 504.064

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ТЕРРИТОРИИ ЯСНОЙ ПОЛЯНЫ ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Панарин В.М., Горюнкова А.А., Пушилина Ю.Н., Рощупкин Э.В.
Тульский государственный университет, Россия

В статье описывается проведение моделирования загрязнения атмосферы территории Ясной Поляны оксидом углерода, диоксидом серы и оксидом азота, содержащимися в выбросах прилегающих предприятий, а также сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными.

Статья подготовлена по результатам Государственного контракта П619 «Проведение поисковых научно-исследовательских работ по теме «Разработка технологий мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферы крупных промышленных городов» в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы

Наиболее мощными промышленными загрязнителями Ясной Поляны являются ОАО «Тулачермет» и Косогорский металлургиче-



ский комбинат, а также ОАО «Щекиноазот», «Щекинский завод РТО». Компания «Щекиноазот» - это группа химических предприятий, включающая акционерные общества «Щекиноазот», «Химволокно», Ефремовский химический завод.

Моделирование загрязнения атмосферы территории Ясной Поляны оксидом углерода, диоксидом серы и оксидом азота, содержащимися в выбросах прилежащих предприятий было проведено с помощью компьютерной программы «Призма-регион», разработанной на основе «Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» (ОНД-86).

Этой методикой учитывается влияние на рассеивание выброса таких факторов как фоновые концентрации веществ в атмосфере, рельеф местности и застройки, климатические особенности рассматриваемого региона; учитывается вариант загрязнения с учетом суммации вредного действия нескольких веществ, а так же описаны рекомендации по определению границ санитарно-защитной зоны предприятия. Расчет приземных концентраций вредных веществ ведется на высоте двух метров над поверхностью земли, при неблагоприятных метеорологических условиях, в том числе опасной скорости ветра. Необходимо подчеркнуть, что преобладающим направлением ветра в теплый период года (лето) в нашем регионе является северо-западное, а в холодный период года (зима) – юго-восточное.

Рассматривалось рассеивание следующих вредных веществ: углерод оксида, диоксида серы и диоксида азота.

Моделирование было проведено для двух периодов года (зима, лето) при основных фиксированных скоростях ветра, характерных для нашего региона – 1; 3; 6 м/с.

Количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу промышленными предприятиями представлено в таблице 1.

Таблица 1

Количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу

Наименование предприятия	Количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу					
	Углерод оксид		Азота диоксид		Сера диоксид	
	г/с	т/г	г/с	т/г	г/с	т/г
ОАО «Тулачермет»	263,675	2014,328	6,784	57,493	1,273	11,736
ОАО «КМЗ»	125,34	2145,2	25,4	152,0	6,521	56,50
ОАО «Щекиноазот»,	244,44	1370	353,76	2764,57	3,11	11,732
Советская ТЭЦ	277,89	8643,52	10,563	328,548	239,88	7,712
ООО«Щекинский завод РТО»	46,36	166,89	8,2	44,77	2,08	12,729

Коэффициент оседания рассматриваемых вредных веществ в атмосферном воздухе принимаем равным 1, поскольку рассматриваемые вещества можно отнести к группе газообразных веществ и мелко-дисперсных аэрозолей таких, как пыли, золы и т.п., скорость оседания которых практически равна нулю.

В данном моделировании, поскольку рассматриваемую местность можно считать ровной или слабопересеченной с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, коэффициент учета рельефа местности принимаем равным 1.

К метеопараметрам, учитываемым при моделировании загрязнения атмосферного воздуха, относятся следующие:

- коэффициент стратификации атмосферы для Тульской области – 140;
- преобладающее направление ветра за июнь-август – СЗ;
- преобладающее направление ветра за декабрь-февраль – ЮВ;
- минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль – 3,4 м/с;
- максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь – 4,9 м/с;
- средняя максимальная температура теплого месяца года (июля) – 24,3⁰С;
- средняя температура самого холодного месяца года (января) – -9,9⁰С.

Осуществляли несколько вариантов моделирования при наихудших метеорологических условиях для теплого периода года с преобладающим северо-западным направлением ветра и для холодного периода года с преобладающим юго-восточным направлением ветра.

По результатам компьютерного моделирования процессов рассеивания в атмосфере загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах рассматриваемых предприятий получается следующая картина. Предельно – допустимые концентрации загрязняющих веществ в рассматриваемых контрольных точках составили (Таблица 2-5).

Таблица 2

Вещество: 0337 – Углерод оксид

№ контрольной точки	Величина ПДК в контрольной точке, доли ПДК							
	Лето				Зима			
	v =1 м/с	v =3 м/с	С фоном	v =6 м/с	v =1 м/с	v =3 м/с	С фоном	v =6 м/с
1- Музей-усадьба Л.Н. Толстого	0,909	1,074	1,094	1,313	0,903	1,072	1,044	1,304
2- Грумант	0,502	0,451	0,463	0,438	0,493	0,446	0,462	0,458



Таблица 3

Вещество: 0301 – Азота диоксид; Азот(IV) оксид

№ контрольной точки	Величина ПДК в контрольной точке, доли ПДК							
	Лето				Зима			
	υ =1 м/с	υ =3 м/с	С фо- ном	υ =6 м/с	υ =1 м/с	υ =3 м/с	С фоном	υ =6 м/с
1- Музей- усадьба Л.Н. Толстого	0,152	0,220	0,216	0,253	0,150	0,212	0,214	0,239
2- Грумант	0,09	0,105	0,108	0,108	0,081	0,105	0,099	0,099

Таблица 4

Вещество: 0330 – Сера диоксид; Ангидрид сернистый

№ контрольной точки	Величина ПДК в контрольной точке, доли ПДК							
	Лето				Зима			
	υ =1 м/с	υ =3 м/с	С фо- ном	υ =6 м/с	υ =1 м/с	υ =3 м/с	С фо- ном	υ =6 м/с
1- Музей- усадьба Л.Н. Толстого	0,790	1,104	1,123	1,316	0,781	1,122	1,132	1,307
2- Грумант	0,500	0,646	0,638	0,530	0,441	0,522	0,475	0,495

Таблица 5

Группа суммации: 6009: 0301+0330

№ контрольной точки	Величина ПДК в контрольной точке, доли ПДК	
	Лето	Зима
	υ =3 м/с	υ =3 м/с
1- Музей- усадьба Л.Н. Толстого	2,214	2,153
2- Грумант	1,984	0,961

Таким образом, незначительное превышение концентраций на территории Музея-усадьбы Л.Н. Толстого наблюдается по углерод ок-

сиду и диоксиду серы при скорости ветра более 3 м/с, а также по веществам группы суммации (более 2 ПДК). По оксиду азота концентрации представляют собой значения десятых и сотых долей ПДК.

Выводы:

1. В зависимости от времени года и от преобладающего направления ветров в это время оказываются в зоне загрязнения различные прилегающие площади.

2. В зависимости от времени года и от преобладающего направления ветров в это время вклад отдельного предприятия в загрязнение определенной территории различен.

3. На основе вышеприведенных рассуждений можно сделать вывод о том, что концентрация вредных веществ на территории Ясной Поляны существенно зависит от метеорологических показателей.

Далее необходимо сравнить результаты моделирования с результатами, полученными экспериментальным путем, так как многолетняя практика такой работы показывает, что данные томов ПДВ, характеризующие нагрузку на атмосферу, составляемые предприятиями (по методике ОНД-86), отличаются от значений, полученных по результатам замеров концентраций вредных веществ в воздухе.

Экспериментальные исследования загрязнения атмосферы Ясной Поляны выбросами предприятий, на предмет рассеивания таких вредных веществ как диоксида серы, диоксида азота и оксида углерода, проводились в теплый период года (лето) с помощью датчиков “Сирена-А-01-8”, “Сирена-А-01-3” и “Палладий-3” для измерения концентрации диоксида серы, диоксида азота и оксида углерода. Преобладающим направлением ветра было северо-западное скорости ветра 3 м/с, температура воздуха 24 °С. Были произведены замеры на территории музея-заповедника «Ясная Поляна», в Грумантах, Козловой засеке, на мосту через Воронку, а также в районе Косой горы. Выбор точек отбора проб был обусловлен преобладающим направлением ветра в день проведения экспериментальных замеров. Превышения ПДК оксида углерода наблюдаются в районе Косогорского металлургического завода, в остальных точках приближаются к единице. В районе музея – усадьбы Ясная Поляна и Козловой засеке наблюдается превышения ПДК диоксида азота. По диоксиду серы превышение наблюдается лишь в районе Грумант, в других же точках не достигают ПДК.

Следует подчеркнуть, что результаты эксперимента могут немного не соответствовать реальным значениям за счет влияния загрязняющих веществ автотранспорта.

Таблица 6

**Экспериментальные значения концентраций CO, NO₂ и SO₂**

Расчетная точка	Результаты эксперимента		
	CO мг/м ³	SO ₂ мг/м ³	NO ₂
Грумант	3,78	0,68	0,04
М-У Ясная Поляна	2,12	0,465	0,77
Козлова засека	2,58	0,39	0,1
Мост через Воронку	3,86	0,21	0,05
Косая Гора	12,22	0,35	0,05

Сравним концентрации оксида углерода, диоксида азота и диоксида серы, измеренные в результате эксперимента с помощью датчиков “Сирена-А-01-8”, “Сирена-А-01-3” и “Палладий-3”, со значениями их же концентраций, полученных в результате проведения моделирования, основой которого является нормативный документ ОНД –86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий».

Сравнение результатов моделирования и результатов эксперимента проведено в таблице 7.

Таблица 7**Сравнение результатов моделирования и эксперимента**

Расчетная точка	Результаты моделирования			Результаты эксперимента		
	CO мг/м ³	NO ₂ мг/м ³	SO ₂ мг/м ³	CO мг/м ³	NO ₂ мг/м ³	SO ₂ мг/м ³
Грумант	2,25	0,009	0,323	3,78	0,04	0,68
М-У Ясная Поляна	5,375	0,0187	0,552	2,12	0,77	0,465

Проанализировав и сравнив данные таблицы можно сделать вывод, что результаты эксперимента немного превышают результаты моделирования, что говорит о возможных неточностях при проведении как компьютерного моделирования, так и экспериментальных замеров.

Расхождение полученных результатов (например, по оксиду углерода) может объясняться метеорологическими условиями, а также возможным изменением режима работы предприятий, вносящих основной вклад в загрязнение оксидом углерода на день проведения эксперимента.

Библиографический список:

1. Алексеев В.А. Адаптивный экологический мониторинг окружающей среды / В.А. Алексеев, А.В. Арефьев, Т.Е. Габричидзе, В.И. Заболотских // *Экология и промышленность России*. – 2002. – № 10. – С.11-13.

2. Захаров Е.И. Экология / Е.И. Захаров, Э.М. Соколов. – 2ч. – ТулГУ-Тула, Изд-во ТулГУ. – 1999. – 325с.
3. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами / А.Г. Ивахненко. – Киев: Техніка, 1975. – 350 с.
4. Фомин Г.С. Воздух. Контроль загрязнений по международным стандартам: справочник / Г.С. Фомин, О.Н. Фомина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Протектор, 2002. – 432 с.: ил.



УДК 504.064

ПРИКЛАДНЫЕ МОДЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ПРОГНОЗА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И ОЦЕНКИ ЕГО ПОСЛЕДСТВИЙ

**Соколов Э.М., Панарин В.М., Горюнкова А.А.,
Пушилина Ю.Н., Телегина Н.А.**
Тулльский государственный университет, Россия

В статье рассмотрены прикладные модели, используемые для прогноза загрязнения атмосферы и оценки его последствий, а также о системе автоматизированного экологического мониторинга состояния окружающей среды.

Статья подготовлена по результатам Государственного контракта П619 «Проведение поисковых научно-исследовательских работ по теме «Разработка технологий мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферы крупных промышленных городов» в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы

Прикладные модели, используемые для прогноза загрязнения атмосферы и оценки его последствий, представляют собой эмпирически установленные довольно громоздкие наборы правил, справочных данных, табличных и функциональных зависимостей. Наиболее полные из моделей включают в себя также алгоритмы численного решения уравнений в частных производных, требующие задания начальных и граничных условий, которые приходится доопределять в соответствии с анализируемыми ситуациями.

Многие эти проблемы решаются при использовании системы автоматизированного экологического мониторинга состояния окружающей среды. Современная электроника позволяет создавать компактные автономные устройства сбора экологической информации.



Эти устройства продолжительное время могут работать без вмешательства человека, фиксируя целый ряд параметров, характеризующих состояние окружающей среды. Современные каналы передачи информации позволяют связать устройства сбора информации в единую сеть.

Задачи, решаемые автоматизированной системой мониторинга состояния атмосферного воздуха промышленного региона следующие:

- сбор, обработка и хранение информации с датчиков контроля;
- экологический анализ информации;
- выработка управленческих решений по снижению антропогенных воздействий промышленных предприятий на окружающую среду;

В основу построения системы положены следующие основные принципы:

- непрерывность - данные о состоянии атмосферного воздуха в месте расположения датчиков контроля отслеживаются в режиме реального времени и через небольшие интервалы времени вся информация передаётся в центр сбора и обработки экологической информации,

- стационарность – датчики контроля состояния атмосферного воздуха выполняются в автономном варианте и после их установки не изменяют своего положения относительно заранее выбранной системе координат,

- открытость - обработанная информация о величине загрязнения воздуха может быть размещены на Интернет-сайте администрации области,

- модульный принцип, предполагающий, что система включает в себя несколько модулей, а именно: модуль контроля загрязнения атмосферного воздуха, модуль сбора и передачи информации (по сети Internet, по каналу RS-232, по радиоканалу) модуль хранения и обработки информации, центр предоставления информации.

Модульный принцип построения автоматизированной системы позволяет в случае необходимости увеличивать количество модулей контроля загрязнения атмосферного воздуха и распределять их по территории промышленного региона.

Модуль контроля загрязнения атмосферного воздуха содержит датчики содержания веществ в воздухе: оксида углерода, диоксида серы, оксидов азота, пыли. Модуль выполнен таким образом, что возможно использование других датчиков в зависимости от состава веществ, загрязняющих атмосферный воздух в месте расположения модуля.

В качестве первичных средств измерения концентраций вредных выбросов в атмосферном воздухе используются газоанализаторы

российского производства типа ДАХ-СО-20, ДАХ-SO₂-10, газоанализатор ДАХ-NO₂-20, анализатор пыли МР101М.

Модуль сбора и передачи информации предназначен для сбора информации о степени загрязнения окружающей среды и формирования канала связи для передачи информации на модуль хранения и обработки информации. После приема информации о степени загрязнения атмосферного воздуха модуль осуществляет передачу данных на модуль хранения и обработки информации по сети Internet, по каналу связи RS-232 (на расстояние до 1500 м) или по радиоканалу (на расстояние до 3000 м).

Вся информация поступает в центр предоставления информации через модуль хранения и обработки информации. Программное обеспечение центра позволяет в режиме реального времени получать оперативную информацию о величине загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона, моделировать процессы загрязнения атмосферы и отображать результаты моделирования на электронной карте региона в виде полей концентраций вредных веществ (мг/м³) или долей предельно допустимых концентраций, а также в виде диаграмм, графиков и таблиц по желанию пользователя. В центре проводится накопление и архивирование данных измерений и наблюдений, информационный поиск и доступ к архивной информации, анализ и прогноз динамики загрязнений; управление режимами работы автоматизированной системы.

В центре применяется концепция ГИС-технологий для отображения информации о степени загрязнения атмосферного воздуха на электронной карте и связанных с ними в базах данных.

Система сбора и обработки экологической информации состоит из трёх основных частей. Это центр сбора и обработки информации, стационарные экологические посты и устройства связи между экологическими постами и центром сбора и обработки экологической информации.

Центр сбора и обработки информации представляет собой сервер с соответствующим программным обеспечением и располагается в администрации области. Здесь обрабатывается информация, поступающая со всех стационарных экологических постов. В администрации области располагается рабочее место оператора, задачей которого является отслеживание информации поступающей с экологических постов.

Рабочее место оператора представляет собой персональный компьютер, который подключен к центру сбора и обработки экологической информации. Компьютер оператора оснащён специальным



программным обеспечением, позволяющим представлять информацию о состоянии атмосферного воздуха в городе в наглядном виде.

На мониторе оператора отображается электронная карта Тульской области. На карте отмечены точки, расположение которых соответствует расположению стационарных экологических постов, находящихся в различных точках города.

В зависимости от концентрации вредных веществ точки на электронной карте изменяют свои цвета. Жёлтый цвет точки свидетельствует о том, что концентрация веществ в месте расположения стационарного экологического поста находится ниже уровня ПДК. Если точка становится светло-коричневой, то это свидетельствует о том, что концентрация какого-либо вещества или группы веществ приближается к значению ПДК для этого (этих) веществ. Красная точка сигнализирует о превышении ПДК и одновременно с этим срабатывает звуковая сигнализация, которая срабатывает в течении всего времени превышения уровня ПДК с периодичностью 10 мин. В том случае, если цвет точки изменился на чёрный, следует принимать необходимые, жёстко регламентированные, управленческие решения, так как чёрный цвет точки свидетельствует о том, что уровень ПДК превышен более чем в 10 раз.

При двойном нажатии на любую точку на экран компьютера выводится таблица. В первом столбце таблицы приводится список вредных веществ и метеорологических параметров окружающей среды в месте расположения стационарного экологического поста соответствующего выбранной точки на электронной карте области. Во втором столбце приводятся численные значения концентраций соответствующих вредных веществ и метеорологических параметров окружающей среды в реальный момент времени.

При несоответствии значений концентраций нормам ПДК элемент выделяется красным цветом. Третий столбец таблицы содержит информацию о ПДК для каждого из измеряемых параметров.

При двойном нажатии на наименование любого вредного вещества или метеорологического параметра на монитор выводится суточный отчёт по данному параметру. В отчёте указывается наименование измеряемого параметра и меняющееся во времени его числовое значение.

Экологический пост состоит из персонального компьютера с установленным специальным программным обеспечением, блока датчиков, соединённых с контролером, для измерения различных параметров атмосферного воздуха (концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, температуры окружающей среды, скорости и на-

правления ветра, относительной влажности) и устройства связи с центром сбора и обработки информации.

Датчики формируют специальные сигналы, которые поступают на контроллер, где они преобразовываются и далее передаются на персональный компьютер. Благодаря специально разработанному программному обеспечению сигналы с контроллера на компьютере преобразовываются в отчёт, который поступает на устройство связи с центром сбора и обработки информации и далее различными способами передаётся на устройство связи со стационарными экологическими постами. Устройство связи со стационарными экологическими постами передаёт отчёт в центр сбора и обработки информации, где отчёт о состоянии атмосферы преобразовывается и выводится непосредственно на экран компьютера в виде цифровых данных и графической информации, представленной на электронной карте.

Связь между устройством связи со стационарными экологическими и устройством связи с центром сбора и обработки информации может осуществляться следующими способами:

- прямое проводное соединение (при условии небольшого расстояния между двумя устройствами связи);
- соединение по телефонным линиям;
- при помощи Interneta;
- посредством радиомодема (при значительном удалении от узлов телефонной связи и сети Internet).

Библиографический список:

1. Соколов Э.М. Программный комплекс информационной поддержки принятия решений по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, возможных при разливе аварийно-химически опасных веществ / Э.М. Соколов, В.М. Панарин, А.А. Зуйкова // *Безопасность жизнедеятельности. Приложение.* № 9, 2005.
2. Соколов Э.М. Анализ и управление чрезвычайными ситуациями на химически опасных производственных объектах / Э.М. Соколов, В.М. Панарин, А.А. Зуйкова. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2005. - 158 с.
3. Соколов Э.М. Проблемы повышения эффективности принятия управленческих решений при авариях с выбросом опасных химических веществ / Э.М. Соколов, В.М. Панарин, А.А. Зуйкова // *Современные проблемы экологии и безопасности: вторая Всероссийская научно-техническая Интернет-конференция: сб. матер. конф. / под ред. Э.М. Соколова.* - Тула: Изд-во ТулГУ, 2006.





ПРОБЛЕМА ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МИНЕРАЛЬНО СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА И РАЦИОНАЛЬНЫЙ ПУТЬ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Смирнов Ю. Д., Иванов А. В.

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) имени Г. В. Плеханова, Россия

Существенным недостатком большинства горнодобывающих предприятий России являются значительные нарушения и загрязнения атмосферы выбросами пыли. Запыленность атмосферы должна соответствовать установленным ПДК. Однако в процессе ведения горных работ без средств обеспыливания образуются и выделяются значительные объемы пыли, которая неблагоприятно влияет на экологическую обстановку в регионах и на здоровье работников предприятий минерально-сырьевого комплекса и жителей регионов

Источниками пылеобразования, как при ведении работ, так и после прекращения деятельности предприятия, являются такие источники как различные технологические процессы, отвалы, пляжные зоны хвостохранилищ и эрозионные зоны. Сложность определяется тем, что предприятия имеют различные горно-геологические условия и параметры, обрабатывают полезные ископаемые и вмещающие породы с различными физико-механическими свойствами и минералогическими составами, другими факторами. Кроме этого, решение проблемы усложняется еще и тем, что при ведении горных работ образуется и выделяется тонкодисперсная пыль с различными свойствами, нейтрализация которой требует дифференцированного подхода.

Интенсивность пылевыведения колеблется в широких пределах и зависит от технологического процесса, типа и производительности применяемого оборудования; типа, крепости и влажности отрабатываемых пород и многих других факторов.

Пыль, образующаяся при работе горного оборудования, а также находящаяся в атмосфере, различается по минералогическому, химическому и дисперсному составу.

Минералогический состав пыли определяет ее вредность, ПДК и, за редким исключением, совпадает или очень близок к минералогическому составу разрабатываемых пород и руд. Даже при проходке скважин станками термического бурения выбрасываемая из отводящей системы и витающая в атмосфере пыль имеет такой же состав, как и буримая порода.

Химический состав пыли также определяется химическим составом разрабатываемых пород. В то же время при работе горного оборудования и транспортных машин, которые выделяют токсичные газы, наблюдается адсорбция их на поверхности пыли, что усугубляет ее действие на организм человека [1].

Дисперсный состав пыли, образующейся при работе горных машин, различен и зависит от технологического процесса, типа и производительности оборудования, технологической операции, физико-механических и минералогических свойств разрабатываемых пород, их влажности, времени года, других факторов и характеризуется, в основном, преобладанием мелких частиц. С удалением от источника пылевыведения дисперсный состав пыли изменяется в сторону увеличения количества мелких частиц за счет выпадения более крупных, в результате в атмосфере рабочей зоны 95–98 % пылинок имеют размер менее 10 мкм.

На интенсивность пылеобразования, пылевыведения и запыления атмосферы существенное влияние оказывают климатические условия района, в котором находится карьер, времена года и даже время суток.

Исследованиями Всероссийского научно-исследовательского института безопасности труда в горнорудной промышленности и других институтов установлено, что в карьерах, расположенных в районах умеренного и теплого климата, запыленность воздуха значительно ниже, чем запыленность воздуха в районах с холодным или жарким климатом. Причем, если в районе с холодным климатом запыленность выше в зимний период, то в районе с жарким климатом в летний период выше, чем в зимний. Объясняется это тем, что в первом случае происходит интенсивное вымерзание влаги, а во втором – интенсивное ее испарение из горной массы или полотна автодорог.

Горнодобывающая промышленность России и ее будущее неразрывно связаны с освоением труднодоступных, сложных по своим географическим, природно-климатическим условиям регионов, преимущественно северных. Поэтому проблемы борьбы с пылью особенно актуальна в условиях отрицательных температур.

Весьма рациональным может быть комплексное решение проблемы борьбы с пылением техногенных массивов: создание агрегата, способного выполнять эффективное пылеподавление в зимний период искусственным снегом, а в летний - орошением диспергированной водой.

В СПГИ(ГУ) разрабатывается установка, которая может быть использована круглогодично для пылеподавления при большинстве техно-



логических процессов поверхностного комплекса горных предприятий.

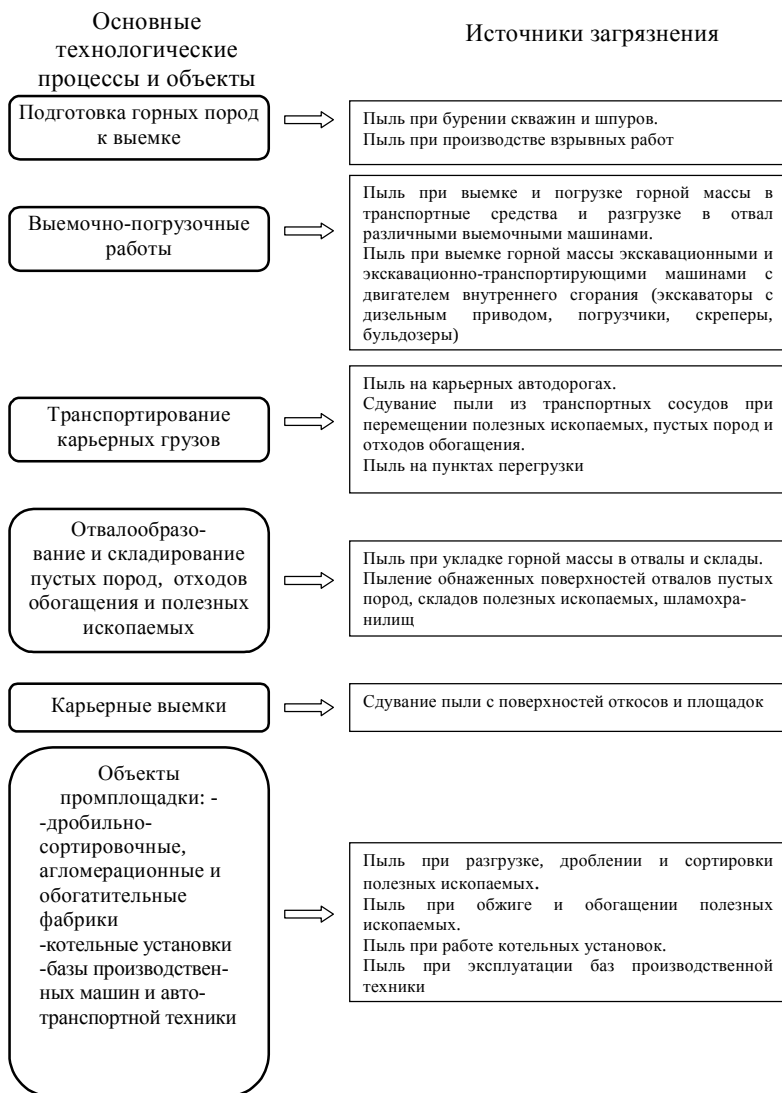


Рис. 1. Основные источники загрязнения атмосферы пылью на горных предприятиях

Основным элементом системы является пневмогидравлическая форсунка-снегогенератор (рис. 2).

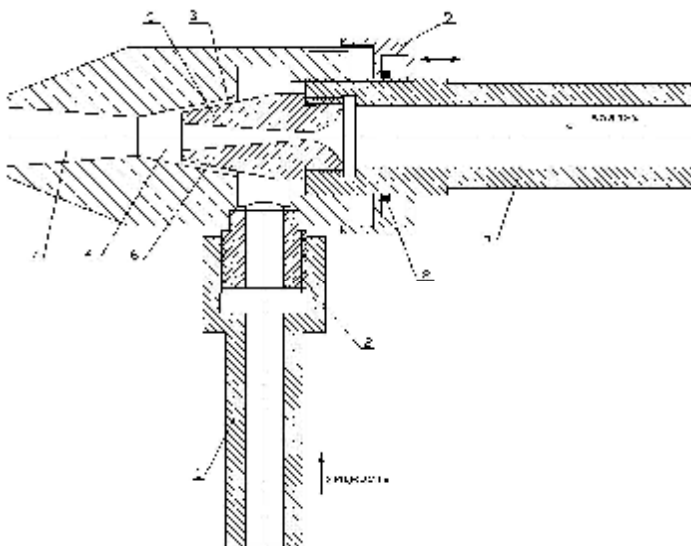


Рис. 2. – Пневмогидравлическая форсунка-снегогенератор

Форсунка для пылеподавления работает следующим образом. Жидкость под давлением по каналу 1 через радиальную выточку 2 и кольцевую щель 3 шириной S поступает в смесительную камеру 4, куда одновременно подается по каналу 5 охлажденный адиабатически в сопле Лавалья 6 сжатый воздух. В смесительной камере жидкость подвергается распылению и первичному охлаждению, а затем образовавшаяся водовоздушная смесь, проходя через диффузор 7, охлаждается вторично. Сжатая смесь в виде отдельных капель жидкости, проходя через кольцевую щель, ускоряется в ней до сверхзвуковых скоростей и оказывается в конце расширения в состоянии перенасыщения, обусловленного выделением скрытой теплоты парообразования при конденсации. На штуцере подачи воздуха имеется ограничительный бурт 8, а на корпусе форсунки выполнена наружная резьба, предназначенная для закручивания регулировочной гайки с внутренним уступом и кольцевым резиновым уплотнением 9, позволяющая изменять ширину кольцевой щели для подачи воды в интервале $S = 0,5 - 3$ мм вращением штуцера для подачи жидкости, и обеспечивая эффективное пылеподавление снегом при крайнем левом положении сопла Лавалья относительно вы-



ходного отверстия форсунки при температуре ниже $+3^{\circ}\text{C}$ и пылеподавление диспергированной жидкостью при крайнем правом положении сопла Лавала относительно штуцера для подачи жидкости при температуре выше $+3^{\circ}\text{C}$. Итак, с помощью форсунки-снегогенератор вырабатывает водный аэрозоль при температуре окружающей среды выше $+3^{\circ}\text{C}$, при наибольшем расходе жидкости, вырабатывает снег при температуре окружающей среды ниже $+3^{\circ}\text{C}$, при наименьшем расходе жидкости.

В качестве рабочей жидкости для повышения эффективности образования ядер конденсации может быть использована вода, ионизированная вода, смесь воды с различными добавками, например, ПАВ.

Эффективность пылеподавление обусловлена тем, что при температуре воздуха выше $+3^{\circ}\text{C}$ ведется пылеподавление водным аэрозолем, а при температуре ниже $+3^{\circ}\text{C}$ – снегом. Экспериментальными исследованиями, проводимыми в Санкт-Петербургском государственном горном институте, другими научно-исследовательскими институтами, а также, зрительными наблюдениями осадков на отвалах и карьерах предприятий Севера установлено, что снег является не менее эффективным продуктом для подавления пыли по сравнению с водой [2]. Процесс пылеподавления снегом осуществляется аналогично пылеподавлению водой. Снежинки, снежинки, выработанные снегогенератором, сталкиваясь с пылинками в воздухе, таят, образуя водяные капли [3]. Капли воды сцепляются с поверхностью пылинок за счет сил адгезии, образуя тяжелые частицы, которые, впоследствии, оседают на поверхности. Кроме того, наблюдается коагуляция пыли на поверхности тяжелых частиц [4]. Также снег или водный аэрозоль, создаваемый форсункой может использоваться как экранирующий элемент. Это позволяет изолировать очаг выделения пыли от окружающей среды.

Таким образом используя фильтрующее и экранирующее свойства водного аэрозоля и снега и применяя дополнительное оборудование с помощью разрабатываемой установки возможно провести пылеподавление практически при любом технологическом процессе.

При бурении для пылеподавления может быть применена специальная осадочная камера (рис 3.). В осадочной камере 2 происходит скопление пыли, вытяжка которой осуществляется через вытяжную трубу и эжектор 3 с помощью вентилятора 1. Пылеподавление осуществляется на выходе вытяжной трубы, где установлена форсунка-снегогенератор 4.

При выемочно-погрузочных работах форсунка-снегогенератор может быть установлена на уступе (рис. 4). С помощью автоматиче-

ской системы факел меняет направление в зависимости от перемещения ковша экскаватора 3 к уступу 2 или самосвалу 4.

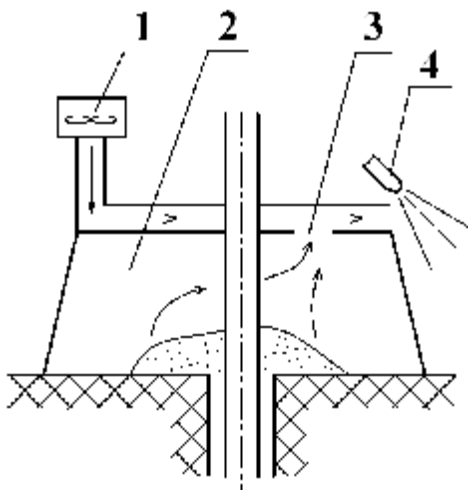


Рис. 3. – Схема пылеподавления при бурении

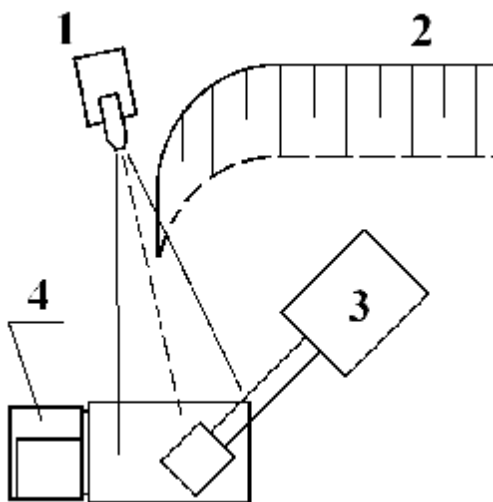


Рис. 4. Схема пылеподавления при выемочно-погрузочных работах



При невозможности установки форсунки на уступе карьера (рис. 5), форсунка-снегогенератор 1 может быть установлена на стреле экскаватора таким образом, что факел покрывает зону сбрасывания породы из ковша экскаватор или зону забора породы 2.

На площадных источниках пылевыведения пылеподавление может проводиться путем нанесения снега или водного аэрозоля на пылящую поверхность посредством установки форсунки-снегогенератора на специальные мачты. При этом следует использовать механизм вращения и изменения угла наклона форсунки для покрытия всей поверхности вокруг мачты.

Статья выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, Правительства г. Санкт-Петербурга, Центра коллективного пользования ЦКП СПГИ (ТУ) и американского фонда гражданских некоммерческих исследований CRDF. По итогам исследований подана заявка на изобретение.

Библиографический список:

1. Карпов, Г.Н. Состояние воздушной среды и некоторые пути снижения ее загрязненности / Г.Н. Карпов, Е.Г. Карпова. – Тезисы научных докладов 3й международной конференции «Экология и развитие Северо-запада России» – СПб.: МАНЭБ. – 1998.
2. Шувалов, Ю.В. Предотвращение пылегазовых выбросов и снижение запыленности атмосферы в карьерах / Ю.В. Шувалов, Асад Мохаммад, А.П. Бульбашев. Экология и развитие Северо-запада России. Научные доклады четвертой международной конференции. – СПб.: МАНЭБ. 1999.
3. Шувалов, Ю.В. Теоретические основы конденсационного увлажнения и подавления пыли / Ю.В. Шувалов, В.А. Белозеров. – Физические процессы горного производства. – СПб.: Изд.СПГИ(ТУ). – 1992.
4. Шувалов, Ю.В. Конденсационное увлажнение и предупреждение взрывов пыли / Ю.В. Шувалов, В.Н. Бобровников, А.П. Веселов, В.А. Белозеров. – Горный журнал. – № 1. 1994
5. Битколов, Н.З. Пылеподавление на разрезах при отрицательных температурах воздуха / Н.З. Битколов, И.И. Иванов, К.С. Лиханов. – Уголь. М. 1982. № 4.



УДК 66.013(470.312):005.334

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ОТ СТОКОВ ОАО «НАК АЗОТ»

Шейнкман Л.Э., Даниленко А.Г.

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

Рассмотрены вопросы обеспечения безопасности работающих и снижения уровня загрязнения окружающей среды с учетом риска возникновения технологических аварий в цехе «Нейтрализации и очистки промышленных сточных вод» (НиОПСВ) ОАО «НАК АЗОТ».

Экологические бедствия и тяжесть последствий техногенных аварий, имевших место в ОАО «НАК Азот», вызывают необходимость проведения анализа, оценки и управления рисками на предприятии.

Целью работы является оценка технологических рисков на основе обобщения статистической информации об авариях и инцидентах на объекте и составление реестра технологических опасностей цеха «Нейтрализации и очистки промышленных сточных вод» ОАО «НАК АЗОТ».

Оценка тяжести последствий технологических аварий в цехе НиОПСВ ОАО «НАК АЗОТ» выполнена авторами в статье [7] с использованием «Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства»[3]. Идентификация и оценка рисков выполнена в соответствии с методологией международного стандарта ISO 14001 («Управление качеством окружающей среды») и спецификации OHSAS 18001 («Профессиональное здоровье») с применением инструкции № 16-СТО-ПП05-10 «Управление рисками в области промышленной безопасности и окружающей среды». Инструкция учитывает требования промышленной и экологической безопасности, тем самым реализуется новый подход к стандартизированным требованиям безопасности, отраженным также и в современных российских национальных стандартах.

В соответствии с принятыми рекомендациями Международной системы стандартов в области управления охраной окружающей среды ISO 14000 в работе реализована концепция приемлемого риска [6].

Для оценки риска (R) аварии часто используют его математическое ожидание $\langle R \rangle = P \times M$ ($\langle R \rangle$ - математическое ожидание, P – частота аварии, а M – ущерб от аварии), из вида которого следует справедливость выражения: $\lg P = \lg \langle R \rangle - \lg M$. Полученное выражение в двойном логарифмическом масштабе является уравнением пря-



мой линии со свободным членом, зависящим от величины риска. Предпочтение отдается той технологии, уровень риска которой не превышает установленный государством, либо отраслевыми стандартами уровень приемлемого риска (график которой (рис. 1) лежит ниже и не пересекает линию приемлемого риска).

По оси абсцисс отложен ущерб – M в логарифмическом масштабе, а по оси ординат – частота событий с ущербом больше данного аргумента M .

На рис. 1 график прямой (жирная линия) отображает принятый в соответствии с установленными для отрасли нормами уровень приемлемого риска.

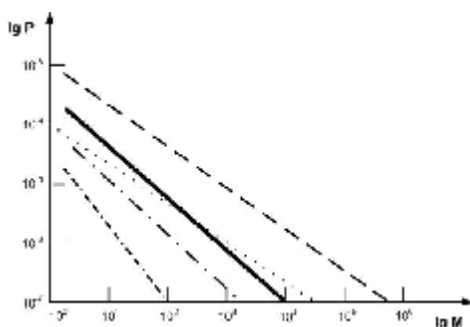


Рис. 1. Кривые интенсивности аварий для различных видов технологий

Например, используемая управлением по атомной энергии Великобритании предельная кривая частоты аварийных утечек (рис. 2) отделяет верхнюю область недопустимо большого риска от области приемлемого риска, расположенной ниже и левее кривой. Кривую, таким образом, можно использовать в качестве критерия безопасности, определяющего верхнюю границу допустимой вероятности. Если это условие выполняется, основная цель достигнута, а интуиция подсказывает, что она правильная, а именно: аварии, вызывающие небольшие утечки и приводящие к незначительным последствиям, отражающимся на здоровье людей и чистоте окружающей среды, могут случаться сравнительно часто (например, каждые 10 или 100 лет в среднем для одного реактора); чем больше утечка, тем меньше должна быть вероятность или частота ее появления, а для очень больших утечек вероятность действительно должна быть чрезвычайно низкой.

Из рис. 2 видно, что в логарифмическом масштабе хвост распределения хорошо приближается прямой в рассматриваемом диапазоне значений.



Рис. 2. Предельная кривая интенсивности аварийных утечек для изотопа йода

Следовательно, риск технологической аварии можно оценить в баллах путем суммирования частоты в баллах и ущерба в баллах. Ущерб оценивается по одному, самому большому значению: или персонал[5], или окружающая среда и третьи лица (используем результаты, полученные в статье «Оценка ущерба водным объектам от стоков ОАО «НАК Азот»), или основные средства, или перерывы в производстве). Частота в баллах определяется с помощью шкалы частоты возможной технологической аварии.

Оценка технологических рисков выполняется на основании реестра технологических опасностей с помощью табл. 1 и табл. 2[4].

Таблица 1

Шкала частоты возможной технологической аварии

Оценка, баллы	Описание частоты	Примерное количество в год
1	Информация об авариях отсутствует, но возможность теоретически можно допустить	0,001 и менее
2	Известна аналогичная авария на аналогичном предприятии в мире за последние 10 лет	0,01
3	1 раз за последние 10 лет на предприятии	0,1
4	1-10 раз в год на предприятии	1...10
5	1 раз в месяц и чаще на предприятии	10...100



Таблица 2

Шкала ущерба (тяжести последствий) от технологической аварии

Оценка в баллах	Ущерб для персонала	Экологический ущерб и ущерб третьим лицам	Разрушение основных средств, ущерб, тыс. руб.	Перерывы в производстве, тыс. руб.
1	травма без потери трудоспособности	незначительные локальные загрязнения, устранение персоналом подразделения	до 10	до 10
2	травма с временной потерей трудоспособности	загрязнения в пределах подразделения, локализация собственным персоналом	от 10 до 100	от 10 до 100
3	тяжелый несчастный случай	загрязнения в пределах предприятия, локализация с привлечением ВГСО	от 100 до 1000	от 100 до 1000
4	смертельный несчастный случай, групповой несчастный случай	выход загрязнения за пределы предприятия, привлечение подразделений МЧС, при размере ущерба до 10 млн. руб.	от 1000 до 10000	от 1000 до 10000
5	групповой несчастный случай со смертельным исходом	выход загрязнения за пределы предприятия, при этом нанесен ущерб третьим лицам более 10 млн. руб.	более 10000	более 10000

Риск технологической аварии оценивается путем суммирования частоты в баллах и ущерба в баллах, причем ущерб оценивается по одному, самому большому значению: или персонал, или окружающая среда и третьи лица, или основные средства, или перерывы в производстве.

Риски технологической аварии, несчастных случаев (опасностей) на рабочих местах и вредностей на рабочих местах в денежном выражении оцениваются с учетом требований [4] по формуле:

$$R = 10^{(R \text{ в баллах} - n)},$$

где: R – риск, тыс. руб./год; R в баллах – риск, определенный ранее в баллах, баллы; n – поправочный коэффициент, баллы ($n = 4$ для оценки риска технологической аварии; $n = 5$ для оценки риска несчастных случаев (опасностей) на рабочих местах и вредностей по

Таблица 3

Реестр технологических опасностей НиОПСВ ОАО «НАК Азот»

Опасности (описание)	Частота аварии, (баллы)	Последствия (описание)	Величина ущерба (в баллах)				Риск	
			Персонал	Окружающая среда и третьи лица	Основные средства	Прерывы в производстве	баллов	тыс. руб. / год
1	2	3	5	6	7	8	9	10
Разгерметизация установки нитриденитрификации	1	Сброс стоков на территорию цеха, в Шатское водохранилище	2	4	2	1	5	10
Разгерметизация пульпопровода земснаряда	2	Сброс пульпы в Шатское водохранилище, в реку Шат	2	4	2	1	6	100
Разгерметизация аэротенка	1	Сброс стоков на территорию цеха, в Шатское водохранилище	2	4	2	1	5	10
Прорыв дамбы буферного пруда	2	Сброс пульпы в реку Шат	1	4	2	1	6	100
Прорыв дамбы шламонакопителя	2	Сброс пульпы в реку Шат	1	4	2	1	6	100
Прорыв дамбы пруда-отстойника Степановского оврага	2	Сброс пульпы в Шатское водохранилище	1	4	2	1	6	100



Окончание табл. 3

1	2	3	5	6	7	8	9	10
Прорыв дамбы, перелив иловых карт	1	Сброс сырого осадка в Шатское водохранилище	1	5	2	1	6	100
Прорыв дамбы пруда-отстойника промливневых стоков	2	Сброс пульпы в Шатское водохранилище	1	4	2	1	6	100
Разгерметизация канализационных трубопроводов внутрицеховых	2	Сброс сточных вод в Шатское водохранилище	2	4	2	1	6	100
Разгерметизация метантенка	1	Сброс стоков на территорию цеха, в Шатское водохранилище	2	4	2	1	5	10

условиям труда на рабочих местах).

В результате может быть составлен реестр технологических опасностей НиОПСВ ОАО «НАК Азот» (табл. 3). В реестре приведены опасности, риски которых требуют дополнительных мер для их снижения).

Таким образом, на основе обобщения статистической информации об авариях и инцидентах на объекте определены частоты и оценены ущерб и тяжесть последствий технологических аварий, а также составлен реестр технологических опасностей цеха «Нейтрализации и очистки промышленных сточных вод» ОАО «НАК АЗОТ».

Исходя из того, что наиболее значимыми в теории безопасности являются индивидуальные и экономические риски, для достижения расчетными рисками на данном отрезке времени приемлемых рисков необходимо осуществление комплексов мероприятий с соответствующими экономическими затратами. Эти мероприятия, направленные на

снижение рисков должны быть эффективными.

Следовательно, основными задачами управления рисками на предприятии с учетом полученных результатов будут разработка научно-методических рекомендаций по планированию и реализации наиболее эффективных мероприятий в штатных, кризисных и чрезвычайных ситуациях, а также оптимизация затрат с достижением требуемых уровней рисков.

Библиографический список:

1. ISO 14001:2004 («Управление качеством окружающей среды»), - 24 с.
2. OHSAS 18001:1999 («Профессиональное здоровье»).
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 4 ноября 2006 г. № 639 "О порядке утверждения методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства". - 29 с.
4. Инструкция ЕвроХим № 16-СТО-ПП05-10 по управлению рисками в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды., 2007. - 46 с.
5. Соколов Э.М., Шейнкман Л.Э., Лукин Н.А., Панарин Н.С., Панарин Н.Н. «Методические подходы по определению экономического ущерба от несчастных случаев и оценка стоимости воспроизводства рабочей силы». Журнал «Безопасность жизнедеятельности», 2009.-№ 6.-С. 16-38.
6. Соколов Э.М. Управление риском при транспортировке опасных грузов/ Соколов Э.М., Панарин В.М., Шейнкман Л.Э., Левин Б.А., Мурадов А.В. //Журнал «Экология и промышленность России», 2009, август. – С. 16-18.
7. Шейнкман Л.Э., Даниленко А.Г. Оценка ущерба водным объектам от стоков ОАО «НАК АЗОТ»/ (в настоящем сборнике).



УДК 622.27

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КАЗАХСТАНА

Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н.
*Восточно-Казахстанский государственный
технический университет, Казахстан*

В статье намечены основные пути снижения негативного влияния горных работ на окружающую среду в восточном Казахстане



Восточный Казахстан - это индустриально-развитый регион, в котором действуют такие флагманы горнодобывающей отрасли, как ТОО «Казцинк» (Малеевский и Греховский рудники Зыряновского ГОКа, Тишинский, Риддер-Сокольный и Шубинский рудники Риддерского ГОКа), ТОО «Корпорация «Казахмыс» (Орловский рудник Жезкентского ГОКа, Артемьевский, Николаевский и Юбилейно-Снегирихинский рудники медно-химического комбината, Иртышский и Белоусовский рудники), АО «ФИК «Алел» (Суздальский рудник).

На ряде горнодобывающих предприятий Восточного Казахстана, таких как ТОО «Бақырчыкское горнодобывающее предприятие (Бақырчыкское месторождение), ДТОО «Горнорудное предприятие «Секисовское» компании «Hambleton mining company Limited» (Секисовское месторождение), ТОО «Данк» (месторождение «Центральный Мукур»), ТОО «ФМЛ «Казахстан» (месторождение Коскудук) и др. осуществляется выемка и переработка золотосодержащих руд.

Рациональное использование недр при разработке месторождений должно основываться на максимальной полноте и комплексности извлечения полезных компонентов. На сегодняшний день особенно остро стоит вопрос внедрения малоотходных и безотходных экологически чистых технологий.

Как известно, на горнодобывающих предприятиях Казахстана около 80% отходов производства сбрасывается в хвосты и отвалы, при этом промышленные отходы складываются и хранятся в основном без соблюдения экологических норм и требований.

Отходы горно-обогатительного и металлургического производств занимают огромные территории и являются источником экологического риска из-за попадания вредных составляющих в атмосферу, почву и воду.

В настоящее время в Восточно-Казахстанской области накоплено свыше 1,4 млрд. т отходов, из которых 93% приходится на долю предприятий горнодобывающей промышленности: ТОО «Казцинк» и ТОО «Корпорация «Казахмыс». Рекультивация нарушенных земель в результате размещения отходов горнодобывающей промышленности практически не ведется. Общие темпы рекультивации крайне низкие.

На середину 90-х годов по Восточно-Казахстанской области из 15 млн. т ежегодно поступающих хвостов обогащения лишь около 25-30% использовались в строительстве и для закладки выработанного пространства на подземных рудниках. Из 1,5 млн. т отходов металлургии, ежегодно поступающих в отвалы, для повторной переработки используется половина, а из 14 млн. т отвалов горных пород практически используется около 3%.

Отходы занимают огромные территории и являются источником экологического риска из-за попадания вредных составляющих в атмосферу, почву и воду.

Одним из путей развития горнорудных компаний на сегодняшний день является диверсификация, основанная на расширении номенклатуры и ассортимента выпускаемой продукции, что в конечном итоге приведет к комплексному использованию недр, содержащих в рудах сопутствующие ценные компоненты, вовлечению в эксплуатацию экономически эффективных забалансовых руд, отвалов горных пород и отходов обогащения.

На сегодняшний день применяемые технологии добычи руды подземным способом не предусматривают полной утилизации отходов производства в выработанном пространстве. Это в первую очередь относится к утилизации пустой породы от проходческих работ.

Анализ работы подземных рудников показывает, что значительный объем породы от проходческих работ выдается из шахты и складировается на поверхности в породных отвалах и только незначительная часть породы от проходческих работ используется для закладки без выдачи ее на поверхность и складирования в породный отвал. При этом горнорудные предприятия несут дополнительные расходы на транспортирование к стволу шахты, подъем и складирование породы на поверхности, а также на штрафы по экологии за загрязнение окружающей среды. Однако, при очевидной эффективности утилизации породы от проходческих работ в закладку без выдачи ее на поверхность, объемы утилизированной породы от проходческих работ в закладку в настоящее время еще низки.

Проведенный анализ практики работы горных предприятий, использующих системы разработки с доставкой отбитой горной массы самоходным оборудованием и закладкой выработанного пространства и литературных источников стран СНГ и дальнего зарубежья показал, что это направление весьма перспективно.

В настоящее время рыночная экономика предъявляет жесткие требования к эффективности добычи руд подземным способом, эксплуатации горного оборудования, вопросам экологии. Поэтому требуется разработка новой ресурсосберегающей технологии добычи руды с утилизацией в закладку породы из проходческих работ без выдачи ее на поверхность и складирования в отвалах. Причем эту проблему необходимо решать комплексно на основе современных научных подходов и оптимизации процессов горных работ.

Разработка ресурсосберегающей технологии добычи руды с утилизацией породы от проходческих работ в закладку и применением



самоходных машин на доставке руды в очистных блоках, даст возможность обеспечить высокоэффективную и экологически чистую работу горнодобывающего предприятия, что в конечном итоге снизит негативное влияние горных работ на окружающую среду.

Цель исследований заключается в разработке ресурсосберегающей технологии добычи руды с утилизацией отходов горного производства, обеспечивающей высокоэффективную и экологически чистую работу горнодобывающего предприятия.

Практическая значимость планируемых исследований по теме «Разработка ресурсосберегающей технологии добычи руды подземным способом на основе утилизации отходов горного производства» заключается в следующем:

- разработка рациональных схем возведения комбинированного закладочного массива с использованием породы от проходческих работ и обоснование его основных характеристик;
- разработка ресурсосберегающей технологии добычи руды системами разработки с применением самоходных машин и заполнением выработанного пространства комбинированной закладкой, в том числе породной;
- разработка оригинальных рациональных способов утилизации пустой породы в выработанное пространство (в настоящее время нами уже получен ряд предварительных патентов на изобретение РК, например, № 7172, 7173);
- разработка методики комплексного проектирования схем утилизации породы от проходческих работ без выдачи пустой породы на поверхность;
- значительное снижение негативного влияния горных работ на окружающую среду.

Практическая реализация результатов исследований возможна на горнодобывающих предприятиях, ведущих отработку месторождений полезных ископаемых с закладкой выработанного пространства, в том числе в восточном Казахстане на подземных рудниках, таких как Малеевский рудник Зыряновского ГОК, Тишинский и Риддер-Сокольный рудники Риддерского ГОК ТОО «Казцинк», Орловский и Артемевский рудники ТОО «Корпорация «Казахмыс». НИР по заявляемой тематике успешно ведутся на горнодобывающих предприятиях Восточного Казахстана в течение ряда лет.

В результате выполнения исследований будет разработана ресурсосберегающая технология добычи руды, предусматривающая утилизацию пустой породы от проходческих работ в закладку, что позволит сократить объемы твердеющей закладки, подаваемой в шахту с

поверхностных бетоно-закладочных комплексов, тем самым снизить расход дорогостоящего цемента, столь необходимого на сегодняшний день для строительной отрасли Республики Казахстан.

Как известно, в настоящее время на подземных рудниках ТОО «Казцинк» и ТОО «Корпорация «Казахмыс», отрабатывающих месторождения полезных ископаемых с закладкой выработанного пространства, объемы используемого шлакопортландцемента и портландцемента в составе компонентов закладочной смеси достаточно высоки. Так, расход цемента на 1 м³ бетонной закладки колеблется от 70 (Малеевский рудник Зыряновского ГОК ТОО «Казцинк») до 140 кг (Риддер-Сокольный рудник Риддерского ГОК ТОО «Казцинк»).

Годовой объем бетонной закладки на Риддер-Сокольном руднике в 2007 году составил 280 тыс. м³, на Малеевском руднике - 500 тыс. м³. Таким образом, годовой объем необходимого для закладочных работ цемента составляет для Риддер-Сокольного рудника 39200 тыс. м³, Малеевского рудника - 35000 тыс. м³. Годовой объем пустой породы от проходческих работ только на Малеевском руднике Зыряновского ГОК ТОО «Казцинк» составляет около 90 тыс. м³.

Производимую на подземных рудниках при проходке горных выработок пустую породу целесообразно использовать для закладки пустот отработанных камер, тем самым сократив объемы твердеющей закладки, подаваемой в шахту, и сократить объемы поверхностных породных отвалов.

Внедрение на подземных рудниках ТОО «Казцинк» и ТОО «Корпорация «Казахмыс» ресурсосберегающей технологии добычи руды, предусматривающей утилизацию пустой породы от проходческих работ в закладку, также позволит уменьшить воздействие горных работ на окружающую среду за счет сокращения объемов поверхностных породных отвалов или даже полной их ликвидации.

Выполненные расчеты показывают, что расчетный экономический эффект от внедрения разработанных схем утилизации породы от проходческих работ в закладку самоходными машинами без выдачи ее на поверхность на Малеевском руднике Зыряновского ГОК АО «Казцинк» составляет более 150 тыс. долл. США на одну выемочную камеру [1].

Разработанную ресурсосберегающую технологию добычи руды, предусматривающую утилизацию пустой породы от проходческих работ в закладку, возможно внедрить на подземных рудниках Восточного Казахстана, использующих системы разработки с закладкой выработанного пространства, таких как Малеевский рудник Зыряновского ГОК,



Тишинский и Риддер-Сокольный рудники Риддерского ГОК ТОО «Казцинк», Орловский и Артемьевский рудники ТОО «Корпорация «Казахмыс».

Практическая реализация результатов исследований позволит значительно снизить негативное влияние горных работ на окружающую среду.

Рациональное использование и очистка шахтных вод являются составной частью мероприятий по комплексному использованию полезных компонентов месторождений полезных ископаемых и улучшению экологической обстановки.

Проверками природоохранной деятельности Малеевского рудника ЗГОК ТОО «Казцинк» отмечено, что с 2002 года содержание веществ группы азота ($\text{NO}_2, \text{NO}_3, \text{NH}_4$) в технических шахтных водах превышает допустимые нормы в 10 и более раз. Одновременно отмечено увеличение в 5-9 раз содержания нитратов, нитритов и аммония солевого в шахтных водах обогатительной фабрики.

Так как шахтные воды подземных рудников по показателю pH кислые до нейтральных и щелочных с минерализацией, то они агрессивны к бетонам и могут оказать отрицательное воздействие на прочностные свойства закладочной смеси.

Лабораторные и опытно-промышленные эксперименты позволят уточнить степень влияния шахтных вод на прочностные характеристики закладочного массива на подземных рудниках, разработать методы очистки шахтных вод и схемы подачи шахтных вод на поверхностные бетоно-закладочные комплексы для использования шахтной воды в технологическом процессе приготовления закладочной смеси.

Использование твердеющей закладки в технологическом процессе добычи руды дает возможность сократить потери и разубоживание рудной массы, отрабатывать запасы руд в охранных целиках и сохранять земную поверхность от обрушения при обеспечении безопасности горных работ. Однако, при использовании твердеющей закладки значительно возрастает расход дорогостоящего цемента (стоимость цемента на конец 2007 года для ТОО «Казцинк» составляла около 130 долл. США/т), довольно высокие капитальные и эксплуатационные затраты на строительство и эксплуатацию бетоно-закладочных комплексов (себестоимость бетонной закладки на Риддер-Сокольном руднике достигает 32,39 долл. США на 1 т добычи, на Малеевском руднике - 25,6 долл. США на 1 т добычи).

Системы разработки с закладкой выработанного пространства в ближайшей перспективе составят основу технологии подземной добычи руд, в связи с чем исследования по изысканию более совершенных способов закладочных работ на малоцементной основе на сегодняшний день весьма актуальны.

Методы разработки, использующие твердеющую закладку, требуют значительных объемов инертного заполнителя и портландцемента, что представляет дополнительную финансовую нагрузку к затратам на ведение горных работ. Эти сопутствующие издержки обусловили проведение исследований с целью поиска решения проблемы.

Таким образом, использование шахтной воды в технологическом процессе приготовления закладки позволит улучшить экологическую обстановку и получить значительный экономический эффект.

Разработка ресурсосберегающей технологии закладочных работ на горнодобывающих предприятиях на основе диверсификации компонентов закладочной смеси позволит снизить себестоимость закладочных работ, занимающей в общей себестоимости добычи руды около 30%, уменьшить негативное воздействие горных работ на окружающую среду и в конечном итоге повысить эффективность работы горнодобывающих предприятий.

Целью исследований является разработка ресурсосберегающей технологии закладочных работ на основе создания малощемящих составов литых твердеющих смесей, принудительного повышения текучести закладочной смеси за счет управления реологическими свойствами закладочной смеси в горизонтальном стае трубопровода, использования пустой породы от проходческих работ в закладку без выдачи породы на поверхность и складирования ее в отвалах и водооборота шахтной воды в технологическом процессе приготовления закладочной смеси на бетоно-закладочном комплексе, обеспечивающей высокоэффективную и экологически чистую работу горнодобывающего предприятия, востребованной реальным сектором экономики продукции, базирующихся на отечественных научно-технических разработках

Практическая значимость планируемых исследований по теме «Рациональное использование и очистка шахтных вод на горнодобывающих предприятиях» заключается в следующем:

- разработка рациональных составов закладочной смеси на малощемящей основе для конкретных условий горнодобывающих предприятий и обоснование основных характеристик закладочных массивов.

- разработка ресурсосберегающей технологии подачи закладочной смеси на фланги отрабатываемых месторождений за счет управления реологическими свойствами закладочной смеси в горизонтальном стае трубопровода.

- разработка технологических схем водооборота шахтной воды в технологическом процессе приготовления закладочной смеси на бето-



но-закладочном комплексе, обеспечивающей высокоэффективную и экологически чистую работу горнодобывающего предприятия.

Практическая реализация результатов исследований планируется на горнодобывающих предприятиях ТОО «Казцинк» (Малеевский и Греховский рудники Зырянского ГОКа, Тишинский, Риддер-Сокольный и Шубинский рудники Риддерского ГОКа), ТОО «Корпорация «Казахмыс» (Орловский рудник Жезкенского ГОКа, Артемьевский, Николаевский и Юбилейно-Снегирихинский рудники медно-химического комбината, Иртышский и Белоусовский рудники Белоусовского ГОКа), АО «ФИК «Алел» (Суздальский рудник) и др.

Исследования по приведенным выше направлениям будут проводиться в региональной университетской лаборатории инженерного профиля «ИРГЕТАС», где имеется лабораторное оборудование по изучению структуры и свойств материалов на наноуровне методами растровой электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом, просвечивающей электронной микроскопии, масс-спектропии с индуктивно-связанной плазмой, рентгеноструктурного и рентгенофазового анализа; в научно-исследовательской лаборатории строительных материалов ВКГУ им. Д. Серикбаева, где имеется лабораторное оборудование по изучению реологических свойств закладочной смеси и прочностных характеристик закладочного массива; в научно-технологическом парке «Алтай».

Опытно-промышленные эксперименты планируется проводить в производственных условиях, в том числе на Малеевском руднике Зырянского ГОКа ТОО «Казцинк», одном из самых крупных и переловых подземных рудников ТОО «Казцинк».

Решение поставленных в предлагаемом проекте проблем будет выполняться комплексно на основе современных научных подходов и оптимизации процессов горных работ.

Разработка ресурсосберегающей технологии закладочных работ на горнодобывающих предприятиях на основе оптимизации компонентов закладочной смеси даст возможность снизить себестоимость закладочных работ, занимающей в общей себестоимости добычи руды около 30%, уменьшить негативное воздействие горных работ на окружающую среду, вовлечь в отработку участки рудных залежей на флангах месторождений полезных ископаемых и в конечном итоге повысить эффективность работы горнодобывающих предприятий.

Использование добавок-пластификаторов в составе закладочной смеси даст возможность (в зависимости от дозировки добавки) повысить подвижность смеси на 20% и повысить прочность закладки примерно на 10-15%, что позволит снизить расход дорогостоящего цемен-

та при приготовлении закладочной смеси при условии сохранения прочностных свойств закладочного массива [2].

Экономический эффект от вторичного использования шахтных вод в закладку на подземных рудниках складывается за счет того, что оплата за шахтную воду, применяемую в технологическом процессе, производиться не будет, при этом плата за хозяйственную воду сократится до минимума, так как хозяйственная вода в технологическом процессе на бетоно-закладочных комплексах не потребуется. Кроме того, сократится плата за сброс шахтных вод подземных рудников, что позволит улучшить экологическую обстановку и получить значительный экономический эффект.

Библиографический список

1. Гусев Ю.П., Березиков Е.П., Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Ресурсосберегающие технологии добычи руды на Малеевском руднике Зырянского ГОКа (АО «Казцинк») // Горный журнал: Руда и металлы, М., № 11, 2008. - С. 20-22.
2. Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Перспективные направления совершенствования технологии закладочных работ на подземных рудниках Восточного Казахстана // Горный журнал: Руда и металлы, М., №4, 2010. - С. 51-53.



УДК 504.5:628.3:66.013(470.312)

РАССЧЕТ УЩЕРБА ВОДНЫМ ОБЪЕКТАМ ОТ СТОКОВ ОАО «НАК АЗОТ» В СЛУЧАЕ АВАРИИ

Шейнкман Л.Э., Даниленко А.Г.

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

Выполнена оценка ущерба от технологической аварии в цехе «Нейтрализации и очистки промышленных сточных вод» ОАО «НАК АЗОТ» при заданных условиях.

Целью работы является оценка величин ущерба от технологической аварии в цехе «Нейтрализации и очистки промышленных сточных вод» (НиОПСВ) ОАО «НАК АЗОТ» для использования их при осуществлении комплексов мероприятий, направленных на снижение рисков.



Для оценки ущерба предлагается использовать «Методику исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» [1]. Данная методика применяется в случаях исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства, в том числе при причинении вреда водному объекту, повлекшему за собой загрязнение и (или) засорение водных объектов, вследствие нарушения правил эксплуатации водохозяйственных сооружений и устройств, повлекших за собой аварийный сброс вредных (загрязняющих) веществ в водный объект, а также при авариях на предприятиях, транспорте и других объектах, включая аварийные разливы нефти.

Исчисление размера вреда, причиненного водному объекту сбросом вредных (загрязняющих) веществ в составе сточных вод, производится по формуле[1]:

$$Y = K_{\text{вг}} \cdot K_{\text{дл}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{ин}} \cdot \sum_{i=1} N_i \cdot M_i \cdot K_{\text{из}},$$

где Y - размер вреда, тыс. руб.;

$K_{\text{вг}}$ - коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года;

$K_{\text{дл}}$ - коэффициент, учитывающий длительность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект при непринятии мер по его ликвидации;

$K_{\text{в}}$ - коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов);

$K_{\text{ин}}$ - коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития;

M_i - масса сброшенного i -го вредного (загрязняющего) вещества;

N_i - таксы для исчисления размера вреда от сброса i -го вредного (загрязняющего) вещества в водные объекты;

$K_{\text{из}}$ - коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект.

Коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития, принимается на уровне интегрального индекса-дефлятора по отношению к 2007 г., который на соответствующий год определяется как произведение индексов-дефляторов по годам, устанавливаемых решением органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации по строке "инвестиции (капитальные вложения) за счет всех источников финансирования".

Коэффициент $K_{\text{из}}$, учитывающий интенсивность воздействия

вредных (загрязняющих) веществ на водный объект, устанавливается в зависимости от превышения фактической концентрации вредного (загрязняющего) вещества при сбросе над установленной ПДКр/х для него и принимается в размере:

равном 1 при превышениях более 1 и до 10 ПДКр/х;

равном 5 при превышениях более 10 и до 50 ПДКр/х;

равном 10 при превышениях более 50 ПДКр/х.

Расчет величины ущерба цеха НиОПСВ ОАО «НАК Азот»:

а) для жидких (горючих) отходов метанола

$$У = K_{вг} \cdot K_{дл} \cdot K_{в} \cdot K_{инн} \cdot \sum_{i=1} N_i \cdot M_i \cdot K_{из},$$

где $K_{вг}=1,25$ (т.к. загрязнение произошло весной – самый большой коэффициент);

$K_{дл}=5$ (т.к. меры по ликвидации не принимались);

$K_{в}=1,29$ (для Шатского водохранилища);

$K_{инн}=1$ (для 2007 года);

$M_i=0,125$ т (т.к. сброс производился в течение 1 часа);

$N_i=280$ тыс. руб.;

$K_{из}=5$;

$У=1,25 \cdot 5 \cdot 1,29 \cdot 1 \cdot 280 \cdot 0,125 \cdot 5=1410,94$ тыс. руб. (входит в интервал до 10 млн руб.);

б) для азотосодержащих сточных вод:

$K_{вг}=1,25$ (т.к. загрязнение произошло весной – самый большой коэффициент);

$K_{дл}=5$ (т.к. меры по ликвидации не принимались);

$K_{в}=1,29$ (для Шатского водохранилища);

$K_{инн}=1$ (для 2007 года);

$M_i=0,1$ т (т.к. сброс производился в течение 1 часа);

$N_i=170$ тыс. руб.;

$K_{из}=5$;

$У=1,25 \cdot 5 \cdot 1,29 \cdot 1 \cdot 170 \cdot 0,1 \cdot 5=685,31$ тыс. руб. (входит в интервал до 1 млн руб.);

в) для органических стоков:

$K_{вг}=1,25$ (т.к. загрязнение произошло весной – самый большой коэффициент);

$K_{дл}=5$ (т.к. меры по ликвидации не принимались);

$K_{в}=1,29$ (для Шатского водохранилища);

$K_{инн}=1$ (для 2007 года);

$M_i=0,12$ т (т.к. сброс производился в течение 1 часа);

$N_i=170$ тыс. руб.;

$K_{из}=5$;



Таблица 1
Регистр опасных веществ цеха НПО ПСВ ОАО «НАК Амур»

Название вещества, продукта	Место обращения (хранения) вещества	Количество обращающегося (хранящегося) вещества	Опасное вещество (категория по ГОСТ Р 51330.11-99)	Вредное для человека (класс опасности вредных веществ по ГОСТ 12.1.007-76, ГОСТ 12.1.005-88)		Величина ущерба, рассчитанная по методике [1] (тыс. руб.)
				нет	да	
Газообразный хлор	Хлораторная установка	18,7 кг/час	нет	-	II	101,015
Жидкие отходы метанола	Установка нитриденитрификации	125 кг/час	-	IIA	III	1410,94
Азотосодержащие сточные воды	Усреднитель сооружения цеха	100 кг/час	нет	-	IV	685,31
Органические сточные воды	Усреднитель сооружения цеха	120 кг/час	нет	-	IV	822,375
Гипохлорит натрия (NaClO)	Буферная емкость вторичные отстойники	200 кг/час	нет	-	II	4111,875

$Y=1,25 \cdot 5 \cdot 1,29 \cdot 1 \cdot 170 \cdot 0,12 \cdot 5 = 822,375$ тыс. руб. (входит в интервал до 1 млн руб.);

г) для гипохлорита натрия:

$K_{вг}=1,25$ (т.к. загрязнение произошло весной – самый большой коэффициент);

$K_{дл}=5$ (т.к. меры по ликвидации не принимались);

$K_{в}=1,29$ (для Шатского водохранилища);

$K_{ин}=1$ (для 2007 года);

$M_i=0,2$ т (т.к. сброс производился в течение 1 часа);

$N_i=510$ тыс. руб.;

$K_{из}=5$;

$Y=1,25 \cdot 5 \cdot 1,29 \cdot 1 \cdot 510 \cdot 0,2 \cdot 5 = 4111,875$ тыс. руб. (входит в интервал до 10 млн. руб.).

г) для растворенного хлора

$K_{вг}=1,25$ (т.к. загрязнение произошло весной – самый большой коэффициент);

$K_{дл}=5$ (т.к. меры по ликвидации не принимались);

$K_{в}=1,29$ (для Шатского водохранилища);

$K_{ин}=1$ (для 2007 года);

$M_i=0,0187$ т (т.к. сброс производился в течение 1 часа);

$N_i=670$ тыс. руб.;

$K_{из}=1$.

$Y=1,25 \cdot 5 \cdot 1,29 \cdot 1 \cdot 670 \cdot 0,0187 \cdot 1 = 101,015$ тыс. руб. (входит в интервал до 1 млн. руб.).

В результате выполненных расчетов составлен с учетом требований [2] реестр опасных веществ цеха НиОПСВ ОАО «НАК Азот» (табл. 1).

Таким образом, на основе обобщения статистической информации об авариях и инцидентах на объекте составлен реестр опасных веществ и оценены при заданных условиях ущерб и тяжесть последствий технологических аварий в цехе «Нейтрализации и очистки промышленных сточных вод» ОАО «НАК АЗОТ».

Полученные расчетные оценки ущерба от технологической аварии в цехе НиОПСВ ОАО «НАК АЗОТ» могут быть использованы при выборе и осуществлении комплексов мероприятий с соответствующими экономическими затратами, направленных на снижение расчетных рисков до уровня приемлемых.

Библиографический список:

1. *Постановление Правительства Российской Федерации от 4 ноября 2006 г. № 639 "О порядке утверждения методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства". - 29 с.*



2. Инструкция ЕвроХим № 16-СТО-ПП05-10 по управлению рисками в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды., 2007. - 46 с.



УДК 622.765.061:628.511.124

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ НА ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ДОРОГАХ

Воробьев А.Е.

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

Мадаева М.З.

*Грозненский Государственный нефтяной институт,
имени академика М.Д.Миллионщикова", Россия*

Для экологизации источников загрязнения атмосферы на поверхностных комплексах и автодорогах, разработаны и использованы различные технологии пылегазонейтрализации (водовоздушные форсунки конусного и зонтичного типов ОЗ-1, ОК-1м) или полив водой автодорог. Однако в рассматриваемых условиях последнее не даёт продолжительного положительного эффекта в солнечную погоду (рис. 1).



Рис. 1. Эффективность пылеподавления на технологических (карьерных) автодорогах:

1 – вода; 2 - ПАА

Наиболее эффективным средством экологизации автодорог со щебеночным покрытием по данным исследования оказалась обработка поверхности пылесмачивающе-связывающими материалами (табл. 1).

Учитывая, что на исследуемой местности имеется три источника водоснабжения с различными физико-химическими характери-

стиками воды, эти источники были испытаны на эффективность пылеподавления. Испытанию были подвергнуты также растворы поверхностно-активных веществ, растворы солей, омагниченная вода, и вода, прошедшая электрическую обработку.

Таблица 1

Продолжительность обеспыливающего действия материалов после первой обработки покрытий

Материал	Единица измерения	Норма расхода на 1 м ² щебеночного покрытия	Срок эффективного действия, сут
Кальций хлористый технический			
а) кальцинированный	Кг	0,6÷0,7	10-20
б) плавленый	Кг	0,7÷1,0	10-20
Кальций хлористый ингибированный фосфатами (ХФК)	Кг	0,7÷0,8	15-25*
Техническая соль сильвинитовых отвалов (твердая)	Кг	1,2÷1,6	12-15
Лигносультаты технические (марка 50%-ной концентрации)	Л	1,4÷1,8	15-20
Лигнодор	Л	1,4÷1,87	20-40
Сульфитный щелок (10%-ной концентрации)	л	3,5÷5,0	10-15
Жидкие битумы и дегти	л	0,7÷1,07	15-45
Битумные эмульсии	л	1,0÷1,3	15-45
Сырые нефти	л	0,7÷1,0	15-45

Пылеподавление в каждом эксперименте оценивалось по величине поверхностного натяжения испытываемой жидкости, поскольку от нее зависит способность пылевой частицы проникать в каплю.

Поверхностное натяжение определялось методом сталагмометра на специальном устройстве, разработанном при участии автора (рис. 2).

Разработанный прибор был использован в лабораторных условиях при определении величины поверхностного натяжения исследуе-



мых вод. Он позволяет измерить величину поверхностного натяжения до 15 % точнее по сравнению с ранее используемым методом.

Исследованиями установлено, что наиболее эффективным средством подавления пыли является водопроводная вода с добавлением (0,5÷0,4)% полиакриламида (ПАА).

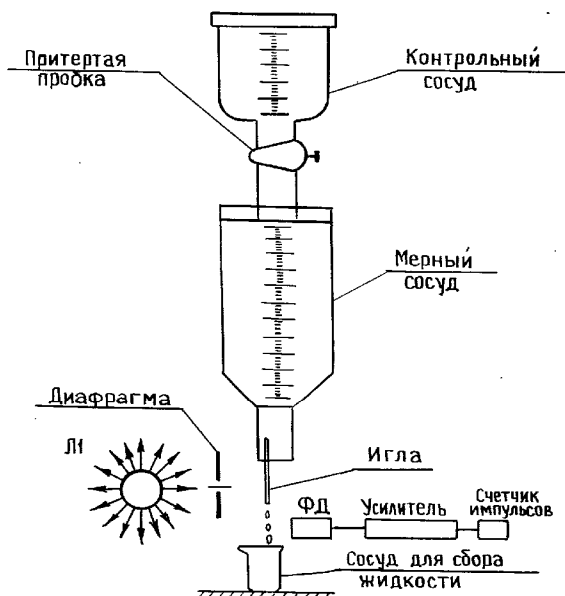


Рис. 2. Устройство для контроля поверхностного натяжения жидкости:
 L_1 – осветительная лампа, ФД – фотодиод

Аналогичной эффективностью обладает эта же вода, подвергнутая магнитной обработке в 8 секциях ПМУ. В связи с этим для пылеподавления была использована в промышленных масштабах водопроводная вода, обработанная в 8-ми секциях ПМУ.

В табл. 2 приведены значения поверхностной активности испытуемых вод после прохождения в 4-8 парах постоянных магнитов противонакипного магнитного устройства (ПМУ) при 20 °С.

Для пылеподавления на автодорогах и отвальном поле автором было испытано пылесвязывающее вещество – универсин, в соответствии с ВТУ-38-3028-75. Универсин поставляется в железнодорожных цистернах емкостью 50-60 т в готовом для применения виде. Он обладает незначительной водовываемостью, нетоксичностью.

Применение универсина позволило снизить запыленность воздуха до нормативного уровня на срок от 20 до 30 суток, при расходе 2 л/м² при первичной обработке и 0,5 л/м² при повторном поливе.

Таблица 2

Величина поверхностного натяжения испытуемых вод после обработки в ПМУ, дин/см²

Источник воды	Магнитная обработка в ПМУ	Поверхность натяжения	
		до обработки	после обработки
Архонская шахтная	4	74,6	46,0
	6	74,6	48,4
	8	74,6	45,3
Из реки Ардон	4	73,1	40,1
	6	73,1	42,4
	8	73,1	40,2
Водопроводная	4	72,5	27,5
	6	72,5	40,4
	8	72,5	30,5

На магистральных автодорогах, по которым перевозят руду, также были исследованы различные рецептуры покрытия поверхности.

Полупромышленные испытания, проведенные на контрольных участках дорог с нанесением смолы АБ, показали, что пылевыведение при движении автомашин в первые дни (первые 5 дней) практически отсутствует, но по мере «старения» покрытия оно резко возрастает (рис. 3).

Повторная обработка тех же участков дорог смолой показала, что срок эффективного действия ее возрастает до 18 – 19 суток, при этом удельный расход смолы АБ на дорогах, покрытых асфальтом, составил 0,3 – 0,5 дм³/м², а покрытых щебнем – 0,8 – 1,0 дм³/м² (табл. 3).

Анионный полиакриламид (ПАА) - это общее наименование для семейства макромолекул с большими молекулярными массами, синтезированных свободно-радикальной полимеризацией акриламида и анионного сомономера (в основном натриевыми солями акриловой кислоты акрилатами натрия). Это синтетические линейные полимеры из гидролизированных мономеров акриламида.

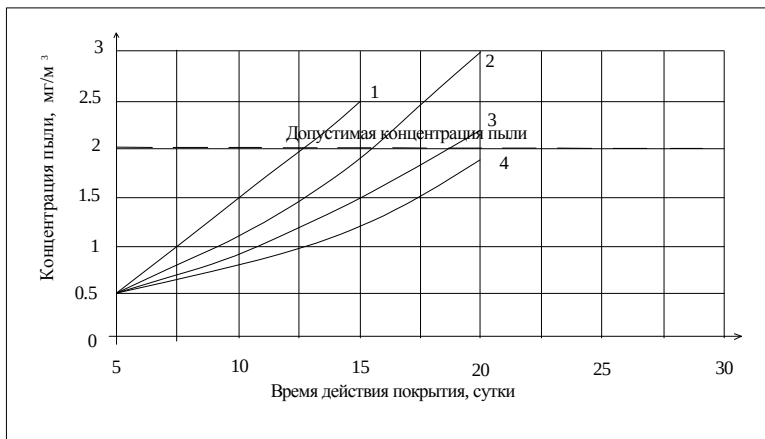


Рис. 3. Эффективность пылеподавления после полива автодороги:
1, 2 – первичная обработка (асфальтовое, щебеночное покрытие); 3, 4 – повторная обработка (асфальтовое, щебеночное покрытие)

Таблица 3
Запыленность воздуха у автодорог после повторной обработки

Вид покрытия автодороги		Запыленность воздуха после повторной обработки, мг/м^3 , при продолжительной обработке, дни			
Расход смолы, $\text{дм}^3/\text{м}^2$					
асфальтовое	щебеночное	5	10	15	20
0,3-0,5		0,56	0,75	1,25	2,04
	0,8-1,0	0,60	1,0	1,50	2,05

Молекулы представляют собой гибкие цепочечные структуры, сплетенные в неупорядочные ветви, являющиеся также полиэлектролитом, взаимодействующим с ионами в растворе.

И плотность заряда (ионность) полиакриламида и его молекулярный вес могут варьироваться. Так, плотность заряда от 0 до 100% на полимерной цепочке добивается варьированием отношения акриламид/анионный мономер.

Молекулярная масса полиакриламида зависит от типа и концентрации инициатора реакции и реакционных параметров. В частности, молекулярный вес полиакриламида (рис. 4) варьируется от <2 миллиона до 22 миллионов Дальтон; анионный заряд - от 0 до 100%.

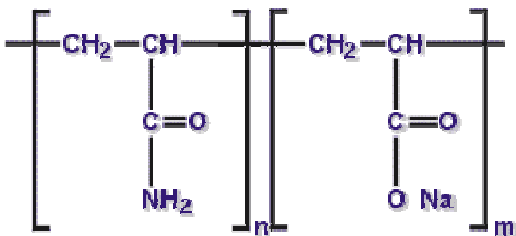


Рис. 4. Химическая структура полиакриламида

Молекулярный вес полиакриламида во многом зависит от степени гидролиза (максимальный молекулярный вес достигает приблизительно 40 мол.%).

Сочетание молекулярного веса и ионного заряда приводит к очень высоким вязкостям получаемых водных растворов - одного из основных свойств этих полимеров.



УДК 504.75

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, УСТОЙЧИВЫЕ К БИОПОВРЕЖДЕНИЮ

Гончарова Е.Н., Новицкий Л.В.

Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г.Белгород, Россия

Апробированы биоцидные добавки в строительные материалы. Проведенные эксперименты позволили выявить оптимальную добавку для защиты строительных материалов от биоповреждения.

В практику строительства в настоящее время внедряется концепция экологической оценки строительных материалов и рационального их выбора с точки зрения экологической безопасности для окружающей среды и для человека, решается задача формирования экологического мировоззрения для решения глобальных и частных экологических проблем. Актуальными становятся не только инженерные, но и эколого-материаловедческие задачи, позволяющие обеспечить выбор



долговечных, экологически безопасных строительных материалов при проектировании зданий и сооружений.

На этапе проектирования важно определить срок службы различных материалов и всего здания, а также оценить долговечность материала. Высокий показатель долговечности означает, что материал долго сохраняет все свои свойства и имеет больший срок использования до ремонта или замены изделия. Благодаря продлению периода использования материала нагрузка на окружающую среду на этот период уменьшается. Важно, чтобы долговечность материалов отдельных строительных узлов всегда соответствовала жизненному сроку всего здания. Кроме того необходимо провести экологическую оценку новых строительных материалов. По результатам такой оценки нежелательными к использованию могут стать даже такие материалы, которые уже прошли гигиеническую сертификацию. Критерием для отбраковки является наличие в их составе вредных для окружающей среды веществ.

Долговечность конструкций из бетона определяется интенсивностью деструктивных процессов, в том числе и коррозионных, и зависит от свойств бетона, а они – от многих факторов, в том числе и экологических.

Строительные материалы при эксплуатации подвергаются различным видам воздействия со стороны окружающей среды. В условиях неуклонно возрастающего антропогенного давления на окружающую среду интенсивно развиваются процессы биоповреждения строительных конструкций, которые ведут к снижению прочностных характеристик несущих конструкций и материалов. Этот процесс может проходить в результате плесневения, окрашивания, обрастания, ухудшения свойств и разрушения. Процессы биodeградации, которые зависят как от состава бетона, а именно от состава и свойства компонентов, состояния поверхности, наличия загрязнений и степени старения, так и от окружающей среды, в которой они находятся. Виновниками биоповреждений цементных бетонов являются микроскопические грибы, бактерии; зеленые водоросли, а также их скорость роста, состав метаболитов, концентрация агрессивных веществ и длительности воздействия.

Для получения устойчивых к биоповреждениям бетонов исследовали свойства полифункциональных биоцидных добавок на основе отходов промышленности Белгородской области.

Процессам биоповреждения подвергаются фундаменты зданий, канализационные коллектора и другие сооружения техногенной сферы, в которых складываются оптимальные условия для размножения микробов. Для защиты от этих процессов используют различные мето-

ды, которые делятся на механические, физические, химические и биологические, а также комбинированные.

В настоящее время не существует универсальных способов защиты от биоповреждения. Наиболее реальным способом является создание материалов, устойчивых к микробному воздействию. В строительные материалы вводятся различные биоцидные добавки: катионные ПАВ, суперпластификаторы, метилсиликонат натрия и другие вещества.

Целью нашей работы было изыскание средств химической защиты строительных материалов от биоповреждения для того, чтобы продлить срок службы бетонных конструкций и избежать техногенных аварий. В качестве биоцидов исследовались катионные поверхностно-активные вещества, суперпластификаторы, различные техногенные отходы. Кроме того исследовали влияние введенных добавок на тест-организмы с целью определения их экологической безопасности.

Среди исследованных поверхностно-активных веществ наиболее оптимальны в качестве биоцидов алкилимидазолины с различной длиной цепи, которые при низкой концентрации (0,1 – 0,2 г/л) в растворе оказывали биоцидное действие на все исследованные микроорганизмы. Среди имидазолинов были выбраны лучшие, не дающие возможности развиваться всем испытанным микроорганизмам – коррозионным агентам.

Апробированные добавки вводились в строительные материалы, и проверялась возможность защиты их данными биоцидами от коррозионных изменений в бетонный раствор в концентрациях 0,1%, 0,05%, 0,01% от общей массы. Пыль ЭДСП добавлялась в бетонную смесь в концентрациях 0,3%; 0,5%; 1%, 3%. Образцы известной массы помещались в среду Бейеринка для тиобацилл и инокулировали бактериями и в среду Виноградского с нитрифицирующими бактериями, а также эксперимент проводили в контрольных сосудах с дистиллированной водой.

Кроме того, эксперимент проводили с образцами строительных материалов, которые в течение недели находились в проточной водопроводной воде, таким образом, моделировали ситуацию, которая складывается в реальных условиях. После этого образцы строительных материалов были помещены в условия, описанные выше в питательные среды для тионовых и нитрифицирующих бактерий. В ходе наблюдения следили за изменением pH в растворах, изменением массы образцов, изменением количества бактерий, миграцией в раствор ионов кальция из строительных материалов. В конце эксперимента (че-



рез 9 недель) измеряли предел прочности образцов на сжатие и проводили рентгенофазовый анализ продуктов коррозии и новообразований.

Показано, что более интенсивное повреждение микроорганизмами строительных материалов наблюдалось после их нахождения в проточной воде. Процесс выщелачивания кальция из строительных материалов шел более интенсивно в средах с тионовыми бактериями. Среди исследованных образцов наименьшему разрушению подвергались образцы с добавками алкилимидазолинов. Количество бактерий в водной среде, содержащей различные образцы, являлось величиной одного порядка ($\approx 0,8 \cdot 10^8$ микр/мл). Таким образом, добавки, введенные в образцы строительных материалов, не подавляли развития бактерий в растворе. Анализ изменения массы образцов продемонстрировал, что массы строительных материалов не только уменьшались, но и увеличивались в ходе эксперимента. Изменения массы образцов в ходе эксперимента составили 1-2%. Анализ испытания образцов на прочность показал, что прочностные характеристики остались на исходном уровне или стали несколько выше контрольных у образцов строительных материалов, содержащих ЭДСП (1%) и алкилимидазолин (С12 –С14) – 0,1%.

Следовательно, в результате проведенной работы были выявлены оптимальные добавки, которые повышают устойчивость строительных материалов по отношению к тионовым бактериям.

Определен минералогический состав новообразованных кристаллов, образовавшихся в результате биоповреждения образцов строительных материалов. Фазовый состав продуктов коррозии в модельном эксперименте аналогичен рентгенофазовому составу корродированного цементного камня коллектора промышленных сточных вод. Продуктами коррозии являются двуводный гипс, четырехкальциевый монокarbonатный гидроалюминат, этtringит, β -кварц. Образование гипса, и особенно этtringита сопровождается растрескиванием бетона за счет большого объема новообразований. Образующиеся трещины являются каналами, по которым вглубь бетона диффундируют углекислота и летучие кислоты.

Образцы строительных материалов с добавками были проверены на устойчивость к повреждению одноклеточными зелеными водорослями *Chlorormidium* sp., выделенными в лабораторных условиях из разрушенных строительных материалов. Наибольшую устойчивость к заселению образцов микроводорослями продемонстрировали образцы строительных материалов, содержащие алкилимидазолины.

В ходе экспериментальной работы установлено, что добавка пыли ЭДСП (промышленного отхода) в исследуемом интервале по-

вышает биостойкость и не снижает прочностные характеристики строительных материалов. Кроме того установлено, что добавка КПАВ в образцы бетона предотвращает коррозию строительных материалов как тионовыми и нитрифицирующими бактериями, так и зелеными одноклеточными водорослями.

Введенные добавки не ухудшают состояния окружающей среды, поскольку не установлено токсического действия вытяжки образцов на тест-организмы (инфузории, дафнии, зеленые водоросли). Строительные материалы с бицидными добавками приобретают такие качества, как долговечность и стойкость к агрессивным факторам внешней среды. Большая защищённость строительных сооружений позволит увеличить срок эксплуатации и предотвратить загрязнение окружающей среды продуктами коррозии в результате аварийных ситуаций. Применение добавки в виде пыли позволит частично утилизировать отход сталеплавильного производства.



УДК 616-036.82/.85

ТЕРМОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС РЕАБИЛИТАЦИИ ГОРНОРАБОЧИХ

Ковшов С.В., Котенков Н.А.

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет) имени Г.В. Плеханова, Россия

In clause the question of influence of negative factors of the industrial environment on health and working capacity of miners is analyzed. As a universal remedy of increase of working capacity the individual thermal steam bath is offered.

Во время повседневной работы на рудниках, карьерах и шахтах на горнорабочих постоянно воздействуют определенные поражающие факторы (механические воздействия, высокая температура воздуха, высокая концентрация вредных газов, низкое содержание кислорода и т.д.).

Усиление воздействия повреждающих факторов приводит к нарушению функционального состояния, ухудшению адаптации организма горнорабочих, что вызывает более быстрое развитие физического утомления. Так, при работе в условиях высоких или низких температур постепенно возникают тепловой или холодовой виды стресса,



значительно изменяющие различные анатомо-функциональные системы организма. Так, практически по всем основным показателям общей заболеваемости здоровье горнорабочих северных регионов значительно хуже здоровья жителей других регионов России (табл. 1). Данные таблицы 1 получены с использованием информационно-энтропийного метода по Н.В. Догле и Г.К. Радионовой [1]. Энтропия, выраженная в информационных единицах (битах), включает в себя показатели количества случаев, частоты и тяжести заболеваемости.

Таблица 1

Информационная энтропия (по показателям ЗВУТ и данным клинического обследования) среди горнорабочих Заполярья и средней полосы

Показатель	Коэффициент энтропии, бит (муж./жен.)	
	Крайний Север	средняя полоса
Частость болевших и неболевших лиц в сумме по всем болезням	0,6866/0,833	0,5869/0,907
Болезни органов дыхания	0,9956/0,981	0,9850/0,901
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	0,5118	0,3508
Травмы и отравления	0,3723	0,3660
Болезни системы пищеварения	0,8523	0,4022
Болезни нервной системы и органов чувств	0,1791/0,184	0,1686/0,151
Частость выявления больных: с заболеваниями органов дыхания вегетососудистой дистонией радикулитом с заболеваниями желудочно-кишечного тракта гипертонической болезнью хроническим отитом и его последствиями	0,9814/0,997	0,5469/0,833
	0,7014/0,854	0,5774/0,699
	0,4022/0,446	0,5059/0,384
	0,3660	0,2647
	0,0014	0,4022
	0,4690	0,3114
Коэффициент интегральной энтропии по 12 показателям	6,519	5,468

Диапазон приспособительных реакций по поддержанию теплового гомеостаза снижается, появляются неврологические синдромы (невроподобные состояния, астения, головные боли, замедляются зрительно-моторные реакции), возникают поражения печени, почек, нарушения обмена веществ. Все это говорит о том, что горнорабочие

(особенно имеющие значительный стаж работы) испытывают значительные виды физиологических и психо-эмоциональных нагрузок.

Однако в технической и медицинской литературе этому вопросу уделяется недостаточное внимание, фактически отсутствуют указания о способах повышения работоспособности горнорабочих, коррекции их физиологических сдвигов до, во время и после работ различными методами превентивной реабилитации с целью повышения физической работоспособности и снятия психо-эмоциональных нагрузок для более быстрого восстановления и продолжения работ.

В рамках решения проблемы восстановления здоровья и работоспособности горнорабочих на базе СПГТИ(ТУ) имени Г.В. Плеханова разрабатывается реабилитационный комплекс, основу которого составляет применение тепла и пара.

Еще издревле люди применяли лечебно-восстанавливающие свойства пара и тепла при посещении различных видов бань (русская, турецкая и т.д.) и саун. Однако не все люди хорошо переносят известные термопроцедуры, так как недостаток кислорода отрицательно сказывается на деятельности головного мозга, у многих людей наблюдаются головокружения и тошнота, наступает кислородное голодание. Так же на организацию и поддержание высокой температуры в большом помещении требует высоких энергозатрат для предприятия.

Более рациональными и энергетически менее емкими являются индивидуальные термopаровые бани (ИТПБ).

Энергопотребление парогенератора, который создает оптимальную паровую среду в ИТПБ составляет 900 Ватт, готовность к применению 5-7 минут, что в 2,5 раза меньше обычного чайника, это обуславливает экономическую целесообразность использования ИТПБ. Мощность электрокаменки для парной до 20 квадратных метров, составляет 20 кВт, что в 22 раза больше потребляемой мощности ИТПБ, не учитывая длительное время подготовки помещения - разогрева (до 5 часов работы электропечи).

Отличительная особенность ИТПБ заключается в том, что голова пациента находится вне зоны воздействия горячего пара. Соответственно нет нагрузки на сосуды головного мозга и нет недостатка кислорода. В процессе применения данного устройства расширяются сосуды, кровь идёт на периферию, освобождая весь организм от застоявшейся крови, образовавшейся в результате сужения сосудов, нормализуется артериальное давление, улучшается работа всех органов. Усиленное движение крови способствует хорошей терморегуляции, повышению иммунитета и адаптации организма к неблагоприятным условиям внешней среды.



Индивидуальная термopаровая баня относится к санитарно-профилактическим устройствам, в частности к парильням, баням и саунам, оно может быть использовано в административно-бытовых комплексах при предприятии для проведения профилактических процедур, в лечебных учреждениях, физиокабинетах, для осуществления различных лечебно-профилактических процедур, в санаториях и профилакториях для реабилитационных процедур. Использование ИТПБ позволяет создать условия для равномерного и более эффективного воздействия пара, модифицированного биодобавками и тепла на организм человека. Отличие ИТПБ заключается в том, что голова пациента находится вне зоны воздействия горячего пара. Соответственно нет нагрузки на сосуды головного мозга и нет недостатка кислорода. Физиологический механизм работы ИТПБ осуществляется следующим образом - в голове каждого человека есть центр терморегуляции, когда человек заходит в парилку, голова нагревается и центр терморегуляции дает сигнал выводить из организма жидкость с целью охлаждения кожных покровов. Однако в парилке выводится просто жидкость и соли. Академик Микулин установил и практически доказал, что максимальное выведение шлаков, токсинов, ядовитых веществ из сальных желез происходит, если центр терморегуляции не подвержен тепловому воздействию, а нагревается только тело.

Конструкция ИТПБ включает корпус, выполненный преимущественно из древесины кедра, парообразователь, соединяющий их паропровод, парообразователь выполнен в виде емкости с возможностью использования биодобавок различного направления (рис. 1).

В ИТПБ осуществляется воздействие на человека горячим паром (50-60°C) при 100 % влажности. Термальная терапия в настоящее время является предметом научных исследований, которые существенно расширяют наши представления о её механизмах.

Термальные процедуры действуют, прежде всего, на терморегуляторный аппарат человека, который обеспечивает защиту от перегревания путем усиления кожного кровообращения и потоотделения. Из организма выводятся продукты метаболизма, токсичные вещества - при этом уменьшается нагрузка на почки; при действии горячего воздуха активизируется также и функция сальных желез. Все эти процессы способствуют очищению кожи, улучшению ее трофики. Гипертермические воздействия улучшают состояние нервной, мышечной систем, способствуя релаксации мышц. Доказано выраженное влияние ИТПБ на сердечнососудистую систему: улучшение систолической и диастолической функций сердца, снижение периферического сопротивления (уменьшение постнагрузки на сердце), улучшение функции

эндотелия сосудов. Немаловажным эффектом таких процедур является снижение утомления, нервного и физического напряжения, повышение физической и умственной работоспособности. Все это является обоснованием применения ИТПБ в оздоровительных и лечебных целях.

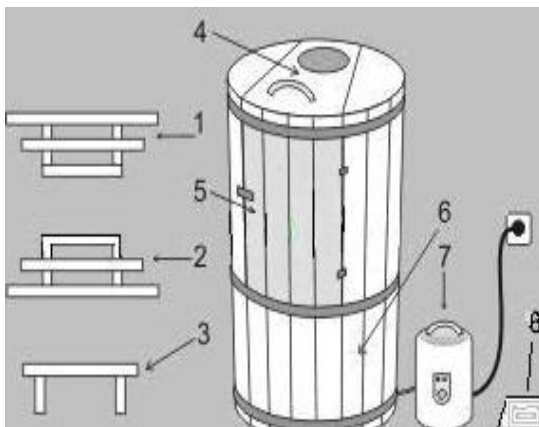


Рис. 1. Конструкция индивидуальной термопаровой бани

1. Подставка для ног; 2. Сиденье; 3. Ступенька; 4. Крышка; 5. Дверь;
6. Корпус; 7. Парогенератор 8. Емкость для погружения биодобавок

В процессе эволюции природа придумала конструктивный канал для отвода шлаков из организма человека. Она снабдила все тело человека миллионами потовых желез и микроскопическими каналами для выхода пота и газов. Таким образом, кровеносную и лимфатическую системы, выводящие шлаки, природа продублировала, создав кратчайший путь от места их возникновения до места выделения — через потовые железы кожного покрова.

Опубликован также результат экспериментов, проведенных для выяснения причин плохого самочувствия и даже обмороков, наступающих в результате долгого пребывания большого скопления людей в непроветриваемом помещении. Оказалось, что причиной является не столько уменьшение процента кислорода и даже не прибавление процента CO_2 , а увеличение содержания ядовитых продуктов в газах, выделяемых человеческим телом.

Потовыделение помимо функции выведения шлаков имеет и другое назначение. Оно участвует в терморегуляции, или поддержании нормальной температуры тела. В бане при температуре выше температуры кожи, чтобы избежать перегрева, организм выделяет много пота, кото-



рый, испаряясь с поверхности кожи, охлаждает ее.. Этот пот содержит гораздо меньше растворенных шлаков, а следовательно, и потение в бане по полезности не может заменить потения при физических упражнениях. Здесь уместно сказать о том, почему природа наделила тело здорового человека температурой 36—37°C. Как раз в этом диапазоне температур для нагрева воды на ГС требуется минимальное количество теплоты, то есть удельная теплоемкость достигает своего минимума. Итак, для здоровой жизни клеток, из них надо удалять шлаки не только по лимфатическим и венозным сосудам сосудами, но и по протокам потовых желез.

Библиографический список:

1. Догле Н.В. О выявлении доли влияния производственных условий и характера труда в профессии на формирование уровней ЗВУТ / Н.В. Догле, Д.П. Зуихин // Гигиена труда и профессиональная заболеваемость. - 1985 — № 5 -С. 19-3.



УДК 622.86:614.8.084

О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА ПРИ ОЦЕНКЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

Хусаннова Р.Г.

*Санкт-Петербургский государственный горный институт
(Технический Университет), г. Санкт –Петербург, Россия*

Выполнен краткий обзор литературных источников, посвященных исследованиям влияния природно-климатических условий на состояние здоровья человека, которые учитываются при оценке условий труда работников. Показано, что уровень производственного травматизма зависит от сезона года и определяется температурным фактором. Сформулировано направление исследований для разработки эффективных мер повышения надежности функционирования системы «человек – окружающая среда - техника» в нефтегазовой промышленности.

Нефтегазовая промышленность РФ является бюджетообразующей отраслью экономики и в значительной степени определяет социально – экономическое положение страны. Основные и уникальные по масштабам месторождения полезных ископаемых, где добывается около 80% нефти, более 90% природного газа расположены на терри-

тории Крайнего Севера, отличающегося экстремальным характером природно-климатических условий [1]. Влияние условий труда на производственные показатели ставит охрану труда и обеспечение промышленной безопасности в ряд важнейших составляющих комплекса социальных и производственных мероприятий. По результатам исследований оценки уровня дискомфорта климата для различных территорий, выполненных А. С. Мартыновым и В. Г. Виноградовым, Крайний Север (Заполярье) отнесен к абсолютно-дискомфортной зоне [2]. Отрицательная среднегодовая температура, продолжительная зима, пониженная влажность воздуха, воздействие ветров и другие негативные факторы оказывают существенное влияние на условия труда и здоровье работников, занятых на производстве. Например, проведенные С.И. Квашниной исследования по Гыданскому региону Крайнего Севера Тюменской области показали достаточно высокую корреляционную связь между погодными факторами (температурой воздуха, скоростью ветра) и общей заболеваемостью, а также болезнями дыхательных путей ($r=0,72$ и $0,84$)[3].

При разработке нефтегазовых месторождений Севера, кроме климатических, существенное влияние на условия труда, оказывают опасные и вредные производственные факторы (интенсивный производственный шум, общая и локальная вибрация, недостаточное освещение, загрязнение рабочей зоны пылью и газами, тяжесть труда и др.) Ведущим психосоциальным фактором жизнедеятельности при освоении Севера является экспедиционно – вахтовый режим работы, который обуславливает специфику организации производства [4]. Значительные научные исследования в области безопасности труда на Севере велись многими научными организациями страны и учеными, среди которых следует отметить Н.А. Агаджаняна, Е.П. Боисенко, С.Я. Кагановича, А.Л. Келлера, В.В. Крючкова, Л.Е. Панина, Н.Б. Суворова, А.Я. Тизул, Т.И. Шишкину, Ю.В. Шувалова, Г.Н. Дегтеву, Н. М. Цицулина, В. П. Зуевского и др. Исследованиями указанных авторов, в частности, установлено, что рост смертности, инвалидности среди работников не позволяют оценить уровень здоровья как благополучный, что связано с отрицательным воздействием суровых климато – географических условий, особо значимых в связи со спецификой производственного процесса, и усугубляющих производственных факторов. Было показано также, что техногенные и социальные условия окружающей среды либо потенцируют негативное действие природных факторов, либо уменьшают это влияние. Данной проблеме также посвящены исследования Научной школы СПГТИ (ТУ), по результатам которых был разработан, в частности, комплексный критерий для



оценки состояния здоровья человека – безразмерный психофизиологический потенциал человека, адекватно отражающего влияние условий труда, жизнедеятельности и профилактики на организм человека, позволяющего своевременно и эффективно принимать меры для его восстановления и продления активного периода жизнедеятельности. Необходимость введения профессионального отбора, мониторинга состояния здоровья нашли свое отражение в работах Шувалова Ю.В., Тучи Н.А., Глебовой Е. В. [5,6,7]. О значительном влиянии на организм человека изменений метеорологических факторов свидетельствуют данные широкомасштабных исследований показателей смертности при изменениях различных метеорологических характеристиках погоды (Besanclut J.D., Donaldson G.C., Keatinge W.R., Sartor F. et al., цитировано по [8]). Влияние на организм человека изменений отдельных метеорологических факторов, в частности, температуры воздуха и влажности воздуха исследовано в работах Бокши В.Г., Богущкого Б.В., Овчаровой В.Ф., Miura T., Faust V., Helberg F., Cornelissen G., Haus E. И др., которые также подтверждают зависимость работоспособности человека от климатических параметров окружающей среды [8].

Таким образом, результаты исследований, содержащиеся в проанализированных литературных источниках, подтверждают неоспоримую связь влияния суровых климатических условий (прежде всего температурного фактора) на состояние здоровья человека, которые должны быть учтены при оценке труда работников нефтегазовых промыслов. Однако, такая немаловажная проблема, как снижение уровня травматизма с точки зрения влияния температурного фактора не нашла отражения в данных работах.

На сегодняшний день, несмотря на тенденцию уменьшения производственного травматизма, абсолютные цифры его достаточно велики. В соответствие с тем, что любая деятельность потенциально опасна, мы не сможем абсолютно исключить случаи травмирования, но сможем максимально возможно их уменьшить. По оценкам и расчетам проведенным в своих исследованиях Ю. Сазыкиным вклад одного человека, которого уберегли от травматизма со смертельным исходом, в экономику страны составляет около 2,5 миллионов рублей. Таким образом, не считая экономии бюджета фонда социального страхования, в экономику страны, по мнению автора, в последующие годы условно будет вложено дополнительно около 2,5 млрд. руб. [9]. Большая часть работ, связанных с обслуживанием объектов нефтегазовых промыслов, проводится на открытом воздухе – осмотр и проверка кустов газовых скважин, ремонтные и монтажные работы. В связи с этим микроклимат является неустранимым вредным производственным

фактором. Воздействие экстремальных температур и сопутствующих климатических условий является одной из основных причин производственного травматизма [10]. По результатам анализа несчастных случаев, большинство из них произошли с работниками, профессии которых характеризуются высокой тяжестью и напряженностью труда, причем их трудовая деятельность связана с непосредственным воздействием температурного фактора. Анализ уровня производственного травматизма в течение годового периода, позволяет установить увеличение числа травмированных работников именно в холодный период года, связанный с воздействием низких температур и сильных ветров, т. е. опасных факторов, которые явились причинами происшедших случаев травматизма, усиливалось действием температурного фактора.

Во многих работах [11,12,13,14,15] отмечается, что трудоемкость работ в условиях низких отрицательных температур намного выше, чем при нормальных условиях, так как возникают дополнительные затраты энергии, идущей на преодоление сопротивления громоздкой теплой одежды, а также из-за общих технических причин, вызванных осложнением эксплуатации машин и механизмов. В процессе анализа литературных источников данных о связи температурного фактора непосредственно с уровнем производственного травматизма на предприятиях Северных регионов нами не обнаружено. Из аналитического обзора, приведенного в работе [16], следует, что в основном исследования касались влияния низких отрицательных температур и сопутствующих климатических факторов на увеличение дней нетрудоспособности работников (уменьшения производительности труда) за счет увеличения производственно обусловленных заболеваний. Причем отмечена четкая зависимость снижения производительности труда в холодный период года, как на открытых, так и подземных горных работах.

В работе [17] рассмотрена связь энергетической стоимости работ, выполняемых работником в процессе трудовой деятельности при различной температуре окружающей среды, с уровнем производственного травматизма. Авторами установлено, что ведение открытых горных работ в условиях резко-континентального климата, показатели травматизма также имеют сезонный характер, как и показатели заболеваемости. На основании проведенных исследований была выдвинута и обоснована гипотеза, что увеличение числа травмированных в холодное время года связано с изменением категории труда по тяжести (увеличение энергоемкости рабочих операций). Выполненный нами анализ производственного травматизма для одного из нефтегазовых предприятий Севера показал, что гипотеза имеет не частный ха-



ракти и право на существование не только в горной, но и нефтегазовой промышленности. На рисунке приведена диаграмма изменения уровня производственного травматизма в течение года, из которой видно, что число несчастных случаев в холодный период почти в два раза выше среднегодового уровня.

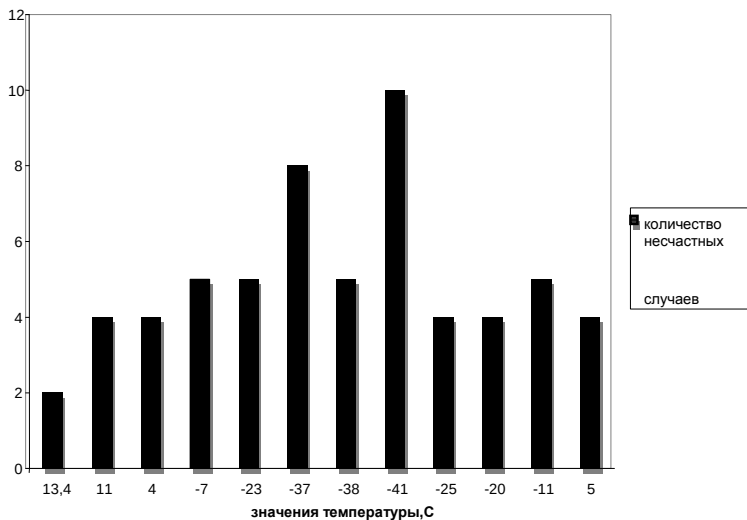


Рис. Диаграмма зависимости случаев травматизма от температуры воздуха

В настоящий период при нормировании производственных процессов данная зависимость никак не учитывается. В то же время, выявление основных причин и закономерностей сезонного травматизма, является важным этапом определения надежности человека как звена сложной технической системы, во многом определяющего ее экономически целесообразное функциональное состояние. Развитие данного направления исследований позволит внести изменения в положение об аттестации рабочих мест по показателям тяжести и напряженности труда, по - новому взглянуть на рационализацию режима труда и отдыха работников, установленных согласно статье 108 ТК, правилами внутреннего распорядка или по соглашению между работниками и работодателем. Дальнейшее развитие гипотезы авторов работы [17] и использование новых интегральных показателей травмоопасности рабочих процессов, учитывающих климатические условия, в частности, температурный фактор, позволит выявить слабые звенья в системе

обеспечения промышленной безопасности и разработать эффективные меры повышения надежности функционирования системы «человек – окружающая среда - техника» в нефтегазовой промышленности.

Библиографический список:

- 1.Бурлаков С.Д., Шувалов Ю.В. Оценка влияния условий среды и труда на безопасность жизнедеятельности человека при освоении минерально – сырьевых ресурсов Крайнего Севера. Монография. – СПб: ГАЛАРТ, 2002. – с.267.
- 2.Мартынов А.С., В.Г.Виноградов. Оценка дискомфорта климата. Атлас “Окружающая среда и здоровье населения России”. М-ПАИМС, 1995
- 3.Квашина С. И. Влияние климато-географических условий Заполярья на уровень заболеваемости вахтовых рабочих: докл. Респ. науч.-практ. конф., г. Казань, 1988г.
- 4.Силин А.Н. Организация производства вахтовым и вахтово-экспедиционным способом при формировании Западно-Сибирского нефтегазового комплекса. – Тюмень, 1982.
- 5.Шувалов Ю.В. Безопасность жизнедеятельности трудящихся в горнодобывающих регионах Севера. – СПб: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы. – 2006, с.640
- 6.Гуча Н.А., Сайбель С.Л. Роль и значение социально-психологических исследований в системе управления персоналом ООО «Уренгойгазпром». Обеспечение эффективного функционирования Уренгойского нефтегазодобывающего комплекса//Материалы научно-практической конференции// Анапа.- 2003 г.
- 7.Глебова Е.В. Определение профессионально важных качеств операторов в нефтегазовой промышленности с целью повышения надежности операторской деятельности // Нефть, газ и бизнес. -2008.- №5-6. - с. 59 - 61.
8. Ю.В. Шувалов, Т. И. Нифонтова, И.Б. Мовчан и др. Разработка критериев и методики количественной оценки функционального состояния основных систем организма человека в северных широтах. Разработка методики контроля показателей здоровья «Уренгойгазпром». Х/Д № 14/2005// Отчет о научно –исследовательской работе – СПб,2005 – с.534.
- 9.Сазыкин Ю.Л. Экономическая оценка потерь народнохозяйственного региона от ДТП (на примере Краснодарского края) / Авт. дисс. на соискание учен. ст. канд. эк. наук. – Кубанский гос. тех. унив., 2003. – с.19.
- 10.Зырянов Е.Г. Оценка фактора риска рабочих в нефтяной промышленности / Зырянов Е.Г., Прусенко Б.Е., Глебова Е.В., Фомочкин А.В. // Материалы Международного симпозиума «Предупреждение риска». - М.: Васот, 1992.- с. 21.
- 11.Петровская И. В. Микроклимат подземных выработок в условиях Крайнего Севера// Сб. науч. тр. Москов. НИИгигиены. – 1972. – Вып. 20. – с. 36-38.
- 12.Колесников П. А. Основы проектирования теплозащитной одежды. –М.: Легкая индустрия, 1971. – с.110.
- 13.Красногорская Н.Н., Красовский О.В., Асадуллина Э.Д. Проблема аттестации рабочих мест по условиям труда экстремальных профессий. // Безопасность жизнедеятельности. - 2006. - № 10. – с. 5-10.



- 14.Довиденко Г.П. О простудной заболеваемости на шахте комбината «Алданслюда»// Повышение эффективности горн. Пром.-ти Якутии. – Новосибирск: Наука. Сиб. Отделение,1974. – с. 4-55.
- 15.А. Ф. Галкин. Тепловой режим подземных сооружений. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН,2000. –с.304.
- 16.Галкин А.Ф., Заболоцкая Н. С. Энергетический критерий оценки травмоопасности рабочих профессий при разработке месторождений Севера. Горный информационно – аналитический бюллетень, ОВ «Безопасность» № 6, М.: Издательство МГГУ, 2008. –с.36-45.



УДК 502.7

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КАРЬЕРНЫХ РАЗРАБОТОК НА ПОЧВЫ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Соколов Э.М., Левкин Н.Д., Камахина С.А., Жучкова А.И.
Тульский государственный университет, г.Тула, Россия

Рассмотрены основные агрохимические показатели свойств почв, проведены оценка степени влияния отработанных карьеров на прилегающие к ним сельскохозяйственные территории.

Почвенный покров Тульской области представлен в основном черноземными и серыми лесными почвами, занимающими соответственно 37,9% и 30,4% площади сельскохозяйственных угодий. По механическому составу почвы являются преимущественно тяжелыми суглинками (38,5%) .

Кислые почвы составляют 1,7 млн. га или 88%. В связи с резким уменьшением объемов внесения органических удобрений, темпы снижения содержания гумуса в почве значительно возросли.

Выбросы с карьерных отвалов имеющие низкий уровень рН, попадая на прилегающие территории, разрушают плодородие почв, вследствие чего вокруг разработки формируется техногенная пустыня. Происходит нарушение равновесия окружающей среды.

В качестве интегрального показателя изменения свойств почв под влиянием карьерных разработок можно принять их основные агрохимические показатели: содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия, кислотность почвы.

Гумус – это важнейший показатель плодородия почвы и обеспеченности растений азотным питанием. При недостаточной обеспеченности азотом происходит слабый рост растений, образование мелких листьев, изменение их окраски на бледно-зеленую и желтоватую. Гумус обеспечивает создание агрономически ценной пористой структуры почвы. С его наличием связаны водопроницаемость, влагоемкость и поглощательная способность почвы. По содержанию гумуса дерново-подзолистые почвы делятся на слабогумусовые – до 2%, среднегумусовые – 2-4% и высокогумусовые – более 4%. Недостаточное содержание гумуса в почве требует внесения органических удобрений в виде низинного торфа, торфокомпостов или навоза, а также применения сидеральных культур, способствующих обогащению почвы органическим веществом.

Фосфор – один из важнейших элементов питания растений. Относится к макроэлементам, так как потребляется растением в больших количествах, поэтому своевременное восполнение этого элемента в почве является залогом высокого качества растений. При фосфорном голодании происходит ухудшение роста растения, мельчание молодых листьев, изменение окраски листьев на сизую или голубоватую. По обеспеченности подвижными фосфатами различают почвы с очень низким содержанием – менее 3 мг, низким – менее 8 мг, средним – 8-15 мг и высоким – более 15 мг фосфатов на 100 г почвы. Повышение содержания подвижного фосфора в почве достигается применением минеральных удобрений и мелиорантов.

Калий как более доступный элемент редко ограничивает рост и развитие растений. Недостаток его в почве может приводить к пожелтению и отмиранию краев нижних листьев, у растений с сетчатым жилкованием развивается морщинистость, а с продольным – волнистость листьев. Может наблюдаться полегание побегов, слабая устойчивость растений к болезням. Калий, как и фосфор, играет важную роль в подготовке растений к успешной зимовке. Для этого элемента разработаны градации по содержанию в почве подвижных форм: очень низкое – до 4 мг, низкое – 4-8 мг, среднее – 8-12 мг, повышенное – 12-17 мг, высокое – более 17 мг обменного калия на 100 г почвы.

Кислотность почвы – это важный показатель анализа почвы, характеризующий содержание протонов водорода в почве. Обычно этот показатель выражают величиной pH. Большинство растений лучше всего произрастает при нейтральной или слабокислой реакции почвы. Как кислая, так и щелочная реакция почвы губительны для растений. Кислотность почвы оказывает свое влияние на растения не только через непосредственное воздействие на корни растений токсичных про-



тонов водорода и ионов алюминия, но и через характер поступления элементов питания. Негативное действие низкой кислотности отражается и на самой почве. При вытеснении протонами водорода из почвенного поглощающего комплекса (ППК) катионов кальция и магния, стабилизирующих структуру почвы, происходит разрушение ее гранул и потеря плодородия.

Плодородие почв в основном определяется значением таких агрохимических показателей как pH, подвижные фосфор и калий.

Поэтому для оценки степени влияния отработанных карьеров на прилегающие к ним сельскохозяйственные территории мы провели исследование агрохимических показателей породной массы и почв на различном удалении от карьеров, а также фоновых значений этих показателей (таблица 1).

Таблица 1

Агрохимические показатели

N п/п	Место отбора пробы	pH	Al	P ₂ O	K ₂ O	Fe
1	2	3	4	5	6	7
1.	Участок 6 Вост Лютарический, блок 24а проба 1	6,85		37	73	14
2.	Участок 6 Вост Лютарический, блок 24а проба 2	7,28		46	76	12
3.	Участок 6 Вост Лютарический, блок 24а проба 3	5,15		40	65	16
4.	Участок 1 ушак. , блок 6, проба 1	3,8	4,2	38	63	16
5.	Участок 1 ушак. , блок 6, проба 2	3,11	5,1	52	64	18
6.	Участок 1 ушак. , блок 6, проба 3	3,6	1,4	45	56	20
7.	Участок 12 Бегичевский, блок 9, точка 1	7,2		48	65	26
8.	Участок 12 Бегичевский, блок 9, точка 2	7,1		41	59	22
9.	Участок 12 Бегичевский, блок 9, точка 3	7,3		37	61	18

Таким образом, открытые разработки Подмосковского угольного бассейна являются комплексными источниками загрязнения окру-

жающей среды, причем карьеры являются непосредственными подкислителями и выщелачиванием почв, прилегающих к карьерам территорий, что способствует увеличению миграционной активности реликтовых составляющих тяжелых металлов в почвах. Этот вывод распространяется как на карьеры действующих угольных предприятий, так и на большинство карьеров, отработанных много лет назад.

Библиографический список

1. ГОСТ 28168-89 «Общие требования к отбору проб»
2. ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик»
3. Красавин А.П. Защита окружающей среды в угольной промышленности. – М.: Недра, 1991. – 221 с.: ил.
4. Меркулов В.А. Охрана природы на угольных шахтах. М.: Недра, 1981. с 181.
5. Спектрометр рентгеновский сканирующий кристалл-дифракционный портовый спектроскан СП.000.000 ПС. Паспорт. 1992.



УДК 622.85:622.33.012

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЯКУТУГОЛЬ», РАЗРЕЗ «НЕРЮНГРИНСКИЙ»)

Вакунин Е.И., Курбатова М.В.,

Тульский государственный университет, Россия

Проведен анализ последствий техногенеза, вызванных использованием природных ресурсов. Рассматриваются источники негативного воздействия на окружающую среду, затрагивающее почти все ее элементы – литосферу, гидросферу, атмосферу, растительный и животный мир.

В настоящее время развитие мировой экономики сопровождается прогрессивным ростом объемов используемых минерально-сырьевых ресурсов. В частности за последние 35 лет использовано 80-85% нефти и газа от общего объема их добычи за всю историю человечества. Ежегодный прирост потребления первичных энергоносителей в мире составляет 1,5-2%. Объемы использования других видов минерального сырья выросли в 3-5 раз.



Горнопромышленный сектор, в основном расположенный в регионах Севера может стать локомотивом развития, который потянет за собой российскую экономику. Север России располагает богатейшими запасами природного газа, нефти, угля, никеля, меди, кобальта, ряда редких металлов, золота, алмазов и т.д. На этой природной базе выросли и получили интенсивное развитие различные отрасли горнопромышленного комплекса, в том числе машиностроение, химическая промышленность.

При добыче угля открытым способом основные типы экосистем претерпевают значительные экологические нагрузки на различных стадиях горно-геологических работ и техногенеза, заключающегося в преобразовании биосферы, вызываемом совокупностью механических, геохимических и геофизических процессов.

Анализ всего многообразия последствий техногенеза, вызванных использованием природных ресурсов, позволяет наметить следующие взаимосвязанные ряды:

- металлогенический, проявляющийся в изъятии из недр концентрированных скоплений специфических компонентов, последовательного их разубоживания и рассеивания на поверхности;

- геоморфологический, охватывающий совокупность рельефообразующих процессов, начиная от прямого переустройства поверхности Земли, например при открытой добыче полезных ископаемых или строительстве и кончая изменением баланса эрозионно-аккумулятивных процессов на склонах, в долинах и дельтах рек, на морских побережьях;

- гидрогеологический, охватывающий все изменения естественного режима подземных вод и связанные с этими обстоятельствами процессы осушения, подтопления, выщелачивания;

- гидрологический, проявляющийся в изменении режима речного стока и формирования русловых процессов;

- инженерно-геологический, проявляющийся в изменении инженерно-геологических условий строительства и эксплуатации зданий и сооружений в результате накопления техногенно-образованных и техногенно-переотложенных пород или техногенного изменения свойств пород;

- геохимический, выражающийся в изменении геохимического баланса с природной средой либо в результате воздействия на естественный водно-солевой баланс, либо в результате рассеивания или сброса в природные объекты химически активных веществ и образование полей геохимически чуждых данным ландшафтам;

- геофизический, охватывающий изменения свойств геофизических полей, в том числе - теплового, электромагнитного, гравитационного, радиационного. Сюда следует объединить и локальные тепловые аномалии, возникающие в основании зданий и крупных городов и изменение величины альбедо поверхности континентов вследствие изменения структуры подстилающей поверхности;

- биологический, охватывающий антропогенные ряды сукцессии, интегрирующие совокупность всех изменений, происходящих в атмосфере, гидросфере или литогенной основе ландшафтной сферы, биоценозах, вплоть до здоровья жителей.

Так, например, техногенетические ряды процессов загрязнения атмосферного воздуха, могут быть развернуты для почв, поверхностных вод, пород зоны аэрации и грунтовых вод и, в интегрированном виде, проявлены в здоровье человека, перестройки его адаптивного механизма и приспособления его организма к загрязненному воздуху, воде и продуктам питания.

Угольный разрез «Нерюнгринский» является одним из существенных источников негативного воздействия на окружающую среду, затрагивающим практически все ее элементы. Как правило, изменения проявляются в различных сочетаниях негативных явлений, важнейшими из которых являются деформация углевмещающих пород и земной поверхности, истощение и загрязнение подземных и поверхностных вод, затопление и заболачивание подработанных территорий, обезвоживание и засоление почв, загрязнение атмосферного воздуха, изъятие земельных площадей из народнохозяйственного оборота и др.

Наибольший ущерб природе и землепользователям наносят внешние и внутренние отвалы вскрышных пород, выработанные пространства разрезов, остаточные горные выработки, деформированные участки дневной поверхности, угольные склады, и транспортные коммуникации.

Там, где рекультивации нарушенных земель не придается должного значения, они представляют собой безжизненные территории, становятся центрами эрозийных процессов, вывозящих из строя земельные участки, прилегающие к предприятиям по добыче угля. Неблагоприятные изменения природного ландшафта дополняются нарушениями гидрогеологического режима и гидрогеологических условий местности. Весьма специфично разрушающее действие открытых горных работ в тундровых районах, где нарушение почвенного покрова приводит к быстрому развитию весьма нежелательного термокарстового процесса.



Основное загрязняющее действие на водные объекты (реки, озера, водоемы, подземные водоносные горизонты) угольным разрезом оказывают сточные воды разрезов, откачиваемые на дневную поверхность одновременно с добычей угля. Характер и масштабы загрязнения во многом определяются степенью разбавления их в водных объектах, величина которых заметно увеличивается во время весенних паводков.

Большую опасность для водных объектов представляют откачиваемые из горных выработок и попадающие в реки кислые и минерализованные сточные воды. Кислые воды обычно несут с собой большое количество окислившегося железа, а минерализованные воды – много сульфатов и хлоридов.

В результате вредных выбросов из угольных выработок, эрозии поверхности отвалов, погрузочно-разгрузочных и транспортных работ, самовозгорания угля в отвалах, массовых взрывов на карьерах, применения автотранспорта с двигателями внутреннего сгорания происходит загрязнение атмосферы газообразными примесями и пылью.

Одним из самых интенсивных источников загрязнения атмосферы периодического действия, определяемого технологическими причинами, являются массовые взрывы на карьерах. При таких взрывах образуются пылегазовые облака объемом 15...20 млн. м³.

При открытых разработках существенным источником загрязнения атмосферы является автотранспорт.

Совокупные выбросы крупных предприятий угольной промышленности загрязняют атмосферный воздух в радиусе нескольких десятков километров, угнетающе действуя на растительный и животный мир.

Недра, являясь объектом горного производства, подвергаются наибольшему воздействию, проявляющемуся в проведении горных выработок, извлечении угля. Вскрышных и вмещающих пород, осушении или обводнении месторождений, сбросе сточных вод, захоронении отходов производства. В результате этого действия изменяется напряженно-деформированное состояние массива горных пород, снижается качество полезных ископаемых, запасы минерального сырья быстро истощаются, происходит возгорание полезных ископаемых и вмещающих пород, загрязнение недр.

В связи с тем, что последнее время объем извлекаемых минеральных ресурсов, относящийся к элементам биосферы, не обладающим способностью к естественному восстановлению в обозримом будущем, значительно увеличился, их охрана должна предусматривать

обеспечение научно обоснованной и экономически оправданной полноты извлечения и последующего использования.

При рассмотрении воздействия угольных разрезов можно отметить в качестве основного фактора запыление и, как следствие изменение геохимического облика ландшафта. При этом уровень нарушения стабильности развития (СР) животных снижается в градиенте снижения запыленности местности по мере удаления от разреза (рис. 1). Уровень нарушения стабильности развития изменяется от 0 (стабильность развития, высокая эффективность воспроизводства животных и растений, обусловленное хорошим состоянием окружающей среды) до 1 (развитие животных и растений становится нестабильным, происходят скачки в видовом разнообразии вплоть до исчезновения вида на данной территории).

Проанализировав рис. 1 можно отметить, что с увеличением содержания угольной пыли в атмосферном воздухе от 5 г/л до 65 г/л уровень стабильности развития мелких млекопитающих ухудшается на 37-50 %.



Рис. 1. Нарушение стабильности развития (СР) млекопитающих в окрестностях угольного разреза «Нерюнгринский» (t1-t2 – точки сбора материала)

Для растений, благодаря прикрепленному образу их жизни, можно не только вычленить такое снижение, но и отметить его зависимость от геохимического состава почв. Однако, в большинстве случаев при оценке техногенного воздействия имеется дело с комплексом факторов, для которых трудно (или невозможно) выделить градиент в пределах небольшой территории, а участки, подверженные интенсивному воздействию, перемежаются зонами меньшей трансформации. В таких ситуациях для получения адекватных результатов важно создание единого подхода к классификации территорий [1].



При этом уровне популяции можно отметить изменение нескольких важных параметров – интенсивности размножения и стабильности развития (рис. 2).

Проанализировав диаграмму, можно сказать, что уровень развития мелких млекопитающих (в данном случае насекомых) существенно зависит от территории, на которой они обитают. Показатель нарушения стабильности развития увеличивается чуть меньше чем в 2 раза для техногенных территорий по сравнению с природными нетронутыми территориями.

На угледобывающих и углеперерабатывающих предприятиях наряду с производством основной продукции (углем, угольным концентратом) образуется большое количество газообразных, твердых и жидких отходов (порода, хвосты обогащения, сточные воды), которые можно назвать техногенными месторождениями. Подобные месторождения часто обладают необычным минеральным составом и могут служить крупным потенциальным источником разнообразных полезных компонентов, в частности редкоземельных и благородных металлов.

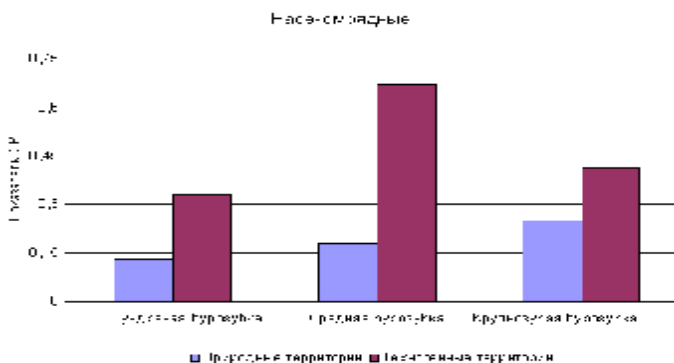


Рис. 2. Нарушение стабильности развития (CP) у разных видов млекопитающих в окрестностях разреза «Нерюнгринский» (m1-m2 – точки сбора материала)

Большие количества отходов открытой угледобычи и, соответственно, большие площади нарушенных земель являются следствием применения на разрезе «Нерюнгринский» кольцевой углубочной системы разработки. Так, например масса вскрышных пород при открытой добыче для разреза «Нерюнгринский» составляет

в пределах от 4,64 м³ (12,3 т) до 6,68 м³ (17,7 т) на 1 т добываемого угля и составляет в среднем около 15 т.

Проведенный комплекс исследований, включающий несколько последовательных этапов, показывает возможность получения полезного продукта в виде отдельных выделенных компонентов из общей массы вскрышных пород, а так же использование в качестве строительных материалов.

В настоящее время перед разработкой и внедрением эффективных мероприятий по защите окружающей среды необходимо использовать репрезентативные и наглядные показатели оценки воздействия предприятия на окружающую среду, которые должны основываться на существующей информационной базе.

Для оценки уровня воздействия действующих и вновь создаваемых горных производств можно использовать ряд обобщенных показателей, характеристик и расчетных формул, нормативных величин критериев экологически безопасного горного производства. Основными показателями оценки уровня воздействия на окружающую среду являются: показатель экологической емкости территории (или экологический потенциал), экологическая техноёмкость территории.

Комплексный подход экологического анализа изменения природной среды, в основном атмосферного переноса загрязняющих окружающую среду элементов, может быть проведен, если в качестве объекта исследования выбрать снежный покров, который в свою очередь выступает как депонирующая среда атмосферного загрязнения.

Исследования, проведенные на территории, прилегающей к разрезу «Нерюнгринский», показали, что основными загрязняющими компонентами являются пыль, содержание которой в воздухе по мере удаления от разреза постепенно снижается, однако даже на расстоянии 6,0 км превышает допустимую норму, что особенно характерно для зимних проб. Максимальной контрастностью в твердой (пылевой) фазе снежного покрова на расстоянии 15 км от горного отвода обладают ванадий, марганец, цирконий, цинк, медь, хром, германий (превышение фона от 7 до 24 раз). Наиболее контрастные аномалии накопления в почвах создают олово и кобальт, а свинец, медь и цинк характеризуются менее выраженными ореолами со средними значениями коэффициента концентрации 1,2-1,3 и максимальными до 5-7 фоновых значений

В связи с особенностями физико-географических условий региона в районе расположения угольного разреза «Нерюнгринский» отмечается высокая интенсивность механической водной миграции



загрязняющих веществ. Поступающие в природную среду аэрогенные выбросы аккумулируются в снеге. При весеннем снеготаянии большая часть продуктов загрязнения выносится с талыми водами по мерзлым почвам в речную сеть, а затем за пределы региона. Продолжительный зимний период с устойчивым снежным покровом может рассматриваться как фактор, ослабляющий техногенный прессинг на растительность и почвы, а также усиливающий интенсивность выноса загрязняющих веществ в период весеннего половодья за пределы района исследований. Поэтому наблюдается унаследованность спектра основных элементов-загрязнителей: титана, марганца, фосфора - от первичного состава их источника - углей, с усилением их концентрации в пыли снега в $\sim 3-7$ раз.

Снежный покров на площади 1 км^2 , в пределах водоохранных зон реки В.Нерюнгра и на протяжении 5,0 км реки, примыкающей к земельному отводу разреза «Нерюнгринский», в среднем загрязнён угольной и породной пылью в объеме 4614,7 тонн (осаждение выбросов взвешенных веществ от деятельности предприятия в течение 6 месяцев, октябрь-март месяц), что в 1227 раз больше фонового загрязнения

Для снижения негативного воздействия угольного разреза на окружающую среду необходимы разработка и проведение комплекса мер инженерной защиты с учетом горно-геологических, технологических, экономических, климатических, биоиндикационных и других факторов.

Но, природоохранные мероприятия в настоящее время направлены на нейтрализацию и устранение последствий деятельности угольного разреза, а не на исключение первопричин их источников, оказывающих влияние на все компоненты биосферы. Применяемые в настоящее время меры малоэффективны, поскольку не ликвидируют причин, порождающих негативные явления, а только частично ликвидируют последствия, что привело к резкому ухудшению экологической обстановки в районе расположения угольного разреза.

При существующем положении, даже при самых больших масштабах работ по ликвидации этих последствий, значительных объемах капитальных и текущих затрат на их осуществление, невозможно полностью решить проблему исключения вредного влияния угольного разреза на окружающую среду.

Библиографический список

1. Шадрина Е.Г. Биоиндикационная оценка воздействия горнодобывающей промышленности на экосистемы севера (на примере Якутии)/ Е.Г. Шадрина,

Я.Л. Вольперт // Бюллетень Центра экологической политики России «На пути к устойчивому развитию России». – Москва, №30, 2004 – с.45-47.



УДК 551.44

ПРОБЛЕМЫ КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ И ПОДТОПЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Струков В.Б., Ефимова Н.С.

Тульский государственный университет, Россия

Рассмотрены проблемы карстовой опасности и подтопления на территории Тульской области: причины их возникновения и возможные меры профилактики их появления.

На сегодняшний день Тульская область подвержена весьма высокой опасности возникновения чрезвычайных ситуаций как техногенного, так и природного характера. Это связано с протеканием на территории опасных геолого-техногенных процессов, таких как оползни, карст, подтопление и т.п.

Рельеф Тульской области представляет собой обширную площадь поднятия с равнинно-волнистой поверхностью разной степени расчленения и небольшим уклоном с юга на север и северо-восток. Значительное влияние на формирование современного рельефа оказал литологический (вещественный) состав слагающих территорию пород. Результаты воздействия этого фактора сказываются во многих формах, и, прежде всего, в образовании карстовых форм рельефа. Карстовые процессы обусловлены наличием легкорастворимых карбонатных и девонских известняков, гипса и карбонатных лессовидных пород. Карст на территории Тульской области наблюдается в различных формах: провальные воронки, котловины, балки, карстовые озера, исчезающие речки, карстовые западины, ниши и подземные пустоты. К примеру, 7 октября 1981 года в районе деревни Фалдино Ленинского района, буквально в непосредственной близости от пионерского лагеря внезапно возникла большая карстовая воронка. Диаметр провала на поверхности составил 70 м, глубина 40 м. В настоящее время там образовалось озеро шириной до 200 м. А при изысканиях под высотные жилые дома в пределах водораздельной части г. Тулы изыскателями был выявлен



древний карстовый провал, заполненный заторфованными грунтами. Диаметр провала в верхней части достигает 150 м, глубина нарушения пород прослеживается до глубины 80 м. В 2005 году произошло разрушение 9-ти этажного административного корпуса на одном из предприятий г. Тулы в результате образования карстово-суффозионных провалов. Аварии можно было бы избежать, если бы в процессе изысканий и проектирования была спрогнозирована вероятность таких процессов. Сегодня основной мерой борьбы с развитием карстовых процессов служит тампонаж обнаруженных карстовых полостей.

В Тульской области карст наиболее интенсивно развит в центральной ее части: в Дубенском, Белевском, Ленинском, Щекинском, Одоевском, Арсеньевском районах. Именно на этих территориях возникает необходимость в организации планомерных масштабных работ по инженерным изысканиям и мониторингу закарстованных участков земельного полотна с использованием современных средств диагностики (спектральной и космической съемки, наземных обследований – электроразведки, гравиметрической съемки, съемки с помощью георадара, высокоточного нивелирования по геодезическим маркам и т.д.)

Подтопления инженерных сооружений и фундаментов имеют две причины. Первая, естественная причина – это грунтовые воды, повышение или понижение уровня которых происходит в зависимости от сезонных колебаний или погодных условий. Наибольший пик повышения приходится на весну, в период массового таяния снежного покрова [1]. Однако формирование уровня подтопления в нашей области начинается не весной, а уже в декабре. Периодическое подтаивание снега в зимний период высвобождает влагу, которая, просачиваясь в почву, способствует повышению уровня водяного горизонта. В итоге, подтопление может быть совместным результатом поднятия уровня грунтовых вод и проникновения в почву избыточной влаги с поверхности. Пик такого сезонного подтопления, как правило, по времени совпадает с паводком и приходится на конец марта. Вторая причина, способствующая возникновению подтопления – техногенная. Речь идет о влаге, попадающей в грунт в результате прорыва водонесущих коммуникаций, таких как канализация, теплотрассы и т.п. В этом случае «техническая» вода соединяется с грунтовыми водами.

Глубина водоносного горизонта, как правило, зависит от характера местности, ее высоты над уровнем моря и уровнем местных водоемов, а также от состава грунтов. На холмах водоносный слой может быть на глубине 10-12, а то и 20 метров, в низинах и поймах рек всего в 2-3 м от поверхности. В большинстве же случаев уровень стояния

воды зарегулирован наличием поблизости крупной реки или озера.

Кроме того, на территориях, освоенных человеком, на уровень грунтовых вод значительно влияет наличие подземных инженерных сооружений. В число этих сооружений входят свайные поля под жилой застройкой, подземные паркинги, тоннели метро и т.п. В результате нарушается естественная циркуляция воды, затрудняется её отток из тех районов, где в грунте есть преграды. Уровень воды при этом практически всегда поднимается. Это явление имеет собственное название-барражный эффект.

Основными причинами подтопления объектов на застроенных территориях являются:

- утечки и аварии на водонесущих коммуникациях (до 35-40% расхода воды);
- асфальтирование застроенных территорий;
- нарушение естественного водного баланса территории;
- подпор от искусственных и естественных водохранилищ;
- барражный эффект;
- отсутствие работоспособной системы поверхностного стока и ливневой канализации;
- ликвидация естественных дренажных слоев грунта при строительстве.

Установлено, что инфильтрация от промышленных объектов на застроенной территории почти в 5 раз превышает естественный уровень инфильтрации от паводков и атмосферных осадков. В грунтовые воды просачивается в среднем за год до 10-15 % влаги, что неизбежно приводит к подъему уровня грунтовых вод на застроенной территории. Наиболее подвержены воздействию грунтовых вод структурно-неустойчивые грунты, к которым относятся пучинистые и сильно сжимаемые глинистые грунты, мерзлые, лессовые, а также просадочные грунты. Они обладают большой неоднородностью и неравномерной сжимаемостью, а возводимые на них сооружения претерпевают большие осадки. Грунтовые воды совместно с паводковыми водами могут принести серьезный вред зданию, начиная от порчи вещей и продуктов, хранящихся в подвале, и заканчивая проседанием фундамента и разрушением конструкции здания. Особенно это чувствуется на песчаных и намывных грунтах. Большое значение имеет и масса здания. В данном случае имеют огромное значение модуль деформации и плотность сложения фундамента. Его несущая способность. Но даже при грамотно заложенном фундаменте на структурно неустойчивых грунтах может возникнуть просадка здания.

Подтопление опасно не только для частной коттеджной за-



стройки, но и для городских домов. При увеличении твердых покрытий, в частности асфальта, уменьшается возможность для естественного испарения воды, в результате чего растет количество нестекаемых грунтовых вод. Такие изменения вызывают активизацию новых или инициацию прежних оползневых и карстово-суффозионных процессов, приводящих к авариям, обрушениям, к невозможности дальнейшей эксплуатации зданий и сооружений [2]. Когда уровень грунтовых вод находится выше глубины промерзания грунтов, начинается вздутие грунта. В результате этих процессов происходит перекос здания, деформация фундаментов, перераспределение нагрузок, появляются трещины в домах, нарушается нормальное функционирование здания. Модуль объёмной деформации песков при замачивании снижается на 14-50%, а для суглинков - в 2-4 раза. Объёмная плотность этих грунтов изменяется от 1,8 до 2,3 г/см³ [3].

Подтопления в значительной степени активизируют возникновение оползневых процессов. Ведущую роль в их активизации играют грунтовые воды. Подтопление наносит ощутимый вред не только домам и инженерным сооружениям. Серьезный вред наносится приусадебным участкам и сельскому хозяйству. Колебание уровня загрязнённых грунтовых вод приводит к деградации пахотного горизонта. Замачивание корневой системы садовых деревьев ведет к гибели дерева или нарушению периода вегетации. Происходит подгнивание луковиц весенних цветов, вымывание из грунта питательных веществ и минеральных удобрений.

В Тульской области районами, наиболее подверженными подтоплению, являются ряд населённых пунктов Белёвского района и южная часть г.Тулы. На этих территориях должно уделяться большое внимание профилактике подтопления, а также методам борьбы с ним и его последствиями. Основным методом профилактики сегодня является создание дренажных систем и гидроизоляция фундаментов. Выявление источников и причин подтопления, является необходимым условием для обеспечения защищенности зданий и сооружений застроенных территорий. В местностях, где подтопления регулярны и прогнозируемы, для ликвидации переувлажнения земель рекомендуется систематический горизонтальный глубокий (2,2–3,5 м), преимущественно открытый, дренаж [3]. Кроме того, на всех этапах жизненного цикла зданий, сооружений, и застроенных территорий в целом необходимо проводить постоянное слежение и оперативную корректировку изменений состояния параметров гидрогеологической и геологической среды и технической подсистемы территории в допустимых пределах колебаний их контролируемых показателей.

Выводы:

1. В Дубенском, Белевском, Ленинском, Щекинском, Одоевском, Арсеньевском районах Тульской области для ликвидации карстовой опасности возникает необходимость в организации планомерных масштабных работ по инженерным изысканиям и мониторингу закарстованных участков земельного полотна с использованием современных средств диагностики

2. В Белёвском районе и южной части г.Тулы в связи с опасностью подтопления возникает необходимость в организации профилактических мероприятий, а также в постоянном контроле за уровнем грунтовых вод.

Библиографический список:

1. Дублянский В.Н. Карстоведение. В 2 ч. Ч.1. Общее карстоведение/Дублянский В.Н. -Б.м.. - 2004. - 306 с., Тираж 500 экз.
2. Дублянский В.Н . Теоретические основы изучения парагенезиса карст-подтопление/Дублянский В.Н.. - Пермь: Изд-во Перм.ун-та. - 1998. - 204 с., Тираж 250 экз.
3. Подтопление домов и участков. Профилактика и меры быстрого реагирования// **DOMIK.NET:** портал недвижимости URL: <http://www.domik.net/mod/main/news/life/news83376.html>



УДК 622.272/.275; 622.3:502.17

**ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКЛАДКИ ВЫРАБОТАННОГО
ПРОСТРАНСТВА ШАХТ И РУДНИКОВ: СОСТОЯНИЕ,
НЕДОСТАТКИ, ВОЗМОЖНОСТИ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СРЕДЫ**

Ермолович Е.А.

Белгородский государственный университет, Россия

Проведен анализ составов закладочных смесей для заполнения выработанного пространства, предложены варианты повышения их эффективности.

Постоянное увеличение использования естественных ресурсов, усиленное загрязнение окружающей среды требуют реализации стратегии безотходной технологии. Одним из направлений развития безот-



ходных технологий является разработка и внедрение систем переработки отходов производства и потребления, которые следует рассматривать не как экологическую нагрузку, а как вторичные минеральные ресурсы [1]. В национальном сообщении России на Токийской конференции «Большой восьмерки» по отходам («3R/инициатива») подчеркивалось, что из накопленных на территории России отходов три четверти приходится на горнодобывающие отрасли промышленности [2].

Негативное влияние на окружающую среду горного производства позволяет снизить закладка выработанного пространства. Широкое распространение получила твердеющая закладка, основное преимущество которой — возможность создания монолитного массива необходимой прочности [3]. При этом литые или пастовые закладочные смеси содержат воду, заполнители, вяжущее и добавки, улучшающие свойства композиций [4,5]. Среднестатистические затраты на материалы в общей стоимости закладочных работ составляют свыше 60 %, из них 70 % приходится на вяжущее [6].

В качестве вяжущего на рудниках, в том числе и зарубежных, в основном применяется цемент [3-11].

Опыт закладки выработанного пространства в шахтах показал, что использование портландцемента в качестве единственного вяжущего вещества является дорогостоящим технологическим процессом и целесообразен только по требованиям безопасности получения прочного искусственного массива.

Исследования по сокращению расхода цемента ведутся по созданию малоцементных [12-15] и бесцементных [16-24] составов закладки. Проверено большое количество природных и искусственных материалов, отходов металлургической, химической и энергетической промышленности для замены цемента более дешевыми и менее дефицитными вяжущими. Это прежде всего, применение отходов обогащения, доменных шлаков, золы и пыли от технологических комплексов при производстве металлургической продукции. Как правило, в предлагаемых решениях используется доменный гранулированный шлак не ниже II сорта, и он активируется либо негашеной известью, либо портландцементом, либо обожженными породами.

В [25] кислый доменный шлак II сорта активируется спеком известняка с хвостами мокрой магнитной сепарации, обожженным при 1100-1250⁰ С. Предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток составляет 2,8-11,4 МПа. В работе [26] доменный гранулированный шлак в закладочных смесях активируется негашеной известью. Предел прочности при сжатии в возрасте 180 суток составляет 3-5 МПа. Монтянова А.Н. в составе бесцементной закладочной смеси [27] исследует

известьесодержащее вяжущее в виде активного алюмосиликатного материала (в виде обожженного мергеля, или обожженной глины, или обожженных хвостов обогащения кимберлитовых руд или гранулированного доменного шлака) и обожженных карбонатных пород. Предел прочности при сжатии изменяется от 0,4 до 12,2 МПа в возрасте 28 суток. По данным источников [28- 30] доменный гранулированный шлак активируется цементов в количестве 2,9-6,8 %. При этом смеси дополнительно содержат молотую техническую серу, модифицированную йодом и золу ТЭЦ [29], молотый ангидрит [28]. В заявке на изобретение [31] отходы обогащения скрепляются известью в количестве от 40-180 кг, а в техническом решении [32] в качестве вяжущего используется только цемент в количестве 4-10,5% , обеспечивая предел прочности при сжатии образцов закладочных смесей в возрасте 1 месяц 4,2-6,1 МПа.

На руднике «Каульды» ОАО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» применялась классическая закладочная смесь, состоящая из портландцемента (250...300 кг/м³), горного песка и воды. Проведенные исследования [7] позволили заменить 20...25 % портландцемента золой-унос и 100 % горного песка отходами мраморного карьера.

Из практики закладочных работ известно использование бесцементных закладочных смесей на Миргалимсайском месторождении, где в качестве вяжущего используются обожженные хвосты обогащения [33].

Закладочные смеси различаются не только типом вяжущего, но и типом заполнителя. В большинстве случаев для закладочных работ используется специально добываемый заполнитель [3-11]. Затраты на заполнитель на закладочном комплексе некоторых рудников России составляет 25-35% [3]. Снизить стоимость заполнителя возможно при использовании отходов горнорудного производства. Из-за отсутствия технологии утилизации по мнению [26] отходы горного производства: хвосты обогащения и отвальные породы не востребованы как инертный заполнитель в твердеющей закладке.

Специалисты Центра геодинамической безопасности ГМК «Норильский никель» испытывали для использования в закладку следующие отходы производства: просор (нетоварный, некондиционный отход) песчаника и известняка, добываемых на предприятиях рудника «Кайерканский», известь (отходТалнахской обогатительной фабрики — ТОФ), пустые породы с проходки горных выработок (отходы рудников Талнаха), «горелые породы», образовавшиеся в результате длительного высокотемпературного окисления углеродсодержащих вклю-



чений в отвалах вскрышных пород отработанных угольных карьеров рудника «Кайерканский», нефелиновый шлам Ачинского и Пикалевского глиноземных производств, хвосты обогащения Норильской обогатительной фабрики (НОФ), серу (отход металлургического производства) и т.д. Однако практически ни один из испытанных материалов не нашел промышленного применения на рудниках Талнаха в качестве закладочного из-за низкой технологичности материалов при использовании их в действующей технологии [28].

В то же время отходы обогащения используют на 85 рудниках Канады, Австралии, США, Ирландии, Финляндии, Швеции, Японии и других стран с годовой добычей около 64 млн. т. При этом 67 % закладочных материалов представлены обесшламленными хвостами обогащения, 25 % - породами, 7 % - песками и шлаками [9].

В работе [34] дана глубокая характеристика целесообразности использования отходов обогащения для твердеющей закладки в шахтах. Обобщая характеристику отходов обогащения, работы по оценке возможного доизвлечения из них остаточных компонентов и последствия их использования, автор приходит к выводу о том, что в настоящее время можно и нужно использовать отходы для закладки выработанного пространства в шахтах.

Несомненный интерес для использования в создании новых композиционных материалов для закладочных смесей на основе горно-металлургических отходов, представляют результаты исследований, приведенные в работе [35], согласно которым зависимость предела прочности на сжатие материала от концентрации наночастиц имеет экстремальный характер. Согласно данной зависимости существует оптимальная концентрация (1,2-1,4%) наночастиц, которой соответствует максимальная прочность образца.

В работе [36] приводятся результаты исследований, согласно которым, замена 1-1,5% цемента наночастицами Fe_2O_3 размером 15 нм увеличивает прочность композита.

Результаты исследований [37] показывают, что nano-SiO_2 может рассматриваться не только в качестве наполнителя для улучшения микроструктуры, а также в качестве активатора содействовать пущцолановым реакциям.

Таким образом, совершенствование ресурсосберегающих составов закладочных смесей возможно путем расширения и увеличения использования в них техногенных отходов, содержащих тонкодисперсные и наночастицы.

В результате экспериментальных исследований методами лазерной дифракции и растровой электронно-ионной микроскопии вы-

полнено определение размера, морфологии частиц и содержания тонкодисперсных и нанодисперсных горно-металлургических отходов различной дисперсности на следующих разновидностях техногенных отходов:

- доменный гранулированный шлак 3 сорта (отход металлургического производства) промышленного измельчения;
- доменный гранулированный шлак 3 сорта сверхтонкого измельчения;
- отходы производства доломитового щебня промышленного измельчения;
- отходы производства известнякового щебня сверхтонкого измельчения;
- отходы обогащения железистых кварцитов текущего производства;
- отходы обогащения железистых кварцитов, песковый продукт;
- отходы обогащения железистых кварцитов,
- шламовая фракция;
- отходы обогащения железистых кварцитов, сгущенные флокулянтами Magnofloc 155;
- лежалые отходы железистых кварцитов, отобранные из хвостохранилища;
- конвертерный шлак (отходы металлургического производства).

Установлено, что исследованные горно-металлургические отходы представлены преимущественно полидисперсными и тонкодисперсными порошками. Содержание фракций менее 200 нм составляет 0-0,14%; менее 500 нм – 0,5-12,29 %; менее 1 мкм составляет 3-28,4 %; менее 3 мкм – 10-56,3 %; менее 5 мкм – 13-71,3 %; менее 10 мкм – 20-93%; менее 43мкм – 60-100%; менее 71 мкм – 92-100 %. Исключения составляют лежалые отходы обогащения железистых кварцитов и песковый продукт, которые представляют полидисперсные порошки более крупного размера. Но и в них присутствуют тонкодисперсные и нанодисперсные, хотя и в меньшем количестве. Содержание в них фракций менее 200 нм составляет 0-0,1%; менее 500 нм – 0,14-0,22 %; менее 1 мкм составляет 0,6-1,1 %; менее 3 мкм – 2-5 %; менее 5 мкм – 2,4-6 %; менее 10 мкм – 3,4-11%; менее 43мкм – 11,5-37%; менее 71 мкм – 38-65 %. Это обеспечит большую площадь контакта и активность частиц в процессе взаимодействия. По этой же причине возможно ожидать повышенную водопотребность закладочных смесей, которая повлечет за собой расслаивание и потерю прочности. Этот отрицательный аспект придется преодолеть подбором пластифицирующих добавок.



Наблюдаемая склонность к агрегации тонкодисперсных порошков по мнению автора не окажет фатального негативного воздействия на процессы гидратации вследствие присутствия в закладочных смесях большого количества жидкой фазы, значительно ее ослабляющей.

Удлиненная форма частиц, которая по мнению некоторых исследователей уменьшает прочность композитов, компенсируется большой прочностью исходного материала техногенных отходов.

Шероховатая, рифленая поверхность частиц порошков обеспечит высокую степень сцепления частиц в закладочных композитах.

Проведенные экспериментальные исследования морфологии частиц и распределения по крупности позволяют утверждать, что по этим параметрам горно-металлургические отходы можно эффективно использовать в составах закладочных смесей.

Исследования выполнены с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием БелГУ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов» в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

Библиографический список

1. Чантурия В.А., Вигдергауз В.Е. Инновационные технологии переработки техногенного минерального сырья // *Горный журнал*. – 2008. – № 6. – С. 71-74.
2. Шаймярдянов И.К. Применение закладки при разработке угольных месторождений // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – М.: МГГУ, 2009. – № 8. – С. 244-245.
3. Хайрутоинов М.М., Шаймярдянов И.К. Подземная геотехнология с закладкой выработанного пространства: недостатки, возможности совершенствования // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – М.: МГГУ, 2009. – № 1. – С. 240-250.
4. Монтянова А.Н. Формирование закладочных массивов при разработке алмазных месторождений в криолитзоне. – М.: Издательство «Горная книга», 2005. – 597с..
5. Газиев У. А., Хасанов Б., Ризаев Х. А., Абдуразаков А. А. Экономическая эффективность и решение экологических проблем в республике Узбекистан при добыче полезных ископаемых // *Вестник Ижеского государственного технического университета*. – 2007. – № 2(34). – С. 148-150.
6. Хомяков В.И. Зарубежный опыт закладки на рудниках. – М.: Недра, 1984. – 224с.
7. Музгина В.С. Оптимизация составов многокомпонентных смесей для комбинированной закладки в малоотходных технологиях добычи – переработке руды: автореф. дис. ...д-ра техн. Наук. – Алматы, 2003.
8. Квитка В.В., Фаустов С.И., Ананин А.И., Гамулка В.И. Совершенствование технологии закладочных работ на основе гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // *Повышение технического уровня горнометаллургических пред-*

- приятий Казахстана: сб. научн. тр. ВНИИцветмет. – Устькаменогорск: Изд-во ВНИИцветмет, 2000. – С. 101-104.
9. Анушенков А.Н. Разработка технологии приготовления и транспорта активированных закладочных смесей на основе отходов производства: автореф. дис. ...д-ра техн. наук. – Новосибирск, 2000.
10. Ляшенко В.И., Коваленко В.Н., Голик В.И и др. Бесцементная закладка на горных предприятиях // Обзорная информация. – М., 1992. – Вып. № 3.
11. Ощепков И.А. Бесцементные бетонные смеси для закладки подземных выработок // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 2002. – № 4. – С. 105-110.
12. Монтянова А.Н. Обоснование составов твердеющей закладки для алмазодобывающих предприятий Якутии // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2003. – № 3. – С. 41-44.
13. Состав закладочной смеси [Текст]: пат. 1476157 СССР: МПК4 E21 F15/00 / Выползов Б.М., Туляев С.Б. и др.; заявитель и патентообладатель Рудненский индустриальный институт, Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение. — № 4269109; заявл. 16.04.1987; опубл.30.04.89, Бюл. № 16
14. Калмыков В.Н., Белобородов И.С., Григорьев В.В., Сараскин А.В. Изыскание состава и технологии приготовления бесцементных закладочных смесей на основе известково-шлакового вяжущего // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2005. – № 7. – С. 242-245.
15. Твердеющая бесклинкерная закладочная смесь [Текст] : пат. 2275505 РФ : МПК E21 F15/00 / Монтянова А.Н.; заявитель и патентообладатель Акционерная компания «АПРОСА». — № 2004132411/03; заявл. 05.11.2004; опубл.27.04.2006, Бюл. № 12
16. Малинин А.М., Хубулов О.Ю., Хуцишвили В.И. Состояние и перспективы закладочных работ Талнахских рудников // Цветные металлы. – 2007. – № 7. – С. 13-15.
17. Состав закладочной смеси [Текст]: пат. 2302531 РФ: МПК E21 F15/00 / Кухаренко Л.В., Личман Н.В. и др.; заявитель и патентообладатель Норильский индустриальный институт. — № 2005120480/03; заявл. 30.06.2005; опубл.10.07.2007.
18. Состав закладочной смеси [Текст]: пат. 2186989РФ: МПК7 E21 F15/00 / Чучалин Л.К., Моисеев В.Г. и др.; заявитель и патентообладатель Чучалин Л.К. — № 20011100884/03; заявл. 09.01.2001; опубл.10.08.2002.
19. Состав закладочной смеси способ ее изготовления [Текст]: заявка РФ: МПК E21 F15/00 / Рыльникова М.В., Радченко Д.М. и др.; заявитель ОАО «Учалинский горно-обогатительный комбинат», патент. поверенный Пилишкина Л.С. — № 2006133981/03 заявл. 25.09.2006; опубл.27.03.2008.
20. Состав закладочной смеси [Текст]: пат. 2186222 РФ: МПК7 E21 F15/00 / Чучалин Л.К., Моисеев В.Г. и др.; заявитель и патентообладатель Чучалин Л.К. — № 200107674/03; заявл. 28.03.2000; опубл.27.07.2002.
21. Балах Р.В. Разработка месторождений с закладкой хвостами обогащения. – Алма-Аты: Наука, 1977, 231 с.
22. Золотов М.С., Рапина Т.В. Влияние концентрации наночастиц на физико-механические свойства ВКС-отливок // Ресурсоекономні матеріали,



конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. – Рівне, 2008. – Випуск 16. Ч. 1. – С. 64-69.

23. Nazari, et al. Fe_2O_3 nanoparticles in Concrete // Journal of American Science. – 2010. – № 6(4). – P. 102-106.

24. Byung-Wan Jo, Chang-Hyun Kim, Ghi-ho Tae, Jong-Bin Park Characteristics of cement mortar with nano- SiO_2 particles // Construction and Building Materials. – 2007. – V.21. – № 6. – P. 1351-13551.



УДК 614.841.415:621.31

К ВОПРОСУ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАННО-ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Ларина М. В., Шипьянов Е.К., Рошупкин Э.В.
Тульский государственный университет, Тула, Россия

Рассмотрены вопросы пожарной безопасности охранно-пожарной сигнализации, оценки адекватности сигналов на пульте управления оператора, оценки пожарной опасности, даны рекомендации по совершенствованию критериев оценки, применению средств защиты

В настоящее время в нашей стране последовательно проводится политика, направленная на признание приоритетности права граждан и собственников на защиту жизни, материальных ценностей и обеспечение безопасности. В связи с этим постоянно возрастает спрос на технические средства охранной и пожарной сигнализации, которые позволяют своевременно выявлять чрезвычайные ситуации различного характера: нападение на объект, несанкционированный доступ к материальным и финансовым ценностям, разрушение конструкций, возникновение пожара. Подавляющее большинство этих средств являются электротехническими изделиями. Следовательно, они несут потенциальную опасность как поражения человека электрическим током, так и возникновения пожара.

Статистика показывает, что более 20% пожаров происходят от электрических изделий. Следствием этого являются тяжелые травмы и гибель людей, государству причиняется значительный материальный ущерб. Известны случаи, когда причиной подобных трагедий являлась аппаратура охранно-пожарной сигнализации.

Национальная концепция по обеспечению пожарной безопасности электротехнических изделий стала совершенствоваться на основе международного опыта. Идеология оценки пожарной безопасности взята из публикаций Международной электротехнической комиссии, в которых рассмотрены конструкция изделия, комплектующие элементы и их надежность, пожароопасные свойства материалов (МЭК 695-1-1, МЭК 335-1-76, МЭК 65, МЭК 950 и др.). Были введены стандарты и нормы пожарной безопасности на некоторые группы однородной продукции, которые содержат методики оценки пожарной опасности электрических изделий, в том числе с электронными компонентами (ГОСТ 27570.0-87, ГОСТ Р МЭК 335-1-94, ГОСТ Р МЭК 730-1-94, ГОСТ 30326-95, ГОСТ Р МЭК 60950-2002, ГОСТ Р 52161.1-2004). При этом стандарты и технические условия на технические средства охранно-пожарной сигнализации содержат очень лаконичные ссылки на нормативные документы по пожарной безопасности (например ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования», ППБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации»). Очевидно, это оказывает негативное влияние на разработку технические средства охранно-пожарной сигнализации, в процессе которой требования пожарной безопасности к изделию практически не учитываются. В итоге подобные изделия могут не соответствовать установленным требованиям пожарной безопасности.

Традиционная оценка пожарной опасности осуществляется при их работе в условиях неисправности. Известно, что большинство составных частей систем охранно-пожарной сигнализации работают без надзора в закрытых помещениях. Места их установки могут быть самыми разнообразными. При возникновении отказа в устройствах, существует вероятность чрезмерного нагрева отдельных деталей или частей системы и их возгорания, что может сопровождаться образованием электрической дуги, искр, капель расплавленного материала. Как показывает практика, если не нарушены функциональные свойства системы, то на дисплее оператора пульта управления может появиться сигналы «Неисправность» или «Авария», действия оператора, по которым не всегда адекватны действиям по сигналам «Тревога» или «Пожар». Существует вероятность выяснения причины неисправности через несколько часов, что может привести к пожару.

Метод оценки пожарной опасности, как правило, состоит из двух этапов.

На первом этапе проводят анализ электрической схемы прибора, в процессе чего необходимо определить возможные аварийные пожароопасные режимы работы, вследствие которых на отдельных состав-



ных частях и элементах изделия возможно выделение аномального количества тепла. При этом учитывается, что указанные части имеют в своей конструкции материалы, способные воспламениться, или таковы их окружают. В приборе имитируются неисправности, выявленные в результате анализа, и определяется температура компонентов и конструктивных элементов с помощью контрольно-измерительной аппаратуры.

На втором этапе, в процессе испытаний, оценивают средства защиты – электронные устройства, плавкие вставки, термopредохранители и т. п., если они используются в конструкции.

Основываясь на опыте проведения испытаний технических средств охранно-пожарной сигнализации специализированными организациями можно сделать вывод о том, что основным недостатком средств охранно-пожарной сигнализации является отсутствие защиты или неправильный ее выбор. Часто разработчики и изготовители заменяют одни комплектующие и материалы другими без учета требований пожарной безопасности.

Наиболее надежным средством предотвращения пожароопасных режимов при эксплуатации технических средств с питанием от промышленной сети переменного тока являются плавкие предохранители, при их правильном расчете, выборе и определении места установки. Известные результаты испытаний средств охранно-пожарной сигнализации последних разработок также показывают эффективность применения данных средств защиты.

С другой стороны имеющиеся требования пожарной безопасности далеко не всегда соответствуют современному уровню и темпам развития науки и технологий в области электроники. Появление множества новых материалов, новой элементной базы, используемых при изготовлении радиоэлектронной аппаратуры, требует уточнения перечня аварийных режимов и критических температур. Так существующие нормы пожарной безопасности, в части требований к методам испытаний электроизделий, включают в себя оценку пожароопасных свойств материалов и конструкции в целом. Однако представляется необходимым конкретизировать требования для изделий различных типов, а также выработать критерии оценки того, в каких случаях необходимо определять аварийные режимы работы, а в каких рационально было бы оценивать материалы по возгораемости.

Таким образом, в настоящее время существует необходимость взаимодействия организаций, разрабатывающих нормативные документы, с разработчиками и производителями технических средств охранно-пожарной сигнализации, а также с организациями, проводящи-

ми сертификацию этих изделий. Целью взаимодействия является обеспечение пожарной безопасности при эксплуатации технических средств охранно-пожарной сигнализации, выполнение качественной оценки пожарной безопасности, изменение нормативных документов в соответствии с современными требованиями.



УДК 556.324 : 624.131.431.3

О ПРОБЛЕМАХ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ В БАССЕЙНАХ И РУСЛАХ МАЛЫХ РЕК

Макаревич Е.Н. , Симанкин А.Ф.

Тульский государственный университет, Тула, Россия

Рассмотрены основные проблемы водной эрозии, возникающей в бассейнах и руслах малых рек, сообщается о разработке математической модели накопления влаги в грунтах, приводятся результаты экспериментов увлажнения грунта на прибрежных участках при солнечной различной экспозиции

Значительная часть населения Российской Федерации проживает на водосборах малых рек. Неудовлетворительное состояние малых рек, особенно качество воды в них, вызывает растущую тревогу у специалистов и общественности. Все более осознается, что сохранение малых рек означало бы решение одного из самых важных аспектов защиты окружающей природной среды [9, с. 34].

Антропогенное воздействие затронуло русла малых рек на всей территории России. Степень и характер их изменчивости определяется видами хозяйственной деятельности, природными условиями регионов, направленностью руслоформирующих процессов. Почти все изменения малых рек негативны для экологического состояния их бассейнов, приречных территорий, в первую очередь пойм. Наиболее распространено заиление малых рек. Оно происходит при усилении эрозии почв на водосборах в связи с их распахкой, хотя всего лишь около 20% эродированного на водосборах материала достигает малых рек [3, с. 127-128].

Поступающий в русло материал аккумулируется у берегов, в зоне ограниченного транзита материала и отмелях, которые начинают зарастать. В конечном счете, ручей отмирает, поверхностный сток пе-



реходит в подземный, исчезают следы русла, а долина ручья превращается в балку.

Проблема охраны почв от эрозии становится все более актуальной. Это связано, во-первых, с осознанием выдающейся роли почвы в жизни биосферы, во-вторых, с признанием того факта, что почвенный покров России находится сейчас в критическом состоянии [4, с. 32].

Эрозия почв - это естественный и постоянный процесс и в ненарушенных экологических системах, защищенных растительным покровом, где происходящие разрушения обычно восстанавливаются. Однако если равновесие между почвой и растительностью нарушено, что нередко происходит под влиянием деятельности человека, то эрозия усиливается и зачастую приводит к необратимым последствиям [2,5, с. 61].

Каждую весну с таянием снегов сначала маленькие ручейки, а затем и шумные потоки устремляются по склонам в низины, смывая и унося с собой оттаявшую почву. При бурном снеготаянии в почве появляются промоины — начало процесса образования оврагов. Овраги, веером расходясь от центрального “стержня” — балки, разрушают поля, луга, перерезают дороги. Нередко длина балки достигает десятков километров, а оврагов — нескольких километров. Вовремя не остановленный овраг растет вглубь и вширь, захватывая все больше и больше плодородной земли [10, с. 85].

Развитие современной водной эрозии почв на сельскохозяйственных угодьях обуславливается нарушением устойчивого водного режима в процессе эксплуатации земли. Устранить условия, способствующие проявлению эрозии почв, можно путем ослабления концентрации водных потоков и замедления поверхностного стока путем: увеличения поглотительной и инфильтрационной способности почвы, задержания осадков на месте выпадения, отвода или безопасного сброса необходимого количества воды в гидрографическую сеть [1].

Одним из наиболее важных направлений развития методов расчета и прогноза стока является разработка физико-математических моделей и их реализация на основе знания территориально общих закономерностей формирования весеннего стока с учетом ландшафтной структуры регионов [7, с. 48].

Для более глубокого понимания и математического описания объектов моделирования необходим тщательный пересмотр представлений о процессах формирования стока малых речных бассейнов.

Наряду с метеорологическими факторами важен учет гидрографических характеристик, определяющихся как совокупность морфометрических и морфологических показателей водосборов, дающих

полное представление о характере, форме, размерах, протяженности и некоторых физико-географических особенностях их водосборов [8, с. 46]. Морфометрические характеристики водосборов представляют собой количественные показатели. К ним относятся: длина, средний уклон, площадь водосбора.

Качественно-количественные показатели характеризуют особенности строения водосбора. К ним относятся: заболоченность, распаханность, лесистость, свойства почвогрунтов водосбора и т. п. [8, с. 55-56]. Индивидуальные особенности малого водосбора учитываются корректировкой снегозапасов согласно его ландшафтной структуре.

Разрушению и смыву подвержены наиболее плодородные верхние слои почвы. Изменение морфологических и физико-химических характеристик почвенного покрова и, как следствие, образование смытых эродированных почв отрицательно сказывается на наиболее интегральной экологической функции почвы – ее естественном плодородии.

Развитие эрозии почв и овражной эрозии является важнейшим фактором, определяющим специфику русловых процессов (Рис. 1).



Рис.1. Оползневые процессы в Тульской области

В настоящее время многочисленные исследования базируются на том представлении, что движущаяся почвенная влага не образует



единого равномерного фронта увлажнения. Их формирование связывают с различными свойствами почв и механизмами образования быстрых гравитационных потоков влаги.

Вопрос моделирования процесса водной эрозии почв тесно связан с задачами переноса вещества. Таким образом, для малого водосбора общей является задача транспорта вещества, рассчитываемого для каждого отдельного случая выпадения дождевых осадков. Эта задача может быть подразделена на две подзадачи: расчет смыва почвы и верхних подстилающих пород поверхностным стоком (блок склоновой эрозии почвы) и перенос и отложение смытых частиц водными потоками по ручейковой сети (блок ручейковой эрозии почвы).

В эрозиоведении для прогнозирования эрозии почв и проектирования мер по ее предупреждению широко используются математические модели: теоретические, эмпирические и теоретико-эмпирические. Известно, что важным показателем почвенных свойств в отношении водной эрозии является противоэрозионная стойкость. Наиболее строгая количественная характеристика этого параметра - критическая или размывающая скорость водного потока. Величины размывающей скорости используются в теоретических моделях водной эрозии. На практике большее применение получили эмпирические уравнения, функционирующие только в определенных природно-климатических условиях, для которых они разрабатывались, и не учитывающие механизма процесса. В этом состоит их недостаток. Теоретические модели являются физически обоснованными и более достоверными.

Как известно, формирование склонового стока происходит в трех стадиях. На первой стадии поступающая на поверхность сухой почвы влага увеличивает влажность верхнего слоя почвы. На этой стадии образуются «прямые потери» - часть осадков испаряется, не проникая в почву и не образуя стока (поверхностное задержание, смачивание растительного покрова). Величина потерь зависит от дефицита влажности воздуха, состояния растительного покрова и поверхности почвы.

На второй стадии впитываемая влага продолжает повышать влагоемкость почвы до полного влагонасыщения, при котором происходит нисходящее движение гравитационной воды - инфильтрация. Объем инфильтрации зависит от многих факторов, главные из которых - количество осадков и влагозапасы почвы.

На третьей стадии, когда влажность почвы достигает полной влагоемкости, дальнейшее распространение влаги зависит от степени испарения в массе почвы, т.е. от интенсивности поступления солнеч-

ного тепла. Когда влажность почвы достигает полной влагоемкости, в массиве почвы происходит формирование критических зон (зон, где сила сцепления окажется меньше силы тяжести), в этих зонах может происходить отрыв массы почвы, что обуславливает процесс водной эрозии.

Чтобы подтвердить это в летний период 2008 года нами были проведены полевые испытания. Опыты проводились в солнечную погоду после дождей. Целью данных испытаний было выявление зависимости влажности почвы от глубины. Нами была установлена зависимость сопротивления грунта от его влажности, результаты экспериментов были положены в основу оценки влажности грунта при полевых условиях. Исследования проводились по четырем экспозициям, на площадках похожих по своим характеристикам.

Была разработана математическая модель накопления влаги в грунте при действии различных факторов [6, с.23-27]. Фактические характеристики поведения влаги в грунте и при моделировании показали, что влага по разрезу перемещается фронтально.

При «южной» экспозиции с течением времени процессы инфильтрации влаги и испарения за счет прогрева почвы, проходят одновременно, создают эффект «насыщения» на определенной глубине. Данная глубина мало изменяется и остается примерно одинаковой, но «пик» становится более выраженным (Рис. 2).

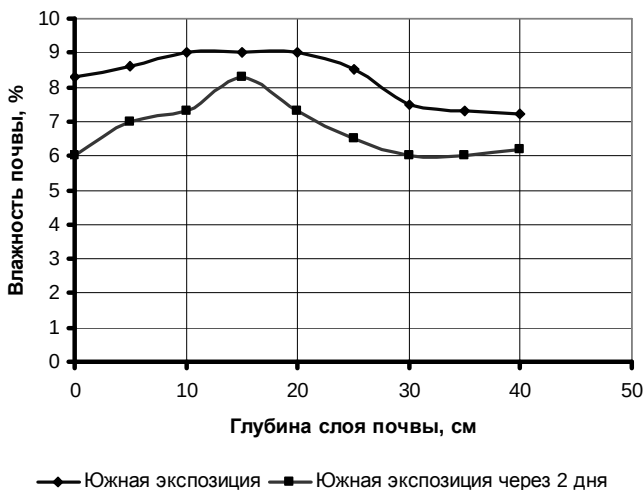


Рис. 2. Результаты полевых исследований при южной экспозиции



При «северной» экспозиции эффект «насыщения» обнаруживается на большей глубине и с течением времени смещается еще глубже, а кривая становится более пологой, что вполне можно объяснить недостаточностью количества тепла и, следовательно, более замедленными процессами прогрева почвы (Рис. 3).

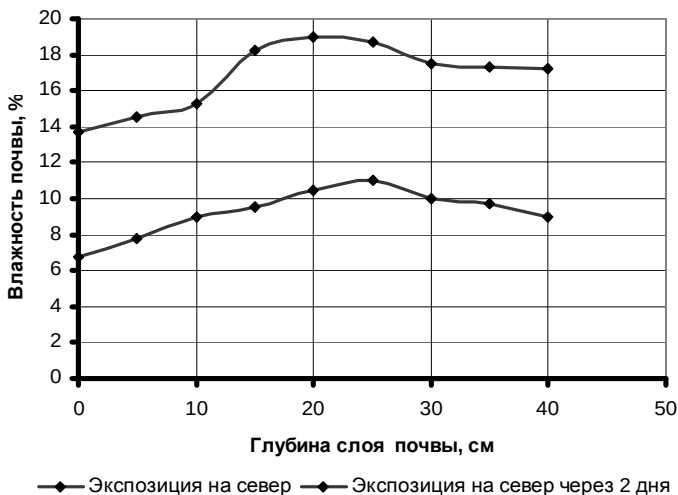


Рис. 3. Результаты полевых исследований при северной экспозиции

При сравнительном анализе «северной» и «южной» экспозиции видим, что при недостатке количества тепла влажность почвы значительно выше и «пик» заметно смещается в сторону увеличения глубины, на которой проявляется эффект «насыщения» (Рис. 4).

Дальнейшие исследования проводились в осенний период 2009 года. Основные измерения проводились после выпадения осадков.

В первый день измерений влажность почвы по всей глубине оставалась практически неизменной. После выпадения осадков происходит увеличение влажности верхнего слоя почвы. Под воздействием гравитационных сил происходит движение влаги в нижние слои. Одновременно под воздействием солнечного тепла в массиве почвы начинается происходить испарение влаги.

Одновременное протекание двух этих процессов приводит к тому, что на определенной глубине начинает проявляться зона насыщения (Рис. 5).

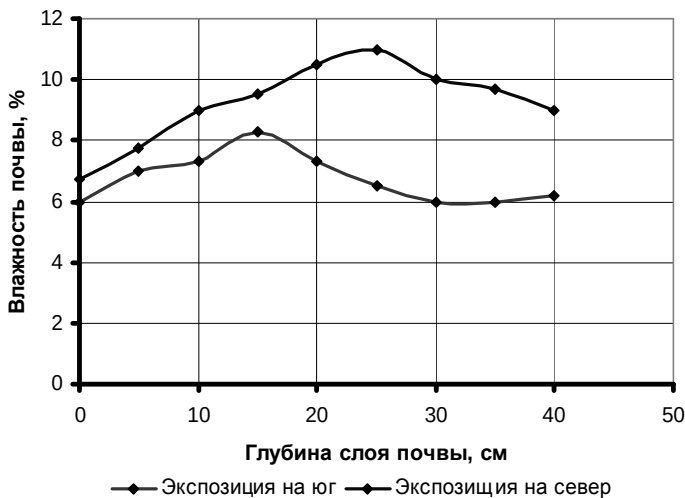


Рис. 4. Результаты полевых исследований при северной и южной экспозиции

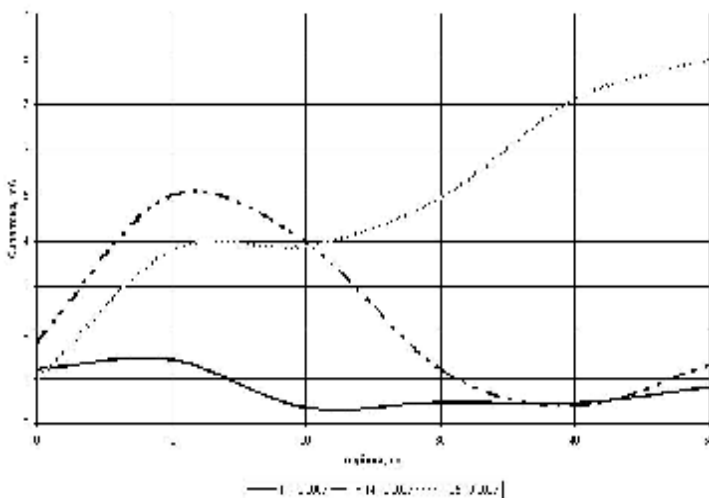


Рис. 5. Движение фронта увлажнения по разрезу

Можно сделать вывод о том, что при дальнейшем увлажнении в зоне насыщения в случае, если сила сцепления частиц грунта окажется



меньше силы тяжести верхнего слоя почвы, может произойти смещение грунта по склону.

Дальнейшие исследования позволили бы выявить закономерности движения влаги в почве в зависимости от типа почвы, наличия растительности и других факторов.

Полученные результаты могут быть использованы в разработке методов прогнозирования изменения несущей способности почв и склонности их к нарушению сплошности, расчетов характеристик стока для малоизученных бассейнов.

Полагаем, что по результатам исследования поведения влаги в почве и результатам моделирования можно более обоснованно выбирать природоохранное мероприятие, эффективно защищающее склоны бассейнов рек от водной эрозии.

Библиографический список

1. Водная эрозия почвы. Защита почвы URL: www.mosgeoplan.ru (дата обращения: 07.10.2010)
2. Гидрометеорология. Сер. Гидрология суши. Обзорная информация. Математическое моделирование в гидрологии. Кинематико-волновая модель склонового стока. Вып. 1. Обнинск. Информационный центр ВНИИГМИ-МЦД., 1979, 49с.
3. Голосов В.Н., Иванова Н.Н., Литвин Л.Ф. Трансформация стока наносов на водосборах малых рек европейской территории СССР // Современное состояние малых рек и пути их использования, сохранения и восстановления. Л.: Гидрометеиздат, 1991, 204 с.
4. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв: Учебник. — М.: Изд-во МГУ, 1996, 335 с, ил.
5. Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. М.: Изд-во МГУ, 1993, 200 с.
6. Макаревич Е. Н., Симанкин А. Ф., Лебедев А.М. Математическое моделирование процессов, влияющих на формирование водной эрозии. Вестник ТулГУ. Серия. Экология и безопасность жизнедеятельности. Вып.1. Тула: Изд-во ТулГУ, 2009, 134 с.
7. Опыт разработки и применения математических моделей бассейнов малых рек /В.А. Румянцев, С.А. Кондратьев, Н.И. Капотова, Н.А. Ливанова. Л.: Гидрометеиздат, 1985, 94 с.
8. Руководство по определению гидрографических характеристик картометрическим способом. Л.: Гидрометеиздат, 1986, 91 с.
9. Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы = Small rivers: state-of-the act and ecological problems: Аналит. обзор/ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, 2002, 114 с. - (Сер. Экология. Вып. 64).
10. Экологические проблемы эрозии почв и русловых процессов: Сборник/Под ред. Р.Ч. Чалова. М.: изд. МГУ, 1992, с. 198.



УДК 504.064.36:574

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА ПО ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ТУЛЫ

Рощупкин Э.В., Симанкин А.Ф., Пушилина Ю.Н.
Тульский государственный университет, Тула, Россия

Приводятся результаты сравнения моделирования распространения оксида углерода по улицам города с натурным экспериментом - измерением в контрольных точках по маршруту движения 30-ого троллейбуса города Тулы

С целью проверки адекватности математических моделей рассеивания вредных веществ атмосфере автоматизированной системы экологического мониторинга [1] был проведен эксперимент сравнения теоретических данных (рассчитанных с помощью программных продуктов) и практических данных (измеряемых с помощью мобильных газоанализаторов). В качестве компонента загрязняющего вещества был выбран токсичный газ оксид углерода (СО). С помощью программного модуля «Призма» были рассчитаны карты рассеивания вредных веществ в центральной части города Тулы. При расчетах в качестве исходных данных использовались тома ПДВ нескольких котельных, расположенных в непосредственной близости к проезжей части, по которой двигался мобильный пост экологического контроля. В программном комплексе Призма были выбраны для расчета параметры источников выброса – котельных и перекрестки с долевым участием автотранспорта. В качестве исходных данных был взяты следующие параметры: параметры источников выбросов – высота, диаметр трубы, скорость выхода, и инвентаризация выбросов – список загрязняющих веществ, их мощность и концентрация и т.д.

Замеры производились в местах остановки транспортных средств общего пользования. В качестве транспортного средства был выбран экологический вид городского пассажирского транспорта – троллейбус. Процентное содержание автотранспортных средств в потоке определялось простым подсчетом процентного содержания состава автотранспорта – количество грузовых автомобилей, легковых автомобилей, автобусов, троллейбусов, и маршрутных такси типа «Газель». Подсчет процентного содержания автотранспорта на улицах города производился по всей протяженности проспекта Ленина города Тулы с привлечением студентов кафедры «Аэрология, охрана труда и окружающей среды».



Студенты были разбиты на группы по 2-3 человека для подсчета единиц автотранспорта на каждом перекрестке примыкающих дорог к проспекту Ленина. Данные были обработаны и введены в программный комплекс «Призма город». На рисунке приведена карта рассеивания вредных веществ, вдоль автомагистралей города Тулы, по маршрутам движения мобильного экологического поста наблюдения. В качестве топологии используется векторная карта города Тулы в формате AutoCAD Map 2000i. Координаты источников выбросов и контрольных точек карты рассеивания вредных веществ привязаны к координатной сетке электронной векторной карты города Тулы в формате AutoCAD Map 2000i.

На рисунке 1 приведен увеличенный фрагмент карты рассеивания вредных веществ от нескольких точечных источников выбросов (городских котельных) и автомагистралей города (перекрестков) без топологической основы (электронной карты города).



Рис. 1 Увеличенный фрагмент карты рассеивания вредных веществ от нескольких точечных источников выбросов и автомагистралей города без топологической основы (электронной карты города)

Цифрами отмечены контрольные точки измерения, с указанием рассчитанных концентрация оксида углерода в единицах измерения мг/м^3 . Красными точка показаны источники выбросов – трубы отельных и перекрестки автомобильных дорог.

На рисунке 2 приведен увеличенный фрагмент полной карта рассеивания вредного вещества СО от нескольких точечных источников (котельных) и автомагистралей города (перекрестков) с топологической основой на базе векторной карты города Тулы в формате AutoCad Map по маршруту движения 30-ого троллейбуса города Тулы.

Измерения концентраций оксида углерода производилось последовательно в контрольных точка (остановках): ул. Станиславского, ул. Мира, Университет, Стадион, ул. Первомайская, Толстовская за-става, ул. Каминского, Красноармейский проспект, ул. Литейзена, ул. Халтурина, ул. Фрунзе, ул. Дмитрия Ульянова, Московский вокзал. Движение начиналось с автовокзала до Московского вокзала и обратно до автовокзала. Замеры производились в течении рабочей смены с 8 часов утра до 17 часов вечера.

Таблица 1

Сравнение результатов моделирования и эксперимента

Конт- роль- ная точка	Расчетное зна- чение концен- трации СО $C_{\text{рас}}, \text{мг/м}^3$	Измеренное значение кон- центрации СО $C_{\text{изм}}, \text{мг/м}^3$	Разница между расчетом и эксперимен- том, мг/м^3	Откло- нение, %
1	1,502	1,425	-0,077	5,1
2	1,345	1,201	-0,144	10,7
3	1,588	1,618	0,03	1,9
4	3,331	2,989	-0,342	10,3
5	3,856	3,944	0,088	2,3
6	3,219	3,318	0,099	3,1
7	3,023	2,935	-0,088	2,9
8	4,748	3,834	-0,914	19,3
9	2,114	1,718	-0,396	18,7
10	2,253	2,232	-0,021	0,9
11	4,523	3,685	-0,838	18,5
12	2,537	2,834	0,297	11,7
13	1,469	1,28	-0,189	12,9

Результаты замеров концентраций оксида углерода с помощью газоанализатора Элан-СО-50 фиксировались студентами кафедры «Аэрология, охрана труда и окружающей среды». Результаты привя-зывались к конкретным остановкам по маршруту движения, с фикса-



цией названия остановок, времени и концентрации оксида углерода. Газоанализатор Элан-СО-50 предназначен для измерения концентрации оксида углерода в диапазоне от 0 до 50 мг/м³, для жилой и рабочей зоны. Данные измерений были обработаны и сведены в таблицы по каждой остановке. По полученным табличным данным средствами Microsoft Excel были построены графические зависимости концентраций от времени. Для сравнения теоретических и практических данных, практические измерения были обработаны с целью получения среднего значения. Результаты сравнения сведены в таблицу 1.

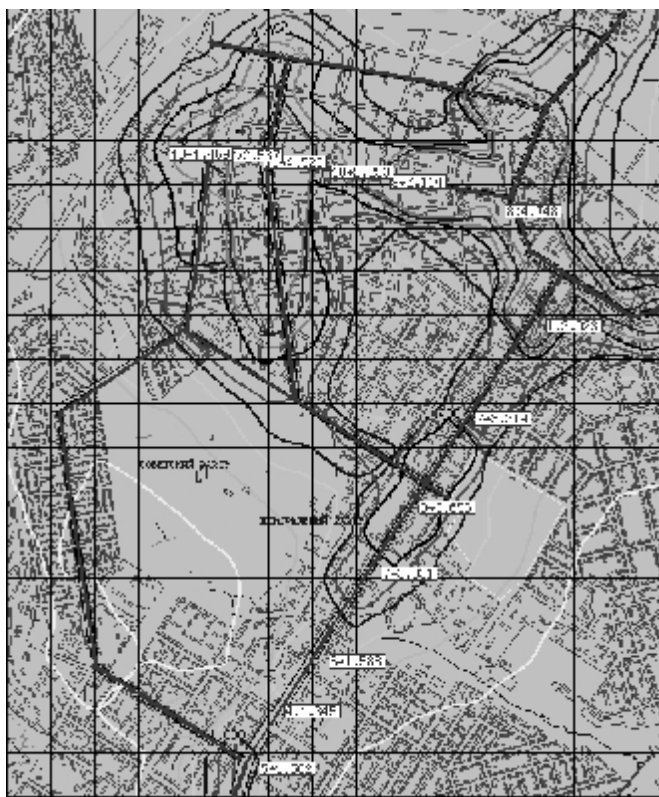


Рис. 2. Увеличенный фрагмент карты рассеивания СО по маршруту движения 30-ого троллейбуса города Тулы

По полученным значениям были построены графики сравнения между теоретическим расчетом и экспериментом. На рисунке 3 представлено сравнение кривых теории и эксперимента по маршруту движения 30-ого троллейбуса города Тулы в контрольных точках (остановках). На рисунке 4 представлено изменение процента отклонения между теоретическими и практическими данными по маршруту движения 30-ого троллейбуса города Тулы в контрольных точках (остановках).

Среднее отклонение между расчетом и экспериментов составило 9,1 %. (см. рисунок 4).



Рис. 3. Кривые расчета и эксперимента



Рис. 4. Процент отклонения между расчетом и экспериментом



Результаты сравнения говорят о хорошей сходимости теоретических расчет и практических измерений концентраций оксида углерода почти по всей протяженности маршрута движения 30-ого троллейбуса города Тулы. Незначительные отклонения в районе остановки «Красноармейский проспект» свидетельствуют о том, что мы не учли при моделировании некоторые источники выбросов, в зоне влияния которых находится данная остановка это «Оружейный завод» и «Машзавод». Отклонения в районе остановок «ул. Литейзена» и «ул. Фрунзе» могут быть вызваны значительными изменения количества единиц автотранспорта, так по этим направления увеличивается транспортный поток в режиме пробок в центральной части города Тулы. В общем можно сказать о четкой зависимости концентрации оксида углерода на улицах города от количества близлежащих к проезжей части котельных и количества единиц автотранспорта на улицах города.

Библиографический список:

1. Роцупкин Э.В. Система распределенного автоматизированного мониторинга загрязнения атмосферного воздуха промышленных регионов// Безопасность жизнедеятельности. №5. 2010. С. 46-52.



УКД 57.014

МЕТОДЫ ДЕТОКСИКАЦИИ ПОЧВ ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

Мухина Н. Е.

Тульский государственный университет, Россия

Тульская область является одним из крупных промышленных регионов страны. Промышленность и большой автотранспортный парк являются загрязнителями окружающей среды области. Составной частью программ, направленных на улучшение экологической ситуации в области и России в целом, является мониторинг окружающей среды, призванный, в частности, следить за уровнем содержания тяжелых металлов в экосистемах.

Особую озабоченность вызывает загрязнение почв горнопромышленных регионов тяжелыми металлами (ТМ), так как концентрации многих из них превышают предельно допустимые значения. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами определяется ха-

рактором современного промышленного производства, добычей полезных ископаемых, возрастанием транспортной нагрузки. Широкое распространение в биосфере и химические особенности способствовали отнесению тяжелых металлов в группу приоритетных загрязнителей. Они сравнительно быстро накапливаются в почвах городов и крайне медленно из них выводятся [1].

В связи с сильными нарушениями геологической среды в результате различных видов инженерных, геологоразведочных, горнодобывающих и других видов работ активизировались процессы выветривания различных полезных ископаемых и горных пород, что повлекло за собой выделение из них многочисленных токсических веществ, мигрирующих в окружающей среде. Таким образом, многие минеральные вещества на территории области являются источниками загрязнения среды обитания человека.

Поведение и функции тяжёлых металлов в почвах определяются не только их концентрацией, но и формами нахождения элементов. В свою очередь локализация тяжелых металлов в тех или иных формах зависит от ряда факторов: количества и состава соединений, унаследованных от материнской породы и поступающих из антропогенных источников, взаимодействия с компонентами почв и почвенных растворов при вторичном перераспределении. Характер этих взаимодействий связан как со свойствами ионов металлов, так и с составом и свойствами почв.

Использование почв в сельском хозяйстве способствует уменьшению в пахотных горизонтах мобильных форм микроэлементов, наблюдается разрушение соединений, связанных с карбонатным ионом и органическим веществом [2].

В связи с острой проблемой загрязнения почв, возникла необходимость в изучении способности агроэкосистем противостоять негативному воздействию ТМ как на почвы, так и на растительность.

Благодаря буферным свойствам почв, часть попадающих на их поверхность ТМ инактивируется, но большая доля остаётся мобильной и активно потребляется растениями. При этом следует отметить, что за последнее время значительно снизилась буферность почв по отношению к элементам-загрязнителям в связи с эрозией, недостаточным внесением органических удобрений и другими факторами недостаточно высокой культуры землепользования, что приводит к увеличению негативного воздействия ТМ на продукцию растениеводства. Анализ изменения содержания форм ТМ с течением времени на разных по свойствам почвах, находящихся в сельскохозяйственном использовании, недостаточно отражён в литературе и необходим для агроэкологиче-



ской оценки и прогнозирования состояния компонентов агроэкосистемы, качества растительной продукции, а так же может служить основой для регулирования состава и направленности производства.

Способы уменьшения загрязнения ландшафтов тяжелыми металлами включают в себя как профилактические меры: очистка сточных вод и промышленных отходов, переход на безотходные производства, использование экологически чистых удобрений и мелиорантов; так и ликвидацию уже существующего загрязнения: удаление загрязненного слоя почвы, внесение чистой почвы для разбавления загрязнения, снижения подвижности ТМ в почвах посредством осаждения ТМ в виде нерастворимых соединений (путем сдвига рН, внесением фосфатов и т.д.), внесением сорбентов (органики, цеолитов, кремнезема, глинистых минералов), иммобилизации ТМ микроорганизмами; подбор сельскохозяйственных культур: возделывание культур, устойчивых к загрязнению ТМ, выращивание технических культур, смешанные посевы культурных и сорных растений.

В ряде работ обнаружены закономерности, указывающие на влияние гранулометрического состава и минеральных удобрений на процессы первичного закрепления металлов в почвах, на рост растений, поступление в них биофильных элементов и накопление тяжелых металлов [3].

Некоторые авторы предлагают использовать для очистки почв от тяжелых металлов промывные растворы. Предлагаются схемы переработки загрязненного грунта с применением, в частности, электрофлотационного метода [4].

Для разработки методики детоксикации почв горно-промышленного региона необходима оценка современного состояния почв, выявить основные группы металлов-загрязнителей, изучить закономерности миграции и аккумуляции тяжелых металлов в почвах. Методологической основой исследований является экополигон, в том числе, с привлечением исследований других авторов.

Методика реабилитации почв основана на выявленных закономерностях накопления тяжелых металлов, их миграции и аккумуляции в системе «источник загрязнения – почва – растительность».

Библиографический список

1. Миненко А.А. Совершенствование методики оценки загрязнения почв горнопромышленных регионов тяжелыми металлами. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Тула, 2007.
2. Технический отчет «Разработка и согласование технических требований к компонентам системы «Осмос» применительно к мониторингу окружающей среды Тульского региона», Тула, 2000.

3. Госсе Д. Д. Влияние удобрений на динамику содержания тяжелых металлов в системе почва-растение на дерново-подзолистых почвах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук, М.: 2008.

4. Воловцов А.И. Разработка технологии очистки от тяжелых металлов загрязненных территорий и ливневых стоков промышленных предприятий. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: 2006



УДК 622.85:502.13

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНЫХ РАБОТ НА СОСТОЯНИЕ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Коряков А.Е., Вакунин Е.И., Копылов А.Б.
Тульский государственный университет, Россия

Рассматриваются вопросы снижения последствий воздействия горного производства в Подмосковном угольном бассейне на состояние окружающей среды.

В связи с обострением в последнее время экологической обстановки и необходимостью решения задач по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов, по обеспечению экологической безопасности человека становится актуальной задача изучения состояния геологической среды - верхней части литосферы до глубины, затрагиваемой деятельностью человека, включающей в себя почвы, подпочвенные горные породы, зоны аэрации и т.п. В геологической среде происходят опасные природные экологические процессы: эндогенные (вулканизм, землетрясения) и экзогенные (обвалы, оползни, карсты, оврагообразование, эрозия почв и опустынивание земель и др.), которые ухудшают среду обитания человека и других живых организмов.

Геологическая среда, которая имеет неоценимое значение для жизни человека, в настоящее время чрезвычайно сильно нарушена и особенно на территориях городских агломераций и промышленных центров.

Многие компоненты геологической среды, и в первую очередь, все виды полезных ископаемых, являются мощными источниками загрязнения окружающей среды веществами высокой токсичности. В то же время разломы земной коры, зоны напряженной складчатости, подземные водостоки, приконтактные зоны пород с резко различными



физико-химическими свойствами, различные геохимические и геофизические аномалии оказывают весьма неблагоприятное воздействие на организм человека, вызывая ряд тяжелых заболеваний.

Недопустимо высокое нарушение и загрязнение геологической среды имеет место и в Тульской области, которая является одной из наиболее развитых в промышленном и сельскохозяйственном отношении среди регионов России. Ведущие хозяйственные комплексы в ее пределах - машиностроительный, металлообрабатывающий, металлургический, горнодобывающий, химический, теплоэнергетический, аграрный, дорожно-транспортный, жилищно-бытовой. Имеются также многочисленные предприятия легкой, пищевой и перерабатывающей промышленности и др.

По своим природным условиям Подмосковский бассейн во многом отличается от других угольных бассейнов страны. К основным особенностям его следует отнести: наличие как небольших, так и значительных по площади месторождений; неглубокое и почти горизонтальное залегание практически одного рабочего угольного пласта мощностью 1,3-3,2 м; малую устойчивость вмещающих пород; значительную обводненность месторождений; высокую зольность углей и низкую их теплотворную способность; выделение из угля и пород углекислого газа. В то же время подмосковский уголь и сопутствующие ему породы являются ценным химическим сырьем.

Деятельность многочисленных горнодобывающих предприятий Подмосковского угольного бассейна в течение многих лет, несмотря на снижение уровня добычи угля, постоянно сопровождалась нарушением геологической среды, загрязнением почв, подпочвенных пород, поверхностных и подземных вод. Создалась весьма напряженная экологическая обстановка.

В результате деятельности горнодобывающих предприятий в геологической среде области происходят следующие изменения:

- уменьшается количество ресурсов полезных ископаемых (отработаны месторождения железа, многие залежи бурого угля);
- нарушается естественное состояние массива горных пород, что приводит к оседанию земной поверхности;
- усиливается миграция природных веществ и загрязнение ими практически всех компонентов геологической Среды, в том числе почв и водных систем;
- истощаются запасы подземных вод (при отработке бурых углей подземным способом добыча 1 т угля сопровождается извлечением из недр 25 т воды);

- активизируются экзогенные геологические процессы (эрозии, карст, оползни и др.);
- усиливается миграция природных веществ (в шахтных водах содержание железа, алюминия, марганца, меди, цинка, свинца, мышьяка значительно превышают ПДК - это потенциальный источник загрязнения питьевых вод);
- изменяются природные геофизические поля;
- нарушается защищенность подземных вод от проникновения в них с поверхности токсичных веществ;
- огромные территории заняты под складирование больших масс отвалов горных пород, содержащих многочисленные вредные вещества, вымываемые дождевыми водами и загрязняющие не только почвы и поверхностные, но и различные компоненты геологической среды на глубине;
- нарушение природных ландшафтов, в том числе плодородных земель, лесов, водоемов.

На территории Подмосковского бассейна в настоящее время находятся около 300 отработавших угольных шахт и разрезов. Производственно-хозяйственная деятельность предприятий угледобывающего комплекса существенно отражается на воздушной среде, земельных ресурсах, недрах, поверхностных и подземных водах, ландшафте, флоре и фауне региона.

Открытые горные работы влекут за собой наиболее глубокие изменения в поверхностном слое земной коры. При их ведении вскрываются и перемешиваются слои (пласты) пород мощностью в несколько десятков метров, полностью нарушается режим подземных, а иногда и поверхностных вод. Шахтами подработано свыше 8,4 тыс. га земли, угольными разрезами - 6,8 тыс. га.

Как показали исследования, вокруг шахт, разрезов, карьеров, терриконов, отвалов, мест скопления промышленных и бытовых отходов угледобывающих предприятий образуются ареалы загрязнения поверхности и подземных вод. Размеры их различны, радиус распространения достигает 10-15 радиусов объекта. Площадь с наиболее высокой степенью концентрации загрязнения составляет 2-3 площади самого объекта.

Таким образом, деятельность предприятий угледобывающего комплекса Подмосковского бассейна играют заметную роль в нарушении земной поверхности и загрязнении окружающей среды и может быть расценена как экологически опасная.

Основными причинами такого положения являются:



- особенности горно-геологических и гидрогеологических условий угольных месторождений: небольшая глубина залегания, неустойчивость вмещающих пород;

- низкий технический уровень технологий, способов и средств, применяемых при выполнении отдельных процессов и операций по добыче угля, что не позволяет вести отработку угольных месторождений с закладкой выработанного пространства попутно добываемой породой;

- отсутствие единой постоянно действующей системы обеспечения экологически безопасной деятельности угледобывающих предприятий и контроля за ее соблюдением.

Несмотря на временный характер воздействия горных работ на окружающую среду, необходимо прогнозировать крупномасштабные преобразования естественной среды в районах добычи полезных ископаемых [1].

Характер нарушений земной поверхности при подземной разработке месторождений обуславливается горными факторами, определяющими степень геомеханических преобразований поверхности земли и массива горных пород, таких как размеры очистной выемки, глубина разработки пласта, прочность пород непосредственной кровли и др.

Вместе с тем, существует целая группа техногенных факторов, имеющих косвенную связь с техногенным разрушением литосферы при добыче полезных ископаемых. Как правило, эти факторы почти невозможно устранить путем прямого изменения состояния выработанного пространства. Их величина определяется, в основном, особенностями применяемых геотехнологий [2].

В первую очередь следует отметить создание коммуникаций и работы по строительству поверхностного комплекса и поселка. Эти источники присущи любому способу управления состоянием выработанного пространства. Главной особенностью здесь является лишь привязка воздействия к месторождению, что иногда ограничивает возможность охраны участков биотопа, особо важных для сохранения экосистемы. По поражаемым площадям это наиболее значимые факторы и снижение их экологических последствий возможно лишь ограничением воздействия за счет рационального конструирования коммуникаций и поверхностного комплекса, регулирования условий их эксплуатации и снижения численности производственного персонала при использовании высокопроизводительных технологий.

Механический способ добычи полезного ископаемого и вмещающих пород приводит к формированию мощного потока пыли, вы-

брасываемой горными предприятиями в природную среду при вентилировании горных работ. Одновременно в атмосферу выбрасывается большое количество газов различного происхождения и различной степени токсичности. Практически при всех применяемых геотехнологиях добыча твердых полезных ископаемых всегда сопровождается отработкой и выдачей на поверхность части вмещающих пород не несущих полезных компонентов. Количество этих пород почти всегда соизмеримо, а иногда даже превосходит, объемы добываемого ископаемого. Поступают эти породы в окружающую среду по двум каналам. Одна часть пород, получаемых при горно-капитальных, подготовительных и нарезных работах, выдается на поверхность и складывается в виде породных отвалов. Вторая часть извлекается вместе с полезным ископаемым, разубоживая его, проходит полный цикл обогащения и складывается в тонкодисперсном виде в хвостохранилищах. В обоих случаях, главной экологической ценой за эту особенность применяемых геотехнологий является необходимость отторжения части поверхности природно-территориального комплекса.

Для изучения характера и степени нарушения земной поверхности при подземной разработке месторождений, обусловленными различными горными факторами, создана методологическая система "окружающая среда - горное производство" которая позволяет [3]:

- осуществить системный подход к проблеме окружающая среда - горное производство;
- выделить значащие факторы;
- определиться с критериями, оценивающими влияние горного производства на экологическое состояние окружающей среды.

Анализ элементов системы позволяет сделать вывод, что одним из факторов обеспечивающим стабильность почвенного покрова является отсутствие каких-либо перемещений, что может являться следствием горных работ. Интенсивность воздействия определяется в первую очередь величиной деформации подрабатываемых толщ и может регулироваться изменением состояния выработанного пространства одним из применяемых в геотехнологии способом: оставляемыми целиками, оставляемыми целиками и закладкой, полной закладкой и обрушением вмещающих пород.

Любая из применяемых геотехнологий оказывает негативное воздействие на окружающую среду.

В зависимости от технологии, в той или иной мере, происходит либо техногенное изменение биоты – изменение режима почвенно-грунтовых вод, привнесение натуральных поллютантов с шахтными водами и продуктами водной и ветровой эрозии хранилищ отходов и

Если размеры покидаемых целиков допускают их разрушение, то неизбежно оседание подрабатываемых толщ, которое может проявиться и на поверхности и нарушить водоупоры при недостаточной их мощности.

Вместе с тем, податливость целиков снижает их удароопасность. Таким образом, по воздействию на окружающую среду выемка с покидаемыми целиками и закладкой приближается к наиболее надежным вариантам выемки с закладкой.

Экологическое воздействие подземных горных работ, предусматривающих ликвидацию выработанного пространства обрушением вмещающих пород, зависит от мощности угольного пласта и условий их залегания. Наиболее разрушительна для окружающей среды разработка крутопадающих мощных залежей и весьма мощных залежей любого падения с массовым обрушением угольного пласта и вмещающих пород. На рисунке показаны мероприятия, позволяющие уменьшить степень негативного воздействия на окружающую среду при применении геотехнологии, использующей закладку.

Эффективной можно считать такую защиту, которая позволяет локализовать участок биотопа, подвергшийся техногенному воздействию.

Каждое нарушение земной поверхности связано с изъятием большего или меньшего земельного участка на определенный период времени, а следовательно, с сокращением земельного фонда страны.

При строительстве и эксплуатации горнопромышленных предприятий в настоящее время должно обеспечиваться снижение до минимума или полное исключение нарушений земной поверхности и обеспечение оптимальной продуктивности сельскохозяйственных, лесных и других угодий, расположенных в зоне активного действия предприятия.

Библиографический список

1. Галченко Ю.П., Бурцев Л.И., Сабянин Г.В. Систематизация причин возникновения и возможностей управления внешними воздействиями подземных горных работ./Экологические системы и приборы.- 2003.-№5.-с.12-17.
2. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли/РАН, АГН, РАЕН, МИА; Под ред. К.Н.Трубецкого.-М.:Изд-во Академии горных наук, 1997-478 с.
3. Коряков А.Е. Формы сдвижения массива горных пород при проведении подземных горных работ/ Известия ТулГУ. Серия. Экология и рациональное природопользование. Вып.2.-Тула: Изд-во ТулГУ, 2004.-С.324-329.





ИССЛЕДОВАНИЯ ОСУШЕНИЯ ШЛАМОВ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Симанкин А. Ф., Графутко Ю. Г.

Тульский государственный университет, Россия

Для написания данной работы было выбрано предприятие ОАО «Тулачермет». Любое предприятие рано или поздно сталкивается с проблемой накопления шлама в емкостях. Решить эту задачу можно двумя путями: либо созданием новой емкости, либо очисткой старой. Для ОАО «Тулачермет» возможен только второй способ. Следовательно, нашей задачей является разработка способа очистки емкости для хранения шлама на данном предприятии.

Для очистки предприятием уже используется механический метод, т.е. удаление шлама с помощью драглайнов. Но применение техники не решает поставленную задачу целиком. Причиной тому служит слабая несущая способность шлама. Драглайны в состоянии снять лишь верхний его слой, а не очистить емкость целиком. Для осушения необходимо пройти скважину, а полимерный экран нарушать нельзя. Поэтому скважину пройти невозможно. Следовательно, необходимо вести поиск оптимального метода очистки.

Классификация твердых отходов черной металлургии, их характеристики.

Классификация отходов производства возможна по различным признакам, основными можно считать следующие:

а) по отраслям промышленности - черная и цветная металлургия, рудо- и угледобывающая промышленность, нефтяная и газовая и т.д.;

б) по фазовому составу - твердые (пыли, шламы, шлаки), жидкие (растворы, эмульсии, суспензии), газообразные (оксиды углерода, азота, соединения серы и др.);

в) по производственным циклам - при добыче сырья (вскрышные и овалынные породы), при обогащении (хвосты, шламы, сливы), в пирометаллургии (шлаки, шламы, пыли, газы), в гидromеталлургии (растворы, осадки, газы).

На металлургическом комбинате с замкнутым циклом (чугун-сталь-прокат) твердые отходы могут быть двух видов: пыли и шлаки. Довольно часто применяется мокрая газоочистка, тогда вместо пыли отходом является шлам. Наиболее ценными для черной металлургии являются железосодержащие отходы (пыль, шлам, окалина), в то вре-

мя как шлаки в основном используются в других отраслях промышленности.

Основы переработки и использования пылей и шламов.

Технология подготовки шламов доменных газоочисток предусматривает обезвоживание осаждением в отстойниках, фильтрование в аппаратах различного типа и при необходимости термическую сушку.

Особенностью шламов доменных газоочисток является повышенное содержание в них цинка. Вследствие этого при подготовке их к использованию в качестве компонента доменной шихты необходимо проводить обесцинкование. Последняя может проводиться пиро-, и гидрометаллургическими способами. При содержании в шламах цинка > 12 % они могут использоваться как сырье для его получения.

Шламы подбункерных помещений доменных печей похожи по химическому и гранулометрическому составам на шламы аглофабрик, поэтому в настоящее время единственным направлением утилизации этих шламов является использование их в качестве компонента аглошихты. Подготовка их в этом случае предусматривает обычные стадии обезвоживания; желательно, чтобы этот материал, смешиваемый с другими компонентами аглошихты, имел зернистую структуру. Это улучшает окомкование аглошихты и приводит к увеличению газопроницаемости ее слоя, что благотворно сказывается на производительности агломашины и качестве агломерата.

Выбор метода очистки от шлама для ОАО «Тулачермет».

В настоящее время существуют различные методы для очистки от шламов:

- Сгущение - процесс повышения концентрации твердой фазы в сгущаемом продукте (шлам, пульпа), протекающий под действием гравитационных и (или) центробежных сил. При сгущении шламов стремятся получить не только осадок достаточной плотности, но и возможно более чистый слив, что позволяет использовать последний в оборотном цикле и исключить потери твердого продукта. Поскольку количество воды в сгущаемом продукте составляет 30 - 60%, то использовать такой обводненный материал в качестве добавки к аглошихте или окомковывать его с целью получения окатышей практически невозможно. Поэтому сгущенный продукт необходимо профильтровать для того, чтобы содержание влаги в нем снизить до 8 - 10%.

-Фильтрование. Шламы из радиальных отстойников после сгущения до 600 г/л поступают в вакуум - фильтры, а после них (с влажностью 36%) в сушильные барабаны; затем шламы с влажностью 10% подаются на аглофабрику. Известно, однако, что использование шламов в качестве компонента аглошихты осложняется нестабильностью



их химического и гранулометрического состава, что требует разработки технологии рекуперации этих материалов в каждом конкретном случае. Использование в аглостихте таких тонкодисперсных материалов, как шламы сталеплавильного производства, приводит к ухудшению газопроницаемости спекаемого слоя и вследствие этого к снижению производительности агломашины. Кроме того, увеличивается вынос весьма мелких частиц (размером <10 мкм), которых в шламах содержится до 30 - 40%, что значительно снижает эффективность работы газоочистных установок.

- Дренаж. Пристенная дренажная система состоит из дренажных труб (с фильтрующей обсыпкой), уложенных на водоупорный грунт с наружной стороны сооружения. Пристенный дренаж применяется, как правило, в тех случаях, когда основание сооружения находится на водоупорном грунте.

-Применение индикаторов, т.е. использование химических веществ для осушения. Данный метод не приемлем для нас по причине слабой несущей способности шлама.

Все эти методы не могут использоваться по причине слабой несущей способности шлама и внушительных размеров емкости. Соответственно, данный вопрос становится настоящей проблемой, требующей нового способа решения.

Для этого предлагается физико-химический метод, т.е. осушение шламов под действием электрического тока. Суть метода заключается в том, чтобы создавать твердые полосы для возможности дальнейшей работы техники. При пропускании тока наблюдается сильный приток воды, которую можно извлекать при помощи шлангов. Основным для нас является вопрос, какой силы ток нам необходимо подавать и в каких режимах. Для этого проводятся исследования с выявлением зависимости пропускаемой силы тока от влажности шлама.

Библиографический список

1. Прокофьев И. П., Давление сыпучего тела и расчёт подпорных стенок, 5 изд., М., 1947;
2. Герсевич Н. М., Польшин Д. Е., Теоретические основы механики грунтов и их практические применения, М., 1948;
3. Флорин В. А., Основы механики грунтов, т. 1—2, Л. — М., 1959—1961;
4. Соколовский В. В., Статика сыпучей среды, 3 изд., М., 1960;
5. Гольдштейн М. Н., Механические свойства грунтов, 2 изд., [т. 1—2], М., 1971—73.



УДК 504. 4. 05./ 06. 001

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ УПА

Чекулаев В.В., Симанкин А.Ф., Пискунов О.М.
Тульский государственный университет, Россия

В статье изложены результаты анализа исследования содержания тяжелых металлов в донных илах от текчих до текучепластичных и суглинк и суглинков поймы в продольных и поперечному профилях р. Упы .

В 90-х годах прошлого века учеными ТулГУ был проведен комплекс исследований на предмет очистки реки Упы от загрязнения ее русла и поймы производством АК «Тулачермет».

В последние годы в соответствии с программой экологического оздоровления малых рек Тульской области таких, как Воронка и Тулица, выполнен ряд мероприятий по очистке малых рек. Планируется произвести очистку р. Упы в пределах Центрального района г Тулы. На эти работы выделено и уже освоено более 4 млн. руб.

Ухудшение экологического состояния реки, кроме непосредственного загрязнения воды промышленными и сельскохозяйственными стоками, выражается в заиливании русла и интенсивном загрязнении донных осадков токсичными тяжелыми металлами, которые связываются обычно с выбросами отходов производства машиностроительных и металлургических предприятий.

Процесс заиливания русла в значительной мере является естественным и не обязательно связан с промстоками. В региональном плане усиление его существенно обусловлено интенсификацией сельскохозяйственной обработки земли, способствующей смыву почвы.

Заиливание русла особенно на локальных участках вызвано несомненно и сбросами промотходов. На значительном протяжении долины реки Упы, примыкавшей к территории АК «Тулачермет» и заводам стройиндустрии, русло сильно заилено, и во всем слое текучепластичного ила отмечается примесь коричневатого-бурого шлама ферронадиевого производства, а также крошка и обломки шлака вплоть до контакта с нижним слоем более уплотненного ила. Из этого с очевидностью следует, что слой текучепластичного ила представляет собой сугубо современный осадок, сформированный на этапе интенсивного техногенного влияния (несколько последних десятилетий). Судя по всему, этот жидкий ил подвержен движению и медленно смещается вниз



по течению в особенности в период паводка, хотя дальность переноса взмученного осадка невелика. За пределами влияния указанных мощных предприятий количество текучего и текучепластичного ила заметно уменьшается, а в нескольких километрах от них перед Криволучьем в крупной меандре русло реки сравнительно чистое.

На всем протяжении реки в слое текучепластичного ила отмечается примесь синевато-серого пылеватого шлама, по внешним признакам близкого к золе от сжигания подмосковных углей. Наличие такого материала выявлено бурением и по берегам реки, а также на поверхности средней поймы (до высоты 2,5-3 м), заливаемой в период ежегодных весенних паводков. Примесь шлама имеется в самых начальных точках и профилях наблюдений, расположенных выше зоны влияния АК «Тулачермет».

Вопрос об установлении примесей зольного шлама в осадках имеет особое значение для оценки характера и источников загрязнения реки не только взвешенными веществами. Кроме выявления внешнего сходства ила с зольным шламом, для объективного решения задачи нами впервые использована проверка ила на наличие магнитной фракции.

Предпосылкой для этого послужили результаты ранее проведенных на кафедре геологии и геодезии ТулПИ, под руководством А.Н.Дударева, исследований золы ГРЭС от сжигания подмосковных углей, когда было установлено присутствие в ее составе значительной примеси магнитной фракции, составлявшей от нескольких процентов до 20 - 30 %.

Таким образом, можно считать, что зольный шлам, в отличие от другого взвешенного вещества, является меченным, и при экологических исследованиях примесь его можно выявлять сравнительно просто.

Проверка в нашем случае сразу показала положительный результат. Оказалось, что и в слое текучепластичного ила и в пылеватых осадках синевато-серого цвета с берегов реки (средняя пойма) явно присутствует примесь, обладающая магнитными свойствами. С помощью обычного магнита из подсушенного и размятого ила удастся извлечь магнитную фракцию, доля которой изменяется от 1 до 10 % от общей массы пробы. Причем магнитная фракция присутствует в осадках на всем протяжении реки, включая и участок, расположенный выше зоны влияния АК «Тулачермет», где доля ее достигает 3,5-8,5%. И во всех пробах верхнего слоя ила в нижних профилях (под Криволучьем) магнитная фракция составляет не менее 2-5 %.

Для более уверенной идентификации примеси шлама в речных осадках с золой ГРЭС от сжигания подмосковных углей проведено изучение серии проб этого и другого материала под микроскопом. При

увеличении от 56 до 200 раз установлено, что в золе и в речных осадках магнитная фракция совершенно аналогична, причем она обладает, можно сказать, уникальными морфологическими особенностями, совершенно не свойственными для природных образований. В основном она состоит из зерен кварца пылеватой размерности (около 0,01 мм и мельче), на поверхности которых видны еще более мелкие железистые выделения почти черного цвета с неровной, но гладкой поверхностью и довольно сильным блеском (очевидно металлическое железо). Часто железистыми выделениями мельчайшие зерна кварца скреплены в комочки размерами до 0,1 мм. Отмечаются также агрегатированные округлые выделения железистого вещества размерами в сотые доли миллиметра.

Так же, как и при магнитной сепарации золы, эффективность процесса выделения магнитной фракции зависит от гранулометрического состава осадка. Там, где он представлен тонким пылеватым материалом, выделение чистой магнитной фракции требует многократной доочистки. А в более крупном песчанистом осадке магнитная фракция отделяется сразу, и оставшаяся часть становится заметно светлее.

Изучению была подвергнута и проба золы из шламонакопителя ТЭЦ АК «Тулачермет», расположенного на правобережной части речной долины. Здесь зола состоит в основном из мелко- и тонкозернистых песчаных частиц. Окраска золы серая. При выделении магнитной фракции (ее доля составляет около 10 %) в составе более светлого песка хорошо видны частицы несгоревшего угля. В магнитной фракции, кроме припаянных к зернам кварца железистых выделений, отмечены и агрегатированные округлые железистые образования, часть которых имеет буроватую окраску (оксиды железа).

Основное значение при экологической оценке принадлежит определению концентрации тяжелых металлов в речных осадках. Выполнены анализы 200 проб (с учетом частичного дублирования) в лаборатории очистных городских сооружений. Определения выполнены химическим методом. После подготовки пробы из нее бралась навеска сухого ила в количестве 1-2 г. Затем она переводилась в раствор и подвергалась анализу с расчетом содержания металлов в мг на 1 г сухого вещества. Определения на ртуть и ванадий дублировались в лаборатории инспекции Тульского областного комитета охраны природы.

Результаты определений тяжелых металлов представлены в сводной таблице 1.

Ниже приведены средние значения суммарного содержания тяжелых металлов в осадках разного типа (см.табл. 1).

Результаты химических анализов донных и береговых отложе-



ний реки Упы в районе АК «Тулачермет» от железнодорожного депо до Щегловского ручья представлены в табл. 2.

Таблица 1

Средние значения суммарного содержания тяжелых металлов а осадках различного типа.

Тип осадков	Среднее содержание в мг/г и число проб								
		Cr ⁺⁶	Zn	Si	Ni	Mn	Fe _{общ}	Hg	V
Ил текучий и текучепластич-	отс	отс	1,012	0,055	0,043	0,00109	31,15	0,000058	0,80
	80	80	80	80	80	80	80	45	51
Ил мягкопластичный до тугопластичного	отс	отс	0,50	0,034	0,050	0,00041	24,24	0,000040	0,152
	39	39	39	38	39	39	39	17	23
Суглинок и песок с ложа русла	отс	отс	0,49	0,021	отс	0,00027	21,26	0,000075	0,114
	7	7	7	7	7	7	7	5	5
Суглинок и песок с ложа русла	отс	отс	,117	0,021	0,010	0,00160	28,59	0,000045	0,587
	31	31	31	31	30	31	31	20	20
Зола из шламонакопителя	отс	отс	1,3	0,015	отс	0,000185	11,25	0,0002	0,2
	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Таким образом, достаточно явно установлено, что верхний слой ила (текучего и текучепластичного) в наибольшей мере загрязнен тяжелыми металлами. Наличие в иле индивидуальных элементов далеко не однозначно. Например, цинк в этом слое даже по средним значениям содержится в количестве более 1 мг/г (0,1 %), что более чем на порядок выше кларка в осадочных породах (0,008 %) и тем более в почвах данного региона (0,005 %). В равных частях по протяженности реки концентрация цинка превышает 2мг/г (максимальная - 8 мг/г) в 13 пробах из 80, а в других пробах (таких 20) цинка анализом не обнаружено, что отражает неравномерность его распределения, а следовательно, делает невозможным суждение о степени загрязнения цинком по ограниченному объему опробования.

Таблица 2
Результаты химических анализов донных и береговых отложений реки Упы в районе АК «Лулчермет» от железнодорожного депо до Щеголовского ручья

№ п/п	Глубина, м	Средняя глубина	рН	Объем воды, л	Средние значения металлов, мг/л грубого вещества						
					Сг-об	Сг-в	Сг-с	Сг-д	Сг-е	Сг-ж	Сг-з
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,05	1,70	7,0	1581	отс	отс	отс	отс	0,023	0,0032	14
2	1,7	2,85	6,8	1539	отс	отс	отс	отс	0,00028	0,0005	15,5
3	1,7	3,8	7,3	1572	отс	отс	отс	отс	0,00034	0,0005	15,0
4	3,5	4,0	7,0	1583	отс	отс	отс	отс	0,00025	0,0003	14,13
5	1,5	1,8	6,8	1571	отс	отс	отс	отс	0,00053	0,00053	15,5
6	1,8	2,8	7,15	1505	отс	отс	отс	отс	0,00035	0,00035	14,12
7	2,6	3,3	7,2	1551	отс	отс	отс	отс	0,00067	0,00067	15,85
8	2,1	3,8	7,1	1572	отс	отс	отс	отс	0,0005	0,0005	15,0
10	3,8	4,7	6,8	1465	отс	отс	отс	отс	0,0003	0,0003	14,0
11	3	-	7,0	1562	отс	отс	отс	отс	0,0003	0,0003	14,0
12	2,0	3,6	7,2	1555	отс	отс	отс	отс	0,00046	0,00046	14,0
13	2,0	4,0	7,3	1518	отс	отс	отс	отс	0,00057	0,00057	15,8
14	2,1	2,6	7,1	1897	отс	отс	отс	отс	0,00028	0,00028	12,85
15	2,6	3,1	6,85	1572	отс	отс	отс	отс	0,00032	0,00032	14,0
16	1,6	2,1	7,1	1577	отс	отс	отс	отс	0,00035	0,00035	15,5
17	2,1	2,6	6,85	1469	отс	отс	отс	отс	0,0004	0,0004	15,0
18	2,9	4,0	7,1	1572	отс	отс	отс	отс	0,00042	0,00042	15,5
19	4,0	4,9	6,85	1452	отс	отс	отс	отс	0,00057	0,00057	15,69
20	2,0	2,7	7,0	1421	отс	отс	отс	отс	0,00065	0,00065	16,0
21	2,5	2,9	7,31	1537	отс	отс	отс	отс	0,00045	0,00045	15,0
22	2,9	3,2	7,2	1539	отс	отс	отс	отс	0,00026	0,00026	12,0
23	3,5	3,7	7,0	1532	отс	отс	отс	отс	0,0003	0,0003	16,5
24	2,7	2,7	7,8	1542	отс	отс	отс	отс	0,0005	0,0005	16,1



Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
49	43	26	2,7	2,5	8,23	1522	о.с	о.с	7,35	0,084	0,085	0,0148	78,0	0,00022	3,56
50	43	26	2,2	4,7	7,0	1617	о.с	о.с	0,25	о.с	о.с	0,0004	25,6	-	-
51	43	27	0,6	1,0	6,89	1638	о.с	о.с	0,15	0,045	0,15	0,0013	92,5	-	-
52	43	27	4,0	4,3	7,08	1545	о.с	о.с	0,31	о.с	о.с	0,00046	98,75	-	-
53	47	28	0,6	1,8	6,85	1390	о.с	о.с	о.с	0,036	о.с	0,00067	93,75	-	-
55	47	28	3,0	4,3	7,3	1423	о.с	о.с	0,35	0,019	0,087	0,00039	53,12	-	0,35
56	47	29	7,3	4,7	7,0	1757	о.с	о.с	0,02	0,05	о.с	0,00073	26,25	-	-
58	56	31	2,4	3,2	7,3	1531	о.с	о.с	о.с	0,045	о.с	0,00039	28,75	0,0	0,29
59	56	32	3,2	3,0	6,23	1423	о.с	о.с	0,31	0,044	0,27	0,00046	42,75	-	0,24
60	56	42	2,4	3,0	7,0	1538	о.с	о.с	2,84	0,044	о.с	0,00067	94,0	0,0	0,78
61	56	42	5,0	3,3	6,8	1445	о.с	о.с	0,56	0,04	0,1	0,00036	40,0	-	0,22
62	56	34	1,9	3,8	6,96	1521	о.с	о.с	0,29	0,09	о.с	0,00048	12,5	-	-
63	65	31	0,5	1,1	7,2	1561	о.с	о.с	1,0	0,096	о.с	0,0025	45,3	0,0	0,26
64	65	31	1,1	2,0	7,3	1560	о.с	о.с	3,1	0,076	о.с	0,0028	3,97	0,0	0,97
65	65	34	3,2	4,3	6,95	1569	о.с	о.с	0,35	0,26	о.с	0,00039	34,75	0,0	0,47
66	75	37	1,1	1,6	6,33	1532	о.с	о.с	1,0	0,32	о.с	0,00022	40,0	-	0,18
67	75	37	1,6	2,7	7,5	1562	о.с	о.с	о.с	0,054	о.с	0,0039	36,5	0,0	0,22
68	75	37	4,7	4,1	6,3	1529	о.с	о.с	0,03	0,05	о.с	0,00057	3,2	0,0	0,436
70	75	38	1,5	2,5	7,1	1534	о.с	о.с	1,64	0,08	о.с	0,0005	149,0	0,0	4,896
72	87	40	1,7	2,0	7,4	1607	о.с	о.с	0,33	о.с	о.с	0,00026	1,22	-	-
73	87	40	2,0	2,5	7,0	1587	о.с	о.с	3,8	о.с	о.с	0,00021	24,06	-	-
74	87	40	2,5	7,4	7,4	1571	о.с	о.с	0,31	о.с	о.с	0,0003	1,9	-	-
76	87	42	2,0	2,5	7,0	1480	о.с	о.с	о.с	о.с	о.с	0,0012	17,5	-	-
77	87	42	2,5	3,3	7,3	1465	о.с	о.с	о.с	0,036	о.с	0,00085	36,0	-	-
78	87	42	2,7	4,3	7,12	1505	о.с	о.с	о.с	о.с	о.с	0,00035	12,0	-	-
79	94	43	0,8	1,3	7,1	1568	о.с	о.с	0,0625	0,015	о.с	0,00025	32,5	-	-
80	94	43	1,3	2,0	6,95	1620	о.с	о.с	о.с	0,025	о.с	0,011	41,0	-	-
81	94	43	2,0	4,0	6,94	1604	о.с	о.с	0,875	0,04	о.с	0,00085	35,0	-	-
82	94	43	4,0	4,3	7,35	1547	о.с	о.с	о.с	о.с	о.с	0,00023	18,75	-	-

Приложение табл. 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
83	83	64	44	42	46	72	134	0.05	0.05	0.5	0.05	0.19	0.00078	25.0	-	-
84	84	43	43	2.7	7.5	14.70	14.70	0.05	0.05	0.28	0.05	0.19	0.00029	20.4	-	-
85	85	103	46	1.9	3.4	7.51	15.91	0.05	0.05	0.35	0.05	0.19	0.00076	91.25	-	-
86	86	103	48	5.0	4.0	6.84	15.47	0.05	0.05	0.05	0.0375	0.05	0.0001	21.75	-	-
87	87	123	49	4.0	2.7	6.8	15.60	0.05	0.05	0.25	0.014	0.05	0.00046	35.0	0.05	0.05
88	88	123	49	2.7	2.5	6.8	15.75	0.05	0.05	3.35	0.097	0.05	0.001	33.5	0.05	0.05
89	89	123	50	7.5	5.0	6.5	15.67	0.05	0.05	4.1	0.02	0.05	0.00037	4.0	0.05	0.05
90	90	123	51	2.4	3.0	6.8	15.77	0.05	0.05	4.75	0.035	0.05	0.00068	9.5	0.05	0.05
91	91	123	51	5.0	3.7	7.3	15.05	0.05	0.05	6.16	0.05	0.05	0.0005	13.75	-	-
92	92	123	52	1.9	2.5	6.5	15.69	0.05	0.05	0.05	0.036	0.15	0.00025	15.0	-	-
93	93	123	52	4.5	4.1	7.1	15.20	0.05	0.05	0.2	0.025	0.12	0.00084	14.0	-	-
94	94	123	54	1.8	2.4	6.5	15.55	0.05	0.05	0.097	0.08	0.05	0.00078	28.5	0.002	0.137
95	95	123	54	2.4	4.5	7.0	15.72	0.05	0.05	0.8	0.05	0.05	0.00037	25.0	-	-
96	96	161	55	2.7	2.5	6.35	15.62	0.05	0.05	0.05	0.077	0.17	0.0005	15.5	0.05	0.05
97	97	161	55	5.9	3.7	6.95	15.67	0.05	0.05	0.35	0.07	0.17	0.00054	20.0	0.05	0.05
98	98	161	55	4.0	4.3	6.8	15.75	0.05	0.05	0.35	0.035	0.05	0.00049	91.5	0.00018	0.23
99	99	175	58	5.3	2.0	6.05	14.15	0.05	0.05	0.15	0.04	0.05	0.00078	46.8	-	-
100	100	175	58	2.9	3.6	6.35	15.83	0.05	0.05	1.0	0.03	0.05	0.00037	31.5	0.05	0.38
101	101	175	60	7.3	5.8	7.7	15.89	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00031	15.33	0.05	0.248
102	102	175	61	2.6	3.0	7.2	15.22	0.05	0.05	2.05	0.059	0.12	0.00037	23.12	-	0.21
103	103	175	61	5.0	4.7	7.55	15.48	0.05	0.05	0.187	0.087	0.05	0.00043	17.5	0.05	0.217
104	104	197	62	1.7	3.4	6.84	15.69	0.05	0.05	2.47	0.031	0.032	0.00032	20.5	0.05	0.2
105	105	197	62	2.4	3.4	6.55	15.82	0.05	0.05	1.07	0.03	0.05	0.00035	22.8	0.05	0.2
106	106	197	64	5.1	2.7	7.25	15.65	0.05	0.05	0.41	0.025	0.1	0.00032	21.25	0.00018	0.26
107	107	197	65	2.6	3.8	7.8	16.72	0.05	0.05	0.25	0.025	0.05	0.00031	16.85	0.05	0.23
108	108	197	65	3.5	3.7	7.55	15.70	0.05	0.05	0.31	0.012	0.05	0.00031	12.5	0.0002	0.137
109	109	202	66	1.2	1.9	6.83	15.45	0.05	0.05	0.05	0.036	0.154	0.00011	16.5	-	-



Приложение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
130	202	66	1,9	2,5	6,76	1571	ст	ст	ст	0,0372	0,075	0,00031	16,25	0,00018	0,182
131	202	68	1,5	1,8	6,22	1591	ст	ст	ст	0,103	0,1	0,0003	25,0	ст	0,29
132	210	71	2,7	3,3	7,3	1591	ст	ст	ст	0,0135	0,045	0,0017	16,25	ст	0,736
133	210	71	2,3	4,3	6,75	1571	ст	ст	ст	0,44	ст	0,00018	96,5	0,00018	ст
134	210	74	5,3	5,6	6,75	1475	ст	ст	ст	0,079	0,14	0,00042	14,0	ст	0,55
135	219	76	2,7	3,0	6,5	1516	ст	ст	ст	0,03	0,04	0,00037	15,6	ст	0,36
136	219	76	3,0	3,5	7,1	1480	ст	ст	ст	0,082	0,18	0,00035	18,6	ст	0,138
137	21	78	2,0	4,3	7,82	1613	ст	ст	ст	0,03	ст	0,00037	15,1	ст	0,236
138	43	81	2,2	2,6	7,3	1600	ст	ст	ст	0,038	ст	0,00048	21,83	0,0002	0,296
139	377	81	2,6	3,0	6,9	1575	ст	ст	ст	0,05	ст	0,00015	94,5	ст	ст
140	377	81	5,0	3,9	7,1	1562	ст	ст	ст	0,056	ст	0,0001	84,0	ст	0,1
141	259	82	5,0	4,1	6,5	1465	ст	ст	ст	0,077	0,042	0,00032	20,5	ст	0,202
142	239	86	1,1	1,5	7,5	1561	ст	ст	ст	0,38	ст	0,00038	26,2	ст	0,221
143	239	86	1,9	3,3	7,1	1540	ст	ст	ст	ст	ст	0,00031	13,75	ст	ст
144	239	86	5,3	5,0	6,72	1516	ст	ст	ст	0,051	ст	0,00049	11,6	ст	0,192
145	236	87	2,6	3,1	6,8	1449	ст	ст	ст	0,072	0,14	0,00043	13,4	ст	0,29
146	236	87	5,1	3,5	6,28	1531	ст	ст	ст	0,052	ст	0,00031	13,5	ст	0,14
147	236	90	1,7	3,1	6,22	1511	ст	ст	ст	0,03	0,164	0,00052	31,42	ст	ст
148	292	91	1,2	1,8	6,8	1582	ст	ст	ст	0,013	0,087	0,00052	46,25	ст	0,191
149	263	91	1,8	2,1	6,12	1602	ст	ст	ст	0,023	0,013	0,00035	12,5	ст	0,27
150	263	93	1,5	3,1	6,82	1537	ст	ст	ст	0,05	0,05	0,00083	21,0	ст	0,236
151	265	94	2,7	3,5	6,9	1581	ст	ст	ст	0,051	0,04	0,0002	42,5	ст	ст
152	265	94	5,5	5,0	6,92	1508	ст	ст	ст	0,019	0,135	0,00052	15,25	ст	0,162
153	265	95	1,04	1,5	6,78	1575	ст	ст	ст	0,015	ст	0,00015	44,75	ст	ст
154	292	95	1,5	4,2	8,1	1622	ст	ст	ст	0,055	ст	0,0011	32,5	ст	0,232
155	292	95	2,5	4,2	6,91	1576	ст	ст	ст	0,022	0,21	0,00035	32,5	ст	0,112
156	200	96	2,5	2,8	7,52	1592	ст	ст	ст	ст	ст	0,00015	21,5	ст	0,201
157	200	96	2,8	7,0	1592	ст	ст	ст	ст	0,03	0,083	0,00025	36,87	ст	0,2
158	8	97	0,5	1,1	6,8	1562	ст	ст	ст	0,018	ст	0,0001	29,5	ст	0,296
159	8	97	1,1	2,1	7,7	1565	ст	ст	ст	0,015	ст	0,00015	16,3	ст	ст

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
140	8	97	2,1	3,5	7,1	1553	шт	шт	3,1	0,03	шт	0,0000001	89,0	шт	шт
141	23	102	0,2	1,5	7,0	1557	шт	шт	1,23	0,023	шт	0,000013	24,8	шт	0,164
144	23	103	1,5	3,7	6,77	1604	шт	шт	0,5	0,005	шт	0,00047	33,75	-	-
145	30	103	0,15	1,50	7,0	1734	шт	шт	2,6	0,037	шт	0,00000	13,0	-	-
146	30	103	1,50	6,95	1700	шт	шт	шт	3,5	0,036	шт	0,0013	35,6	-	-
147	30	103	2,10	4,2	7,3	1531	шт	шт	0,5	0,02	шт	0,00095	11,25	0,00016	-
148	43	103	0,3	2,6	1	1285	шт	шт	1,03	0,032	шт	0,0018	21,87	шт	0,7
149	43	103	2,6	3,1	6,95	1463	шт	шт	0,72	0,024	шт	0,0095	26,3	шт	6,2
150	43	106	7,0	0,9	1,3	1331	шт	шт	0,5	0,02	шт	0,00039	6,23	шт	0,10
151	43	106	1,3	2,5	7,31	1560	шт	шт	0,75	0,03	шт	0,00150	25,0	шт	0,10
152	47	107	-	-	2,05	1472	шт	шт	0,55	0,064	шт	0,00046	20,0	0,00016	0,29
153	47	107	1,3	2,0	6,95	1242	шт	шт	0,5	0,02	шт	0,00038	16,25	0,00020	0,19
154	47	107	2,2	2,2	7,21	1608	шт	шт	1,87	0,02	шт	0,00040	12,5	-	-
155	47	107	2,2	2,2	6,9	1566	шт	шт	2,25	0,01	шт	0,00068	17,5	шт	16,8
157	47	110	0,4	1,6	7,05	1634	шт	шт	0,094	0,024	шт	0,00080	17,5	-	-
158	47	110	1,6	2,5	7,4	1568	шт	шт	0,5	0,015	шт	0,00068	17,5	шт	0,07
159	83	111	0,1	0,3	7,6	1559	шт	шт	0,21	0,02	шт	0,00035	21,25	шт	0,31
160	65	111	2,2	2,5	6,98	1423	шт	шт	1,9	0,02	шт	0,00045	37,2	0,00018	0,192
161	87	113	0,1	1,2	7,1	1572	шт	шт	0,5	0,05	шт	0,00068	24,5	шт	0,221
162	87	113	1,4	2,5	6,8	1517	шт	шт	0,5	0,019	шт	0,00013	22,5	0,00024	0,752
164	94	117	1,5	3,4	7,0	1556	шт	шт	2,1	0,012	шт	0,00067	16,22	шт	0,29
165	94	118	0,1	0,5	7,0	1727	шт	шт	0,56	0,025	шт	0,00095	26,1	-	-



Окончание табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
169	з. II Бат.		1,5	2,0	6,89	1674	згс	згс	згс	згс	згс	0,00072	1,40	згс	0,21
170	з. II Бат.		1,5	2,0	7,1	1750	згс	згс	згс	згс	згс	0,00017	20,1	згс	4,2
174	р. Шат.			1,5	7,07	1695	згс	згс	згс	згс	згс	0,0015		згс	0,24
175	р. У. мб.			1,0	1,5	1295	згс	згс	0,25	згс	згс	0,00040	15,1	згс	згс
176	1 СКВ.	124	1,3	2,0	7,08	1412	згс	згс	0,19	0,017	згс	0,00058	13,75	згс	0,28
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
177	1				7,15	1487	згс	згс	4,2	згс	згс	0,00088	16,25	згс	4,5
178	VI Бат.	125	1,6	2,0	7,1	1680	згс	згс	2,77	згс	згс	0,0014	15,0	згс	згс
179	XIV			4,5	7,0	1774	згс	згс	1,2	0,012	згс	0,00019	11,25	0,0002	4,2
180	XIX	125	1,2	2,0	7,22	1527	згс	згс	згс	згс	згс	0,00070	22,8	згс	0,267
181	XV	127	1,2	2,0	6,96	1611	згс	згс	4,5	0,019	згс	0,00036	15,8	згс	0,24
182	Ум.				6,75	1581	згс	згс	згс	згс	згс	0,00055	15,0	згс	згс
183	Ум.				6,7	1613	згс	згс	згс	згс	згс	0,00055	10,0	згс	згс
184	Ом.				7,0	1634	згс	згс	0,8	0,025	згс	0,00030	11,25	згс	згс
185	Ум.				6,95	1595	згс	згс	0,25	0,062	згс	0,00003	21,25	згс	згс
186	Ом.				7,1	1704	згс	згс	згс	згс	згс	0,00022	8,75	згс	згс
187	Ом.				7,0	1681	згс	згс	згс	згс	згс	0,00060	11,2	згс	згс

Среднее значение содержания меди в верхнем слое ила составляет 0,055 мг/г (0,0055 %), что в общем почти соответствует кларку в осадочных породах (0,0057 %), но в два раза выше фоновых значений для почв (0,0027%), с которых формируется снос. Разброс значений также весьма велик - от нулевых до I мг/г (проба 27), и это обусловлено, очевидно, существенным вкладом техногенного загрязнения.

Неравномерна и концентрация никеля в верхнем слое ила. Среднее значение этого показателя (0,43 мг/г-0,0043 %) даже ниже кларка в осадочных породах (0,0095 %) в два раза, но практически в два раза выше фона в почвах данного региона (0,0020). По отдельным пробам содержание никеля достигает 0,4 мг /г, в то же время по многим другим пробам он не установлен анализом.

Источник загрязнения этими тремя элементами халькофильной группы, судя по высокому содержанию цинка в первых профилях (1 и 8), , находится выше АК «Тулачермет». По наличию золы в речных осадках можно считать, что он связан, в основном, с деятельностью Щекинской и Новомосковской ГРЭС, откуда золовый шлам поступает в половодье. Известно, что в подмосковных углях, ранее сжигаемых на этих ГРЭС, все названные микроэлементы присутствуют в повышенных концентрациях и особенно цинк (до десятых долей процента в расчете на зольный остаток).

Марганец фиксируется в осадках практически во всех пробах, хотя и в небольших количествах, впрочем, отличающихся существенным разбросом значений. Среднее содержание его несколько больше 0,001 мг/г (0,0001 %), что многократно ниже кларка в осадочных породах (0,067 %) и в почвах (0,059 %).

Содержание железа в донных текучих и текучепластичных осадках в среднем составляет 31,15 мг/г (3,115 %), что соответствует кларку в осадочных породах (3,33%), но все-таки существенно выше, чем в залегающих под ними отложениях. Разброс значений тоже довольно существенный: от 5 до 227,5 мг/г (проба 1 профиль 1), хотя колебания показателя редко выходят за пределы от 10 до 60 мг/г.

Определение ртути, ванадия выполнены по меньшему числу проб: соответственно 45 и 51. Среднее значение концентраций ртути в верхнем слое ила составляет $5,8 \cdot 10^{-5}$ мг/г (или $5,8 \cdot 10^{-6}$ %), что почти на порядок ниже кларка для осадочных пород ($4 \cdot 10^{-5}$ %), но в несколько раз выше фонового значения в почвах ($9 \cdot 10^{-7}$ %). При этом в большинстве проб ртути не обнаружено, а в отдельных пробах концентрация этого токсичного металла достигает 2-10 мг/г ; и даже $2 \cdot 10^{-3}$ мг/г (проба 94, профиль 142), что существенно выше кларка. Возможно эти всплески также связаны с загрязнением зольным шламом, так как в от-



ходах углеобогатительных предприятий периодически отмечаются экстремальные проявления ртути. Возможность других источников локальных загрязнений ртутью исключать нельзя. Для этого необходимы более детальные оценки характера промышленных отходов и использования химических средств в сельском хозяйстве на большей территории.

Ванадий обнаружен во многих пробах, причем также начиная с первых профилей (17, 23), но в небольших количествах (до 1 мг/г) по единичным пробам из нижнего слоя ила, что не совсем объяснимо. А ниже по течению в районе шламонакопителей примесь ванадия присутствует в большинстве проб жидкого ила (верхний слой) от десятых долей до 5 мг/г. Максимальное из этих значений зафиксировано в профиле 75, что расположен примерно в 500 м ниже выпуска сточных вод с большей примесью взвешенного вещества - коричневатого-бурого шлама. Далее примесь ванадия отмечается в количествах не выше 0,5 мг/г. В целом же среднее содержание ванадия в осадках верхнего слоя составляет 0,80 мг/г (0,08 %), что выше кларка в осадочных породах (0,013 %) в несколько раз.

Источником равномерного по всему интервалу реки загрязнения ванадием могут быть также и ГРЭС (выше по реке Упе и ее притоку р. Шату), так как этот элемент присутствует в продуктах сжигания за счет обогащенного ванадием мазута, добавляемого к местному углю для повышения эффективности работы агрегатов.

Каких-либо особенностей распределения тяжелых металлов в слое текучепластичного ила по вертикали не выявляется. Повидимому, весь этот не очень стабильный слой испытывает постепенные смещения в потоке и равномерно загрязнен по всей мощности за счет прежде всего механических примесей, обогащенных тяжелыми металлами.

Нижний слой уплотненного ила содержит те же металлы, однако концентрация их в 1,5-2 раза ниже, чем в верхнем слое (табл. 3.). К тому же, и эти значения могут быть в некоторой степени завышенными вследствие загрязнения жидким илом при бурении и не всегда однозначного расчленения слоев (несколько более уплотненный песчаный ил верхнего слоя может быть отнесен к нижнему). Но даже несмотря на возможности таких погрешностей по содержанию токсичных металлов нижний слой ила экологически представляется более благополучным.

Породы, залегающие в основании ила, представлены бурым и серо-зеленым суглинком (глиной), песками, загрязнены также значительно меньше, чем верхний слой ила, и несколько в меньшей степени, чем уплот-

ненный ил, включая и те случаи, когда они перекрыты лишь тонким слоем современного осадка.

Таблица 3

Содержание металлов в нижнем уплотненном слое

Химические компоненты	Среднее содержание, %				
	Ил текуче-пластич. (17 проб)	Ил мягко- и Текуче-пласт. (3 пробы)	Золошлам из Накопителя (1 проба)	Ил из русла Упы (Новомоск. шоссе) (1 проба)	Суглинки пойменные (участки старич.) (7 проб)
РН	7,56	7,59	8,26	7,9	7,47
п.п.п.	8,96	6,80	2,75	5,10	7,03
SiO ₂	61,33	72,73	71,26	63,22	69,56
Fe ₂ O ₃	5,98	3,71	6,37	4,44	5,75
Al ₂ O ₃	14,68	9,27	10,06	19,29	10,41
TiO ₂	0,93	0,80	0,82	1,13	0,85
CaO	3,40	3,46	1,78	2,96	1,79
MgO	0,92	0,71	0,5	0,68	1,07
SO _{3об}	0,65	0,66	0,13	0,78	0,17
Na ₂ O	0,57	0,69	0,48	0,45	0,77
K ₂ O	1,45	1,41	0,41	1,47	1,93
MnO	0,09	0,04	0,02	0,05	0,25
P ₂ O ₅	0,26	0,11	-0,1	0,39	0,27
FeO	1,76	0,98	1,51	1,44	0,83
Сера	4,55	2,62	2,06	2,78	2,47
сульфат	0,23	0,12	0,01	0,28	0,15
сульфид	0,42	0,53	0,88	0,50	0,01

Породы, слагающие непосредственные берега реки (в основном суглинки и пылеватые пески средней поймы), изучены также по довольно большому числу проб. В отношении оценки по тяжелым металлам (31 проба) они мало отличаются от донных осадков, в особенности по содержанию цинка (1,117 мг/г, т.е. даже больше, чем в верхнем слое донного ила). По меди и никелю показатели ниже.



Особым случаем является резкий всплеск примеси никеля (4,05 мг/г), кстати при высоком содержании цинка (5,4 мг/г), в приповерхностном слое пойменного суглинки на левом берегу профиля 37 (проба 38, скв. 22). Нельзя не отметить, что в этой части территории наблюдается захламенность промтоходами, включая лом электротехнического оборудования. Может быть, с этим и связано локальное загрязнение грунтов.

Мы считаем, что в целом высокий уровень концентраций тяжелых металлов в береговых отложениях по совокупности признаков обусловлен не инфильтрацией речных вод (как обычно принято считать), а осаждением загрязненных осадков в период половодья. Отметим, что практически на всем протяжении реки уровень грунтовых вод в современных пойменных отложениях выше уреза реки. Повсеместно наблюдается слабая заболоченность нижней части берегов. На пойме в старицах уровень воды выше, чем в реке. Следовательно, условий для инфильтрации нет. С другой стороны, в составе осадков средней поймы (2,5-3 м высотой) часто наблюдается примесь пылеватого синевато-серого зольного шлама. Визуальные признаки его подтверждены наличием в осадках магнитной фракции, характерной для продуктов сжигания подмосковных углей. Они установлены по пробам из скважин по профилям 1, 8, 23, 30, 75. Вблизи профиля 197, как уже отмечалось, зольный шлам отмечается слоем по срезанному склону берега. Наиболее вероятными источниками загрязнения донных осадков и берегов Упы зольным шламом являются расположенные выше по течению Щекинская ГРЭС и Новомосковская ГРЭС (на р. Шат, который является правым притоком Упы). Нами была выполнена ограниченная проверка характера речных осадков за пределами исследуемой территории.

Установлено, что в районе Новомосковского шоссе, выше моста у правого берега Упы донный осадок макроскопически аналогичен зольному шламу. Под микроскопом видно, что это тонкий пылеватый материал. Явно присутствует магнитная фракция (3 %), имеющая более темную окраску, чем очищенный от нее осадок. Химическим анализом в пробе 175 обнаружено цинка 0,25 мг/г, никеля 0,2 мг/г.

На р. Шат в районе ст. Присады, ниже автодорожного моста отобрано три пробы (169, 170, 174), в которых цинка, меди, никеля не обнаружено и внешних признаков зольного шлама не установлено. Очевидно, он сносится водою ниже из-за большой скорости течения. Тем не менее в пробе 169 имеется небольшая магнитная фракция в пылеватом иле (1 %), а в пробе 170 (неоднородный песчаный ил с мелким гравием) магнитная фракция (более 5 %) представлена неровными кусочками (до 2-3 мм) пористого металлического шлака темного, почти черного цвета с буроватым оттенком. В пробе 174 также выявлена магнитная фракция, состоящая из агрегатов пылеватых частиц кварца,

связанных железистыми выделениями. Все это подтверждает вывод об источниках выноса шлама.

Несомненно, что влияние примесей тяжелых металлов не ограничивается исследуемым участком. В пределах г. Тулы и ниже отмечается практически тот же комплекс примесей тяжелых металлов. Более высокие концентрации их и появление хрома, который не отмечен в пробах на участке исследования, безусловно связаны с промстоком машиностроительных предприятий Тулы. Но транспорт зольного шлама весенними водами отражается, конечно, и дальше. Известно, что влияние промстоков Тулы фиксируется в речной воде и в осадках Упы на расстояниях 30-40 км.

Важно установить, не прерывается ли это расстояние зольным загрязнением в половодье и не поступает ли загрязненная золой вода в Оку. Нами были отобраны пробы донных осадков в нижнем течении Упы и в Оке, в районе впадения р. Упы (пробы 182...187) в Оку.

Установлено, что уже в районе п. Воскресенское (Одоевское шоссе) в пробе 182 не отмечено ни хрома, ни цинка, меди и никеля. Присутствуют лишь следы магнитной фракции (менее 0,1 %). Однако в г. Одоеве в пробе 185 отмечена существенная концентрация цинка (0,25 мг/г) меди (0,0162 мг/г). Причем в осадке выделена магнитная фракция в количестве до 1%. Возможно, здесь имеется местный источник загрязнения (сброс золы из котельных установок).

В устье р.Упы (с. Кулешово) и на Оке выше впадения Упы (г. Белев и с. Жуково) в пробах речных осадков не обнаружено цинка, меди, никеля, присутствуют лишь весьма слабые следы магнитной фракции. В пробе 184, отобранной на Оке у г. Чекалина (ниже впадения Упы), установлена только небольшая примесь меди (0,0125 мг/г. Таким образом, нет особых оснований для тревог о возможности загрязнения золой нижнего течения Упы и Оки за счет стоков из центральной части Тульской области. Но для утвердительного заключения об этом необходимо более детальное изучение за пределами исследованной территории.

При характеристике экологического состояния реки важно учитывать также общие геохимические особенности донных осадков.

Во-первых, необходимо отметить, что по внешнему виду они в основном имеют серую до темно-серой окраску, что является признаком восстановительной среды и, следовательно, неблагоприятных для обитания живых организмов условий. Лишь местами в самом верхнем слое отмечаются включения бурого цвета, показывающие на переход к обстановке насыщения кислородом. Нами установлено, что наиболее благополучным является участок начала крупной меандры перед Криволучьем, от профиля 197 до профиля 239, где дно реки сложено большей частью буроватым песком.



По данным полного химического анализа (табл.3.1.1) и обобщения по каждому типу осадков (табл. 3.1.2) можно констатировать: донный ил обладает слабо щелочной реакцией ($pH=7,56$ для верхнего слоя). В целом химические компоненты в илах находятся в обычных для смешанных песчано-глинистых отложений количествах.

Несколько выше обычного в них потери от прокаливания, особенно в верхнем слое ила (в среднем около 9 %, а в отдельных пробах до 14 %), что обусловлено в основном наличием органики. Содержание углерода органического происхождения в этом слое превышает 4,5 %.

Верхний слой ила отличается от нижнего меньшим содержанием кремнезема (62,33 %), но более высокой долей глинозема (14,68 %) и железа (5,98 %), что связано с присутствием более значительного количества глинистой фракции и наличием в верхнем слое примесей железа из зольного шлама.

Такого же порядка соотношение между названными компонентами в зольном остатке из шламонакопителя и в обогащенном золой иле из р.Упы в районе Новомосковского шоссе.

Из общего содержания железа в осадках немалая часть его находится в закисной форме, а возможно и в виде чистого металла. Наконец, в донных осадках заметно повышенное содержание серы ($S_{\text{общ}} = 0,65$ %), основная доля ее приходится на сульфидную форму, что по нашему мнению, связано с восстановительной средой осадка (табл.3.).

Восстановительный характер донных осадков в общем является фактором стабильного состояния содержащихся в них примесей тяжелых металлов, и на этом основании можно было сделать вывод о том, что они не могут быть источником вторичного загрязнения речной воды. Однако если учесть, что имеются признаки механической подвижности неуплотненного ила при усилении скорости течения воды, то в результате взмучивания его и перехода загрязнителей в растворимое состояние вполне реальным становится потенциальное неблагоприятное влияние ила на состав вод. О биологических особенностях среды говорится в специальном разделе.

В донных осадках отмечаются также признаки загрязнения нефтепродуктами. При подъеме бурового снаряда из верхнего слоя ила на поверхности воды в целом ряде пунктов, включая и самые верхние профили, появлялась радужная нефтяная пленка. Если учесть, что близко подобного характера промышленных источников нет, то остается предположить возможность загрязнения в связи с использованием сельскохозяйственной техники. Впрочем, источником может быть и железнодорожная станция Присады и стихийная мойка техники в районе моста Новомосковского шоссе. Ниже по долине возможен «вклад»

АК «Тулачермет» и заводов стройматериалов, а также объединения «Мелодия».

И в этом отношении самым благополучным является начало крупной меандры ниже д. Осиновой Горы и Малевского ручья. Далее под Криволучьем опять появляются нефтяные пленки. А при впадении Щегловского ручья речной ил становится черным и вода приобретает неприятный запах, очевидно, вследствие канализационных утечек.

В последние годы в г.Тула выполнен ряд мероприятий по очистке малых рек, таких, как Воронка и Тулица. Известно, что планируется очистка реки Упа в пределах Центрального района. Поэтому мы считаем, что результаты нашей работы будут полезными при проектировании технологии и методов очистки главной речной артерии г.Тулы.



УДК 551.311.234:504.61

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРОЦЕСС ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Ионина М.А., Терехова Е.П.

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

Аннотация: в статье анализируется процесс почвообразования и воздействие человеческой деятельности на этот процесс

Ключевые слова: почва, почвообразование, атмосфера, антропогенное воздействие, техногенно-загрязненные почвы, почвоподобные тела, антропогенно-измененные почвы, антропогенные почвы, техногенные поверхностные образования, биота.

Почва является естественно - историческим телом природы, образовавшимся в условиях планеты Земля. В земных условиях различают множество разных типов почв. Каждый тип почв имеет свойственное ему строение вертикального профиля, морфологию, химический состав, физические и микробиологические свойства, а также особый характер процессов превращения, перераспределения и перемещения вещества и энергии. Изменчивость и развитие почв во времени являются их неотъемлемыми свойствами. Почва - понятие генетическое, и многими своими свойствами она обязана процессам её сформировавшим.



Согласно теории В.В. Докучаева, почвы на поверхности планеты образуются путем чрезвычайно сложного взаимодействия местного климата, растительности и животных организмов, состава и строения материнских горных пород, рельефа местности и, наконец, возраста.

В соответствии с современными представлениями, почвообразованием называется сложный природный процесс преобразования горной породы в новое качественное состояние путем взаимодействия минерального субстрата литосферы с организмами биосферы и продуктами их жизнедеятельности. Причем такое взаимодействие в земных условиях происходит при прямом и косвенном влиянии других факторов внешней среды. [1]

В настоящее время роль человека как главного почвообразующего фактора не подвергается сомнению. Почти все почвы Земли в большей или меньшей степени подвержены антропогенным воздействиям: от минимальных, связанных с изменениями в соотношении парниковых газов в атмосфере (условно природные почвы), до почти полного уничтожения при добыче полезных ископаемых или на строительных объектах.

К немногим исключениям, т.е. почвам, не испытывавшим на себе явного прямого или косвенного антропогенного влияния, относятся почвы заповедников, где строго соблюдается комплекс природоохранных мер. [2, 3]

Почти во все современные почвы поступают твердые и жидкие загрязнители из атмосферы, на многих почвах изменяется растительность под влиянием выпаса, пожаров, рубки леса, военных действий, не говоря о распашке и гидротехнической мелиорации. Хозяйственная деятельность человека, особенно добыча полезных ископаемых и градостроительство, влияет на уровень грунтовых вод, экзогенные процессы, гидрографическую сеть, микроклимат и другие компоненты ландшафта.

Почвы, измененные человеком или сформировавшиеся под его воздействием как случайно, так и целенаправленно, занимающие огромные пространства черноземных равнин или крошечные участки в городах и поселках, улучшенные по сравнению с природными и полезные человеку, или, напротив, техногенно-загрязненные, опасные для его здоровья, образуют сложный спектр особых почв.

По систематике В.Д. Тонконоговым, М.И.Герасимовой, М.Н.Строгановой, Н.В. Можаровой, Т.В.Прокофьевой и др. выделяют следующие группы почв и почвоподобных тел:

- антропогенно-измененные (трансформированные, модифицированные) почвы. Результаты деятельности человека выявляются

морфологически и/или аналитически в отдельных свойствах почв или их сочетаниях, вплоть до формирования нового горизонта;

- антропогенные почвы (зарубежный аналог - «антросоли»). В эту группу включены почвы, испытывавшие сильные воздействия, которые привели к формированию нового генетического профиля. Примером антропогенных почв - антросолей, являются искусственные почвы;

- техногенные поверхностные образования. Если отложенный субстрат не преобразован почвообразованием в силу малого времени или ограничений для биоты (токсичность, грубый гранулометрический состав, холодный или сухой климат), рассматриваемый объект не может быть отнесен к почвам, и классифицируется как техногенное поверхностное образование.

Наиболее распространенными почвами, испытывавшими влияние человека оказываются антропогенно-измененные почвы со слабыми проявлениями этого влияния и занимающие более половины площади суши. Доля собственно антропогенных почв составляет всего 2-3%. Кроме того, выделенные выше группы почв и почвоподобных тел характеризуются большой внутригрупповой неоднородностью и разнообразием. Это и послужило основанием для проведения более детальной внутригрупповой систематики. [4]

Антропогенно-измененные почвы. На основе последующего более детального рассмотрения морфологических признаков, прежде всего по набору генетических горизонтов, химических показателей и характеристике антропогенных факторов в группе антропогенно-измененных почв выделяется генетический ряд (континуум) почв от слабо антропогенно-измененных, где изменения не фиксируются в профиле почвы или не выходят за рамки естественного варьирования свойств горизонтов до сильно антропогенно-измененных, где профиль состоит из нового сильно трансформированного природного (пахотного) или искусственного верхнего горизонта и слабо измененных средних и нижних горизонтов природной почвы:

Антропогенные почвы могут быть сформированы различными способами, при которых трансформации охватывают весь почвенный профиль:

1. Почвы со вновь созданными профилями - трансформированной системой горизонтов - образуются путем постепенного наращивания обрабатываемой толщи. В этом случае процесс преобразования почвенными процессами привносимого субстрата протекает одновременно с его поступлением.



Важным условием развития подобных антропогенных почв является длительность процесса - требуется несколько столетий для образования полноразвитой почвы. [4]

Возможна некоторая аналогия с естественным синлитогенным почвообразованием и формированием аллювиальных или пепловых почв в отношении механизмов и скорости развития профиля, однако и то и другое в антропогенных почвах находится под постоянным контролем человека.

2. Сконструированные почвы - с заново созданными профилями развиваются на новой материнской породе, как однородной, так и сложенной из разнородных слоев, путем добавления субстрата, в том числе обогащенного органическим веществом.

Материнской породой для будущей почвы могут быть отвалы горнодобывающей промышленности, «отсыпки грунта» в городах при выравнивании поверхности, курганные насыпи, донные отложения при прочистке заиленных водоемов и пр.

Таким образом, свойства почв, в разной степени преобразованных различными видами деятельности человека, изменяются постепенно. Постепенность изменений определяется известной инерционностью, консервативностью почвенных тел, поскольку существенный вклад в морфологию профиля вносят признаки с большими характерными временами.

В ряду почв от естественных через антропогенно-измененные до антропогенных имеется много переходных образований. Они различаются соотношениями естественных и антропогенных элементов строения профиля и его отдельных горизонтов.

Техногенные поверхностные образования (ТПО). Если отложенный субстрат не преобразован почвообразованием в силу малого времени или ограничений для биоты (токсичность, грубый гранулометрический состав, холодный или сухой климат), рассматриваемый объект не может быть отнесен к почвам. Такие объекты относятся к техногенным поверхностным образованиям. [5]

В техногенных поверхностных образованиях отсутствуют генетические почвенные горизонты, а также признаки педогенных структур, аккумулятивных, иллювиальных и других почвенных процессов, за исключением очень слабого и поверхностного фрагментарного преобразования субстрата пионерной растительностью.

Не смотря на то, что ТПО не имеет генетического профиля, частично функционируют как почвы: на них произрастают высшие растения, они имеют определенные термические и водные режимы.

С течением времени в ТПО начинают формироваться почвенные признаки, развиваться генетические горизонты, и они постепенно превращаются в почву. На этом не слишком долгом эволюционном пути бывает трудно определить момент, когда ТПО можно считать почвой.

Виды антропогенных воздействий сочетаются друг с другом или сменяют друг друга во времени.

Библиографический список

1. Геннадиев А.Н. «Почвы и время: модели развития», М./ изд-во МГУ, 1990.
2. Глазовский Н.Ф., Коронкевич Н.И., Качуров Б.И., Кренке А.Н., Сдасюк Г.В. «Критические экологические районы: географические подходы и принципы изучения»/ изд-во ВГО. – 1991.
3. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации.-М.:Госкомзем. 1993.
4. Качуров Б.И., Жеребцова Н.А. «Картографирование экологических ситуаций (состояние, методологи в перспективе)» / География и природные ресурсы. - 1995. - № 3.
5. Соколов Э.М., Захаров Е.И., Волков А.В., Панферова И.В., Чаплыгин Н.Н. «Природопользование»: Учебное пособие для вузов. - М.-Тула: ИПП «Гриф и Ко», 2002.



УДК 502.7

ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ ВСЛЕДСТВИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНЫМИ ВЫПАДЕНИЯМИ

Соколов Э.М., Левкин Н.Д., Жучкова А.И., Камахина С.А.
Тульский государственный университет, г.Тула, Россия

Рассмотрены основные агрохимические показатели свойств почв, проведены оценка степени влияния промышленных выбросов на прилегающие к ним сельскохозяйственные территории.

Неотъемлемой частью комплекса проблем, связанных с деградацией окружающей среды, стало загрязнение компонентов биосферы различными токсикантами, в частности тяжелыми металлами. В России тысячи га почв загрязнены медью, свинцом, цинком, кадмием и др. тяжелыми металлами, которые являются наиболее опасными токсикантами. Ситуацию усугубляют промышленные выбросы, в результате которых происходит рассеивание



вредных веществ на большие расстояния.

Расположение промышленных предприятий и др. объектов, которые оказывают негативное влияние на здоровье людей и земли прилегающих сельхозугодий, происходит, прежде всего, из экономических интересов, а экологические последствия зачастую даже не рассматриваются.

Поллютанты неодинаково влияют на различные типы почв и растительные культуры. Поэтому проблема рационального использования и охраны земельных ресурсов является и в охране окружающей среды, и в земельном праве одной из наиболее значимых, так как связана она с производством продуктов питания для человека, с использованием одного из ценнейших даров природы – почвы, её плодородия.

Для обоснования рационального расположения предприятий нами была выбрана Орловская область, которая расположена в центральной части Среднерусской возвышенности, в пределах степной и лесостепной зон. На территории области встречаются различные типы почв - от светло-серых лесных на западе, до выщелоченных и типичных чернозёмов на востоке и юго-востоке.

На территории области имеется ряд техногенных источников, загрязняющих атмосферу аэрозолями тяжелых металлов, которые затем поступают в почву и в природные воды в виде сухих и влажных осадков. Основными загрязнителями окружающей среды в регионе являются промышленные предприятия городов: Орёл, Мценск, Ливны и др. Энергетические и нефтехимические промышленные комплексы выбрасывают в атмосферу оксиды Al, Fe, Mn, Sr, выбросы металлургических производств содержат Pb, Cr, Mn, Ni, выбросы металлообрабатывающих предприятий - Pb, Zn, Ni, Cr, Cu, Mn. Комплексным загрязнителем ОС является автотранспорт.

В соответствии с розой ветров указанные источники тяжелых металлов в большей степени загрязняют лесостепную часть области.

В степной зоне основными источниками тяжелых металлов являются автомобильные и железные дороги, добыча полезных ископаемых, средства химизации сельского хозяйства и трансграничный перенос поллютантов.

Для выявления качественного и количественного распределения поллютантов мы на протяжении пяти лет проводим экологический мониторинг загрязнения почв в данном регионе.

При исследовании проб почв определяли основные агрохимические показатели: pH солевой (ГОСТ 26483-85), содержание подвижных фосфатов и обменного калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), гумус по И.В. Тюрину (ГОСТ 26213-91). Кроме того определялись такие важные показатели как подвижный фосфор и алюминий. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что максимальная концентрация соединений фосфора наблюдается в почвах занятых под сенокосы, а

минимальная на пастбищах. Методика определения содержания кадмия, свинца и цинка в почвах и растениях основана на рентгеноспектральном флуоресцентном анализе, реализуемом на спектрометре.

Анализ содержания поллютантов в необрабатываемых почвах на удаленных от источников промышленных выбросов территориях Орловской области показывает существенное различие концентраций некоторых ТМ и подвижных форм соединений фосфора и алюминия.

Содержание на тех же территориях подвижных форм цинка и никеля отличается в 2 раза, а хрома в 10 раз.

Полученные результаты позволяют сделать выводы, что при естественной (фоновой) концентрации тяжелые металлы в почве прочно связаны с ее составными частями, труднодоступны для растений и не оказывают вредного воздействия, но как только условия позволяют токсичным металлам перейти в почвенный раствор, появляется прямая опасность загрязнения (Таблица 1).

Таблица 1

Фоновое содержание ТМ в почвах

Фоновое содержание ТМ и мышьяка в почвах, мг/кг	Zn	Cd	Pb	Mg
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	28	0,05	6	0,05
Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые	45	0,12	15	0,10
Серые лесные	60	0,20	16	0,15
Чернозёмы	8	0,24	20	0,20
Каштановые	54	0,16	16	0,15

Результаты исследований показывают, что в кислых почвах (рН 4.0-5.5) железо, алюминий и марганец находятся в формах, доступных растениям, и их концентрация достигает токсического уровня, а Pb и As - слабо подвижны. При этом затруднено поступление в растения фосфора, калия, серы, кальция, магния, молибдена. Напротив, в щелочных (рН 7.5-8.5) - железо, марганец, фосфор, медь, цинк, бор и большинство микроэлементов становятся менее доступными растениям. В нейтральных почвах (рН 6,0-7,0) подвижны: Zn, V, As.

Ощутимый вклад в загрязнение окружающей среды области вносят промышленные предприятия города Мценск. Такие предприятия как ОАО «Межгосметиз», ОАО «Мценский завод коммунального машиностроения»,



ОАО «Мценский литейный завод», ОАО «Промприбор», ЗАО «Мценский завод «Вторцветмет» и др.

На территории района расположен государственный музей-усадьба И.С. Тургенева «Спасское-Лутовиново», почвы которого в значительной степени сформированы под влиянием усадебного хозяйствования XVIII - XIX веков и могут быть использованы в качестве образца доиндустриального состояния ОС. Вокруг усадебного дома на 40 гектарах разбит великолепный парк - уникальный памятник русского садово-паркового искусства, он по праву считается одним из самых красивых усадебных парков России. Со времени основания парка здесь сохранилось деревья различных пород, среди которых около двух тысяч вековых и двухсотлетних лип.

Исследования распределения ТМ в Мценском промышленном районе показали, что концентрация марганца в почвах вдвое ниже, фоновому уровню, характерного для фоновых участков за пределами города. Уменьшение содержания этого элемента в почвах может происходить вследствие растворения соединений марганца кислотосодержащими поллютантами и дальнейшей миграции их с грунтовыми водами.

Также установлено, что в радиусе 15-20 км наблюдается повышенное содержание в почвах свинца, а на прилегающих к заводу «Межгосметиз» территориях, превышает ПДК в 4 раза, в тоже время на территории усадьбы И.С. Тургенева «Спасское-Лутовиново», расположенной в 10 км от города - концентрация этого металла близка к фоновому уровню.

Такая аномалия может быть следствием фитоэкстракции соединений свинца произрастающими на территории усадьбы липами (*Tilia cordata* Mill), которые обладают самой высокой газопоглощительной способностью среди деревьев средней полосы.

Как уже говорилось, поллютанты неодинаково влияют на различные типы почв и растительные культуры.

Для выявления устойчивости сельхозкультур к загрязнению ОС ТМ мы провели фитотестирование, позволяющее оценить токсичность почв. Для такого анализа используются различные тест-растения, которые реагируют на неблагоприятные изменения в почве, воздухе и в других средах. Для доминирующих типов почв в исследуемом регионе оптимальными тест- культурами являются горох и ячмень.

Для изучения динамики поступления и доступности для растений фитотоксикантов были выбраны два типа почв – дерново-подзолистая и серая лесная. Мы остановили свой выбор на наиболее токсичных металлах – цинк, кадмий и свинец, которые относятся к первому классу опасности.

По результатам вегетационного опыта на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве и серой лесной установлено, что при совместном

внесении цинка и кадмия между этими элементами возникают антагонистические отношения – цинк снижает поступление кадмия в проростки, причем по мере развития растений эта тенденция усиливается. В ячмене эта тенденция сохраняется - в контроле без цинка концентрация в ячмене максимальная. Поступление цинка в ячмень происходит в зависимости от дозы.

Как видно из исследования, улучшения состояния окружающей среды можно достичь посредством рационального размещения и сочетания типа производств и видов растительности на прилегающих территориях.

Библиографический список:

1. ГОСТ 26483-85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО».
2. ГОСТ 26207-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Курсанова в модификации ЦИНАО».
3. ГОСТ 26213-91 «Почвы. Методы определения органического вещества».
4. Спектрометр рентгеновский сканирующий кристалл-дифракционный портативный спектроскан СП.000.000 ПС. Паспорт. 1992.



УДК 622.271.3.012.3:658.567.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРЬЕРОВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЦИОНАЛЬНОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Гавришев С.Е., Павлова Е.В., Пыталев И.А.
*Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова, Россия*

Открытые горные работы агрессивно воздействуют на окружающую среду, при современном подходе снижение воздействия достигается рекультивацией. В промышленных регионах дополнительное влияние оказывают промышленные предприятия, складывающие отходы своего производства на дневной поверхности. Поэтому, подходом к улучшению экологической ситуации является использование объектов открытой геотехнологии в качестве емкостей для размещения промышленных отходов.

В промышленных районах, где ведется активное освоение месторождений полезных ископаемых, происходит интенсивное воздействие на экологию. Значительно изменяется естественный ландшафт



местности, становясь техногенным. На местах освоения месторождений полезных ископаемых образуются выемки, отвалы вскрышных пород занимают огромные площади. Происходит изменение состава воздуха, воды, почвы, вплоть до климата района расположения горнодобывающего предприятия [1].

Наиболее перспективным направлением снижения антропогенного воздействия человеческой деятельности в области освоения месторождений является комплексное освоение участка недр Земли, предполагающее формирование и реализацию различных видов техногенных георесурсов в процессе функционирования горного предприятия. Для промышленных районов наиболее актуальным является формирование емкостей из выработанного пространства карьеров и отвалов для размещения в них промышленных отходов. Спецификой таких районов является то, что при производстве каждый производственный цикл сопровождается образованием промышленных отходов, большая часть которых при существующем уровне технологий не подлежит переработке.

В настоящее время разработке подлежат месторождения с большой глубиной залегания полезных ископаемых, и соответственно со значительным количеством вскрышных пород. Для размещения последних предприятия вынуждены отчуждать дополнительные территории, тогда как их хотя бы частичное использование как емкостей позволит приносить финансовую прибыль горнодобывающим предприятиям.

С целью определения областей использования горнотехнических объектов как техногенных георесурсов в виде емкостей, нами была разработана классификация карьерных выемок по их пригодности для размещения промышленных отходов. В предложенной классификации карьерные выемки были разделены по глубине, гидрогеологическим условиям, фильтрационным свойствам пород, и по форме карьеров в плане, в соответствии с которыми предложено размещение отходов от II до V класса опасности и условия их размещения.

Для определения экономической целесообразности использования выработанного пространства карьеров, нами было введено понятие ценности техногенных георесурсов.

Под понятием «ценность техногенных георесурсов» понимается денежное выражение стоимости всех полезных свойств, качеств или компонентов, содержащихся в техногенных объектах, сформированных в результате горных работ, с учетом затрат на использование георесурсов или извлечение из них полезных компонентов. [2]

В качестве полезных свойств карьерных выемок принята вместимость емкостей, формируемых в карьере, для размещения отходов.

Ценность выработанного карьерного пространства с целью размещения в них промышленных отходов предлагается определять следующим образом [3], руб.:

$$Ц_{в.к.п} = K_{\partial} \cdot \sum_{t=1}^T \left(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J V_{kj} \cdot \rho_i \cdot C_{ли.отх} \cdot \eta_t \right) - 3_1 - 3_2$$

где K_{∂} – доля нормативной платы при размещении промышленных отходов на специализированных полигонах и площадках; V_{kj} – объем j -той карты, m^3 ; ρ_i – плотность отходов, t/m^3 ; $C_{ли.отх}$ – ставка платы за размещение 1 t i -го отхода в пределах установленных лимитов, руб.; η_t – коэффициент дисконтирования; t – шаг моделирования, годы ($t=1, 2, \dots, T$); T – период формирования емкости, лет; i – вид размещаемого отхода, [2;5]; I – класс опасности размещаемых отходов (II-IV); j – количество карт, создаваемых в выработанном пространстве; 3_1 – затраты на размещение отходов, руб.;

$$3_1 = \sum_{t=1}^T \left(3_{тр} + 3_{ф.о}^k + 3_{и} \right) \cdot \eta_t$$

3_2 – затраты на формирование выработанного карьерного пространства и вспомогательные мероприятия, обеспечивающие размещение отходов, руб.

Данная методика была опробована на моделях карьеров со следующими параметрами (Таб.1):

Таблица 1
Основные параметры выработанного пространства карьера

Наименование показателя	Значение показателя для карьера с прямоугольной формой в плане	Значение показателя для карьера с круглой формой в плане
Размеры карьера по дну, м:	ширина - 100 длина - 500	диаметр - 50
Размеры карьера по поверхности, м:	ширина - 300 длина - 700	диаметр - 516,4
Глубина карьера, м	100	210
Углы откосов бортов, град	45	42
Объем выработанного пространства, тыс. m^3	12000	16220

При расчете затрат, связанных с размещением отходов, были использованы следующие исходные данные (цены 2008 г.) (Таб. 2):



Таблица 2

Исходные данные для расчета ценности выработанного пространства

Стоимость тонно-километра перевозки вскрыши, руб.	$C_{\text{ткм1}}$	25
Стоимость тонно-километра перевозки отходов железнодорожным транспортом, руб.	$C_{\text{ткм2}}$	6
Стоимость складирования пород в отвал, руб/м ³	C_o	1,20
Плотность отходов, т/м ³	ρ	2,50
Объем отходов, размещаемых в карьерном пространстве в течение года, м ³	V_o	1200000
Объем j карты (для одного вида отходов $V_{kj}=V_{\text{вкп}}$), м ³ : карьер прямоугольной формы карьер круглой формы	V_{kj}	12000000 16220000
Объем j карты (в числителе - для отходов IV К.О.; в знаменателе – для отходов III К.О.), м ³ : карьер прямоугольной формы карьер круглой формы	V_{kj}	<u>8400000</u> <u>3600000</u> <u>10800000</u> <u>5420000</u>
Нормативы платы за размещение отходов производства и потребления: Отходы IV класса опасности (малоопасные), руб/т Отходы III класса опасности (умеренно опасные), руб/т	Слi отх	248,40 497,00
Стоимость работ по отсыпке одного м ³ отходов, руб.	Сф.отх	0,87
Стоимость работ по отсыпке одного м ³ изоляции	Сф.и	2,38

В случае размещения в выработанном пространстве карьера отходов IV класса опасности нет необходимости в проведении дополнительных мероприятий, таких как изоляция, тампонаж, обеспечивающих их безопасное размещение, вследствие того, что они близки по физико-химическим свойствам к породам горного массива, тогда, $V_{kj}=V_{\text{в.к.п.}}$

В результате расчетов на рис. 1-4 приведены зависимости удельной ценности емкостей, формируемых в выработанном карьере-

ном пространстве от периода складирования отходов IV и III класса опасности и расстояния транспортирования, объемом 3 млн. т/год.

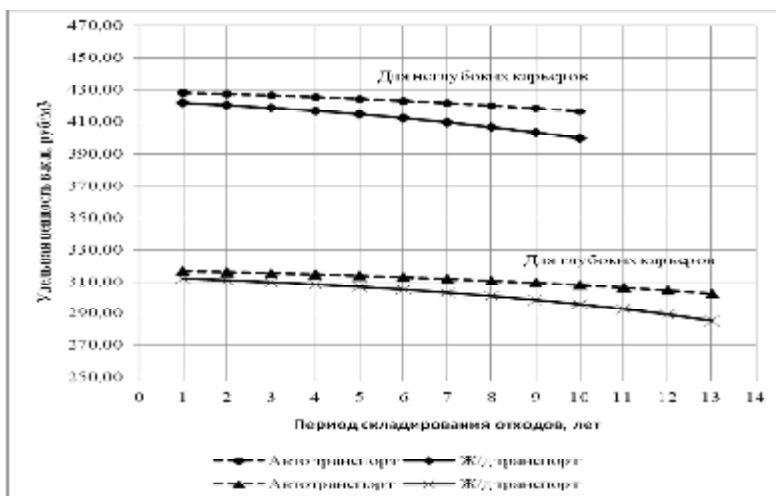


Рис.1. Изменение удельной ценности емкостей, формируемых в выработанном карьерном пространстве от периода складирования отходов IV класса опасности

При размещении отходов III класса опасности, их, согласно предложенной классификации, следует размещать в выработанном карьерном пространстве выше уровня грунтовых вод, а ниже – отходы более низкого класса опасности.

Таким образом, в результате проведенного моделирования удельной ценности выработанного карьерного пространства с учетом различных факторов и анализа полученных данных можно сделать следующие выводы:

- удельная ценность выработанного карьерного пространства уменьшается в течение всего периода заполнения емкости. Снижение обусловлено не технической и технологической, а экономической составляющей. Для автомобильного транспорта снижение удельной ценности составляет 0,2-0,5%, для железнодорожного 0,3-1,2%;
- установлено, что снижение удельной ценности обратно пропорционально увеличению емкости карьерных выемок. При сравнении удельной ценности выработанного карьерного пространства неглубоких и глубоких карьеров, при увеличении емкости карьеров на 26% происходит снижение ценности на ту же величину;

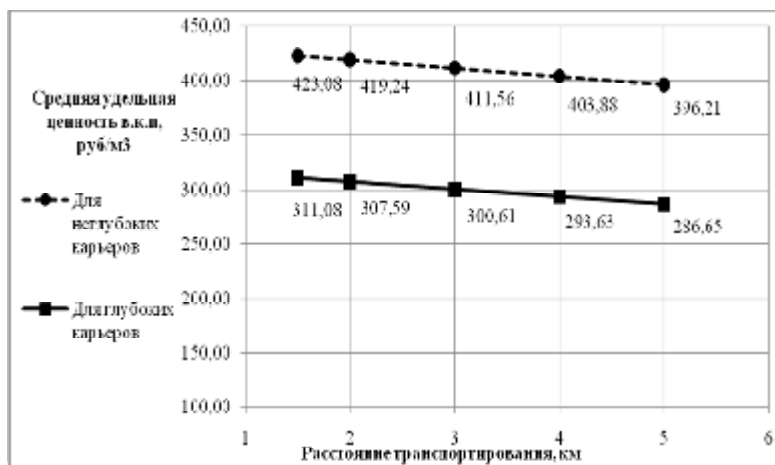


Рис. 2. Изменение средней удельной ценности выработанного пространства карьеров от расстояния транспортирования отходов от источника образования отходов до емкости (для автомобильного транспорта)

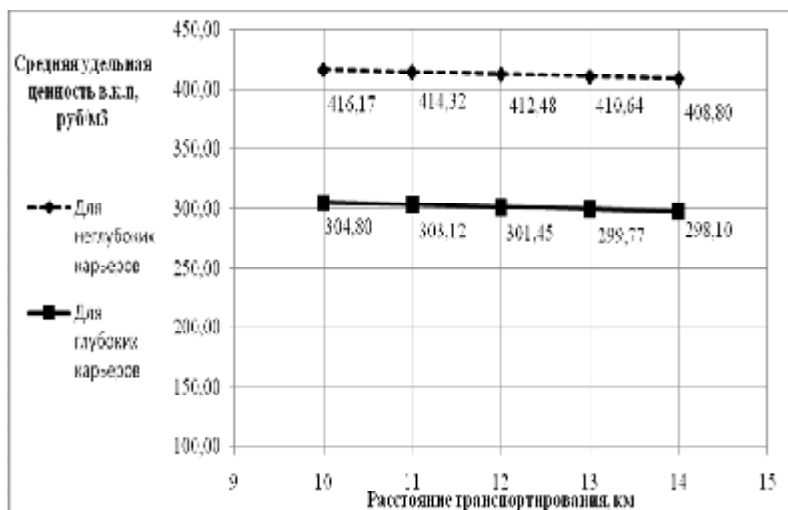


Рис. 3. Изменение средней удельной ценности выработанного пространства карьеров от расстояния транспортирования отходов от источника образования отходов до емкости (для железнодорожного транспорта)

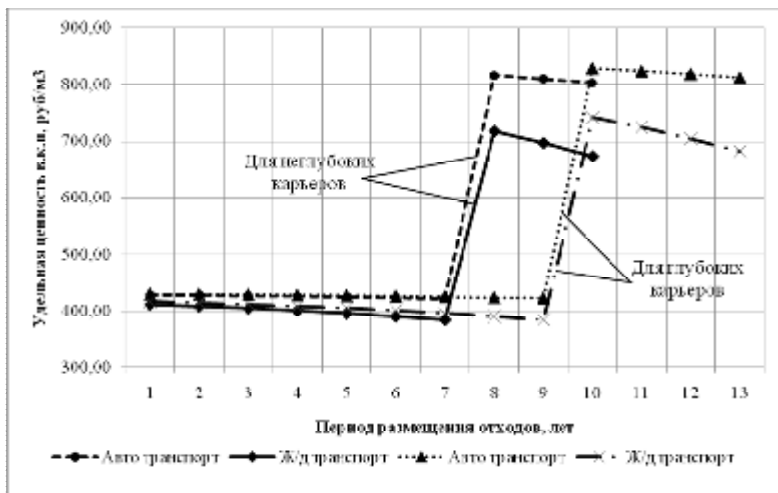


Рис.4. Изменение удельной ценности емкостей, формируемых в выработанном карьерном пространстве от периода размещения отходов IV и III класса опасности

— при изменении дальности транспортирования средняя удельная ценность уменьшается по мере увеличения расстояния. Для автотранспорта увеличение расстояния транспортирования на 1 километр влечет снижение ценности на 2% и 2,5% соответственно для неглубоких и глубоких месторождений. Для железнодорожного транспорта $\approx$ на 0,5 % в обоих случаях. Таким образом, экономически эффективная дальность транспортирования для автотранспорта составляет до 40 км от места образования отходов, для же до 200 км.

— в случае селективного размещения в выработанном карьерном пространстве отходов IV и III классов опасности, граница перехода обуславливает изменение ценности более чем в два раза, что характерно как для глубоких, так и для неглубоких карьерных выемок.

Библиографический список:

1. Панков Я. В. Лесная рекультивация техногенных земель КМА // Горный журнал. 1999. № 3. С. 70 – 73
2. Заляднов В.Ю. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Магнитогорск. 2005 г.
3. Определение ценности техногенных георесурсов / Гавришев С.Е., Заляднов В.Ю., Пыталев И.А., Павлова Е.В. // Вестн. МГТУ. – 2010. – № 2. – С. 5-8.





УДК 613. 63 (075)

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ МЕДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ И ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЮ

TOXICOLOGICAL PROBLEMS AT PROCESSING COPPER CONCENTRATES AND INFLUENCE ON ECOLOGY

*Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г. А., Тусунбекова С. Т., Свамбаев А. С.
ТОО FTB "Сотрапу", г. Алматы, Казахстан*

*Свамбаев Е. А.
Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Казахстан*

*Авдюков В. И.
Казахский национальный технический университет
имени К. И. Сатпаева г. Алматы, Казахстан*

The new direction in technology of reception of the copper concentrates enriched with hydro chemical way is considered (examined). Development of authors allows to lower emissions of harmful gases on 15-20 time in such way provides toxicological and an environmental problem created by the industry.

Проблема промышленной токсикологии во многих горнорудных компаниях в Республике Казахстан остается не решенным. Влияет на экологическую ситуацию, ухудшая его, особенно при переработке медных концентратов пирометаллургическим способом. Вокруг предприятий загрязняется не только атмосферный воздух, но и почва, вода и растительность вредными газами.

Так, например избыточная серная кислота нейтрализуется, образовавшийся гипс сбрасывается в хвостохранилище обогатительных фабрик. Решение этой проблемы, даже частное, позволит оздоровить атмосферу предприятий. Перспективным методом является использование автоклавного, гидрохимического и других процессов для получения обогащенного медного концентрата и вывода части меди в виде сульфатного раствора (рис. 1, 2) /1/. Автоклавный процесс переработки медных концентратов требует применение концентратов с низким содержанием благородных металлов или использование специальных процессов по доизвлечению их из кеков выщелачивания. Автоклавные процессы для переработки медных концентратов применяют на предприятиях Mt. Gordon компании Western Metals (Австралия) и др. Для выделения меди из раствора используют наиболее перспективный процесс SX - EW.

Наиболее приемлемым вариантом переработки медных концентратов является выделение из текущих медных концентратов богатого и бедного продуктов с раздельной их переработкой (по пирометаллургической, автоклавной и другим технологиям). Содержание меди в концентратах можно регулировать выходом песков и шламов и специальной доводки.

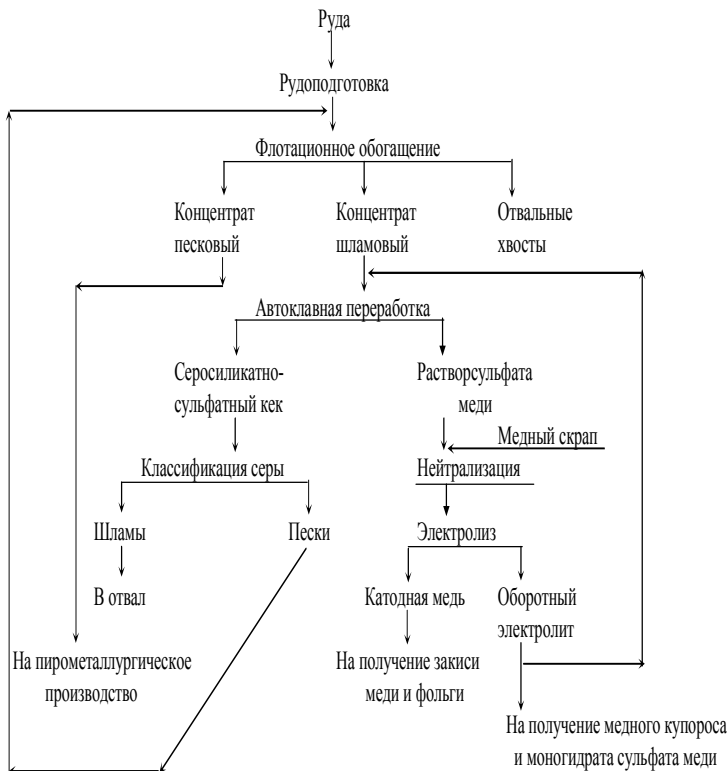


Рисунок 1. Технологическая схема переработки руд Жезказганского месторождения с получением медных концентратов с низким содержанием кремнезема

На ПО «Балхашцветмет» раздельная переработка актуальна в связи с тем, что комбинат перерабатывает руды с различным вещественным составом (руды Коунрадского, Саякского, Шатыркульского и Нурказганского месторождений) и наблюдается колебание содержания меди в товарном концентрате, направляемом в пиропроцесс.



Исследования направлены на получение селективного концентрата в процессе флотационной доводки и классификации с целью разделения его для дальнейшего использования в различных технологических циклах (пиро- и гидропроцессах), результаты которых приведены в таблицах 1 и 2.

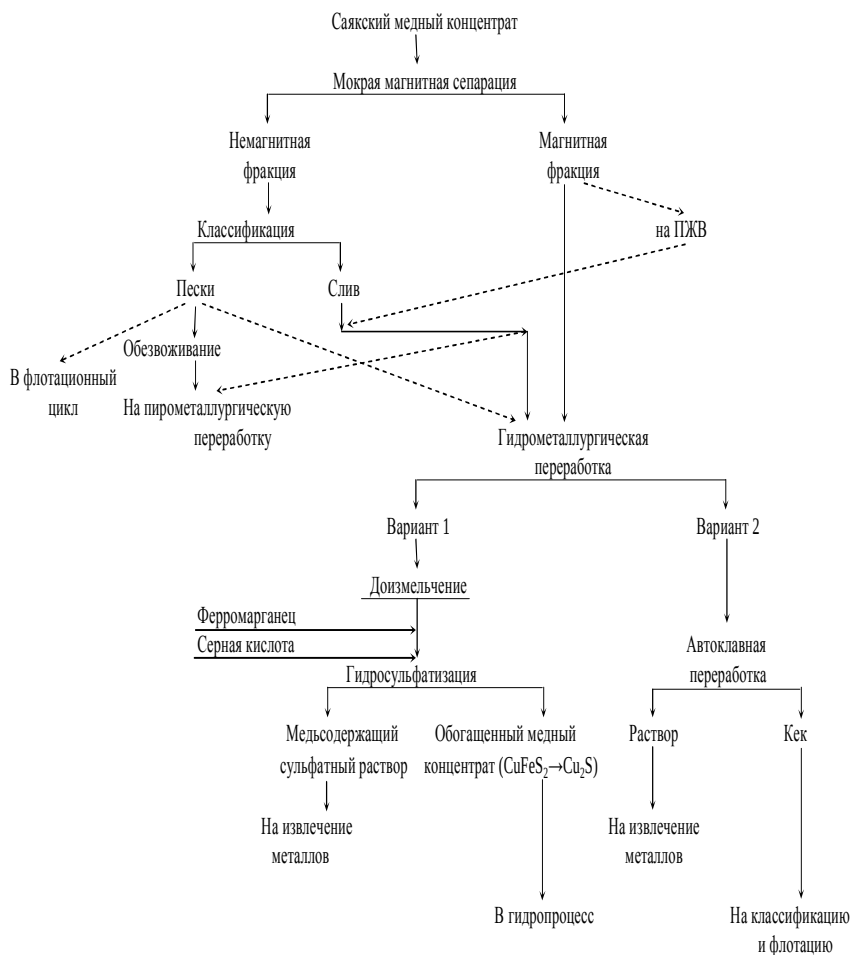


Рисунок 2. Комбинированная схема переработки саякских медных концентратов

Таблица 1

Результаты с раздельной флотации шламов и песков в схеме доводки медного концентрата

№ опы-та	Про-дукт	Выход, %	Медь, % PCA		Ост. СаО		Объем пулпы, мл	Приме-чание	Сит хар-ка по кл., %	
			β	ε	кг/т	мг/л			+ 100	- 200
1.	конц-т	86,57	11,30	93,17				исходный продукт шламы		
	хвосты	13,43	5,34	6,83						
	шламы	100,00	10,50	100,00			2,5		0,1	95,89
2.	конц-т	77,78	7,33	96,63	3	616,2		исходный продукт пески после доизм, 15 мин		
	хвосты	22,22	0,89	3,37						
	пески	100,00	5,90	100,00			2,8			
3.	конц-т	72,44	7,69	94,42	4	784			9,91	52,07
	хвосты	27,56	1,20	5,58						
	пески	100,00	5,90	100,00			2,8			
4.	конц-т	69,34	7,96	93,55	6	952,3				
	хвосты	30,66	1,24	6,45						
	пески	100,00	5,90	100,00			2,8			
5.	к-т пер	92,48	8,50	98,26				к-т 29-30 ф/м		
	хв II пер	7,52	1,85	1,74						
	исх к-т I пер	100,00	8,00	100,00		22,3	2,4		4,13	70,13

Постоянные условия: рН - 10,0, соотношение руд: Коунрад : Шлак = 94 : 4

Таблица 2

Результаты классификации медного концентрата

№ опы-та	Дата	Продукт	Выход %	Медь, % PCA		Соотношение, %				
				β	ε	Коунрад	Шлак	Саяк	Шатыркуль	Нурказган
1.	06.10.2003	Слив	26,41	16,10	28,73					
		Пески	73,59	14,33	71,27					
		Исходная	100,00	14,80	100,00	54	46			
2.	07.10.2003	Слив	33,64	15,60	38,31					
		Пески	66,36	12,74	61,69					
		Исходная	100,00	13,70	100,00	84		16		
3.	11.10.2003	Слив	45,30	24,69	69,90					
		Пески	54,70	8,80	30,10					
		Исходная	100,00	16,00	100,00	60	30	10		
4.	20.10.2003	Слив	47,41	18,20	53,93					
		Пески	52,59	14,20	46,07					
		Исходная	100,00	16,00	100,00	64	15	2	15	4
5.	21.10.2003	Слив	28,09	15,10	32,13					
		Пески	71,91	12,46	67,87					
		Исходная	100,00	13,20	100,00	71	29			
6.	11.11.2003	Слив	49,74	14,70	47,79					
		Пески	50,26	15,89	52,21					
		Исходная	100,00	15,30	100,00	73		20	3	4
7.	17.11.2003	Слив	35,66	17,90	44,02					
		Пески	64,34	12,62	55,98					
		Исходная	100,00	14,50	100,00	78		20	2	
8.	22.11.2003	Слив	15,67	14,50	18,93					
		Пески	84,33	11,54	81,07					
		Исходная	100,00	12,00	100,00	96		4		
9.	25.11.2003	Слив	21,04	21,70	27,18					
		Пески	78,96	15,49	72,82					
		Исходная	100,00	16,80	100,00	56		20	20	4



Для медных концентратов, получаемых из саякских руд предложена комбинированная схема переработки, включающая предварительную магнитную сепарацию для выделения сростков и удаления магнетита, являющегося нежелательной примесью при переработке медных концентратов с получением обогащенных продуктов (рисунки 2) /2/.

Комбинированная схема переработки медных концентратов позволит снизить выбросы сернистого газа в атмосферу и уменьшить объем труднореализуемой серной кислоты.

Исследованиями, проведенными по обнаружению содержания сернистого газа в атмосферном воздухе в близлежащих водоемах были установлены, что содержание его было на 15-20 раз ниже при применении комбинированной схемы переработки медных концентратов, чем при традиционном способе, что позволяет улучшить промышленную токсикологическую проблему и в целом экологию региона.

Библиографический список:

1. Авдюков В.И., Беккулова Ш.Б. Специальные методы обогащения. Переработка руд цветных металлов с применением обогащения и гидрометаллургии. Выделение из руд сложного вещественного состава коллективных концентратов и их металлургическая переработка. Конспекты лекций. Часть 11. Алматы, 1997.
2. Имамбаева Б.С., Авдюков В.И., Дубровина Н.М., Авдюков В.В. Раздельная переработка медных концентратов. //В сб. «V конгресс обогатителей стран СНГ», 2005, Москва, том III.
3. Свамбаев Ж. А. Обеспечение охраны труда при получении пероксида урана – Материалы VII Конгресс обогатителей стран СНГ, Московский государственный институт стали и сплавов, Москва, 02-04 марта 2009 год.
4. Свамбаев Ж. А., Свамбаев Е. А., Султанбеков Г.А. Свамбаев А.С., Тусупбекова С.Т., Акмурзаев С. К. Значение горнорудного производства в распространении токсических элементов. Доклады V Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде» том 2 стр.366-370. (5-18 октября 2008г.) Семей–2008 г..
5. Свамбаев Е. А., Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г. А., Свамбаев А., Джуламанов Т. Д. Токсикологические значения отходов при добыче и переработке урана. – Материалы VI Конгресс обогатителей стран СНГ, Московский государственный институт стали и сплавов, Москва, 2007 год.



УДК 613. 63 (075)

ТОКСИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТИВНОГО РАСТВОРА УРАНА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ОРГАНИЗМА ПОДОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ

TOXIC INFLUENCE OF A PRODUCTIVE SOLUTION OF URANIUM ON BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLOOD OF AN ORGANISM OF EXPERIMENTAL ANIMALS

Орынбек ., Свамбаев А.С.

ТОО FTB “Companu” г. Алматы, Казахстан

In the work authors inform results on studying influence of a productive solution of uranium on some biochemical parameters of blood of an organism at experimental animals. It is established that all samples of a productive solution of uranium possesses high toxicity and causes destruction of experimental animals with infringement of a picture of blood.

Experiments on influence on biochemical and hematology defined parameters of blood on chickens - broilers and on which female quails from daily age raised on cellular batteries in communities on 50 heads in conditions adequate to the requirement. Fed in plenty with the dry forages prepared according to «Recommendations on the normalized feeding an agricultural bird» (1996), recipes № 5-2; № 6-1. To chickens in plenty allowed water from auto drinking bowls. Conditions of a microclimate corresponded to hygienic requirements.

At carrying out of experiences studied the following parameters:

Preservation of a livestock, the reason of a withdrawal, weight of a body - weekly up to the end of experience, consumption of a forage, an expense of a forage for 1 kg of a gain have established weight of a body the methods standard in poultry farming.

After application of a productive solution took blood from under wings of a vein and in blood have established maintenances of hemoglobin, quantity эритроцита, leukocytes and a leukocyte of the formula, the maintenance of calcium and phosphorus.

An application of a productive solution for experimental birds for the fifth day has caused clinical symptoms of a poisoning and destruction in groups. At the survived birds in blood it has been established changes biochemical and hematology. Week age chickens of skilled group lagged behind in growth development in comparison with control group on 30 % and at



the end of the skilled period skilled have lagged behind in growth and development on 62 %. Among a livestock of chickens of skilled group of a case was more on 53 % on comparisons with the control. At chickens the exhaustion, a diarrhea was observed. Chickens of skilled group have fallen at clinical symptoms of a poisoning. At opening corpses of falling chickens the hemorrhage in mucous membranes of a gastro enteric path was revealed. In tubular his bones diafiz and apifiz the ends there were thickenings with aqueous consistence's [1-3].

It is established, that samples of a productive solution of uranium possess high toxicity and cause destruction of experimental animals with infringement biochemical and hematology of parameters of blood.

Уран является природным, повсеместно распространенным тяжелым металлом, находящееся в различных химических формах во всех видах почвы, скальных породах, в морях и океанах.

При добыче урана методом скважинного подземного выщелачивания под действием выщелачивающего раствора идет не только химические процессы по растворению урана, но и одновременно происходит процесс распада и превращения его. Видимо этот процесс происходит по образованию всех известных четырех ряда радиоактивных изотопов. Свидетельством служит образования прямых продуктов распада урана в желтом кеке радона, террона и других радиоактивных веществ[3-5].

На организм радиационно-токсическим действием обладает не только уран, но и продукты его распада.

Концентрат природного урана является высокотоксичным продуктом. Уран обладает отдаленным последствием, влияющие негативно на многие виды обмена веществ[1]. Установлено содержание его в организме человека до 90 мкг. Природные изотопы обладают неодинаковой токсичностью.

В настоящей работе мы поставили задачу изучить влияние продуктивного раствора урана на некоторые биохимические и гематологические показатели крови цыплят и перепелат.

В опыте использовали продуктивный раствор урана с содержанием 36,4 мг/кг, гамма излучающей активностью 47 мкР/час.

В эксперименте использовали дозу урана внутрь 100 мг на 1 кг массы тела.

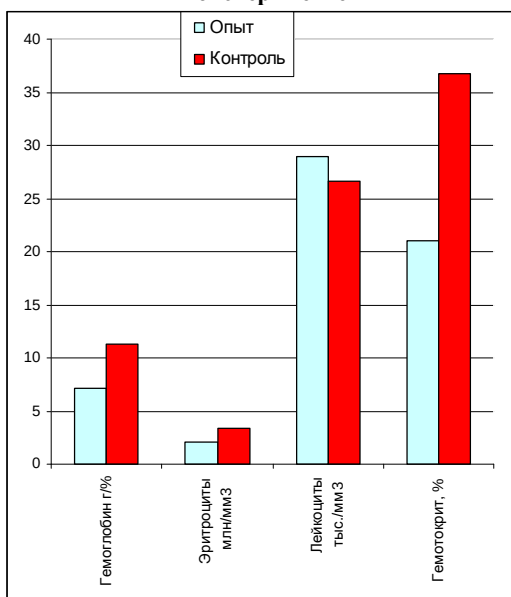
В продуктивном растворе урана определяли содержание сухого вещества, и содержания изотопов урана (общепринятыми методами исследований).

Эксперименты по влиянию на биохимические и гематологические показатели крови проводили на цыплятах-бройлерах, и на перепе-

лах которых с суточного возраста выращивали на клеточных батареях в сообществах по 50 голов в условиях отвечающих требованию. Кормили вволю сухими кормосмесями, приготовленными в соответствии с "Рекомендациями по нормированному кормлению сельскохозяйственной птицы" (1996), рецепты № ПК 5-2; № ПК 6-1. Поили цыплят вволю водопроводной водой из автопоилок. Условия микроклимата соответствовали зооигиеническим требованиям.

Диаграмма 1

Некоторые биохимические и гематологические показатели крови цыплят в эксперименте



При проведении опытов изучали следующие показатели:

-сохранение поголовья, причины отхода, массу тела - еженедельно до конца опыта, потребление корма, затраты корма на 1 кг прироста массы тела определяли общепринятыми в птицеводстве методами.

После применения продуктивного раствора брали кровь из под крыльевой вены и в крови определяли содержания гемоглобина, количество эритроцитов, лейкоцитов и лейкоцитарной формулы, содержание кальция и фосфора (Общепринятыми методами исследования).

Применения продуктивного раствора у подопытных птиц на пятый день вызвал клинические симптомы отравления и гибель в группах. У оставшихся в живых птиц в крови было установлено изменения биохимические и гематологические. Недельном возраста цыпленка опытной



группы отставали в росте развитии в сравнении с контрольной группой на 30 % и в конце опытного периода опытные отстали в росте и развитии на 62%. Среди поголовья цыплят опытной группы падежа было больше на 53 % по сравнению с контролем. У цыплят наблюдалось истощение, понос. Цыплята опытной группы пали при клинических симптомах отравления. При вскрытии трупов павших цыплят было обнаружено геморрагическое кровоизлияние в слизистых оболочках желудочно-кишечного тракта. В трубчатых костях его диафизарных и эпифизарных концах были утолщения с водянистым консистенциями [1-3].

Установлено, что образцы продуктивного раствора урана обладают высокой токсичностью и вызывают гибель подопытных животных с нарушением биохимических и гематологических показателей крови.

Библиографический список:

1. Тусупбекова С.Т., Свамбаев Е. А., Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г. А., Акмурзаев С.К., Свамбаев А. Влияние токсической дозы урана на содержание DE-а - токоферола и селена в организме. – Материалы VII Конгресс обогатителей стран СНГ, Московский государственный институт стали и сплавов, Москва, 02-04 марта 2009 год.
2. Свамбаев Ж. А. Обеспечение охраны труда при получении пероксида урана – Материалы VII Конгресс обогатителей стран СНГ, Московский государственный институт стали и сплавов, Москва, 02-04 марта 2009 год.
3. Свамбаев Е. А., Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г. А., Свамбаев А. Экономическая эффективность проведения экотоксикологических работ по обеспечению предельно допустимых выбросов в хвостохранилище – Материалы международной научно-практической конференции часть 2, МОиН РК, КазНТУ им. К.И. Сатпаева, институт экономики и бизнеса Алматы 2007 год.
4. Свамбаев Е. А., Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г. А., Кауашев С.К., Свамбаев А. Управление экологической безопасностью при разработке горнорудных месторождений. – Вестник КазНПУ им. Абая, Алматы, Республика Казахстан №3. 2008 г.
5. Свамбаев Ж. А., Свамбаев Е. А., Султанбеков Г.А. Свамбаев А.С., Тусупбекова С.Т. Кауашев С.К., Хайрлиева Н.Г., Джуламанов Т.Д., Тыныбеков Б.Г. Радиоактивность природных вод горнорудных месторождений. МОиН РК Казахская головная архитектурно-строительная академия «ИННОВАЦИОННЫЕ И НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ» Сборник материалов Международной научно-практической конференции 28 – 29 февраль 2008г., Алматы 2008. стр.207-209.



УДК 502.7

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ^{137}Cs В ПОЧВАХ НАРУШЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Свиридова Т.С., Илюхина О.В.

Тульский Государственный Университет, г.Тула, Россия

Центральный регион России принадлежит к регионам с напряженной экологической обстановкой. Это обусловлено высокой концентрацией промышленности, наличием угледобывающих предприятий, а также загрязнением искусственными радионуклидами в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС. Исходной информацией для количественной оценки дозовой нагрузки населения от внешнего и внутреннего облучения являются закономерности, описывающие явления миграции радионуклидов в почве.

Почва является многофазной полидисперсной системой. Процессы переноса радионуклида в почвенном слое, представляющем собой открытую термодинамическую систему, можно изобразить в виде функциональной схемы. Основными структурными элементами этой термодинамической системы являются твердая фаза (ТФ) и почвенный раствор (ПР). Миграция радионуклида происходит за счет его перемещения в твердой фазе под действием градиента концентраций сорбированного вещества и конвективно-диффузионного переноса в почвенном растворе.

Важнейшим структурным блоком рассматриваемой термодинамической системы является растительная масса, которая, как правило, выводит радионуклид из подсистемы «ТФ – ПР»[1].

Механическое нарушение структуры почвы происходит при ее вспашке, что равносильно периодическому усреднению концентрации радионуклида по глубине обрабатываемого почвенного слоя. Если коэффициент диффузии почвенного слоя, контактирующего с пахотным слоем, значительно ниже чем у почвы нарушенной структуры, то подстилающий слой можно, в первом приближении, считать непроницаемым. На возделываемых посевных площадях, для которых это допущение справедливо, динамика концентрации цезия будет описываться уравнением следующего вида:

$$d \mathbf{p} [\text{Cs}] \mathbf{f} / dt = -\Lambda_n \mathbf{p} [\text{Cs}] \mathbf{f} \quad (1)$$

где $\langle [\text{Cs}] \rangle$ – средняя концентрация ^{137}Cs в пахотном слое; Λ_n – константа скорости изменения содержания радионуклида в пахотном слое.



Среднюю концентрацию ^{137}Cs в пахотном слое можно определить следующим образом:

$$p [Cs] f = p C f + a \quad (2)$$

где $\langle C \rangle$ – средняя концентрация ^{137}Cs в ПР пахотного слоя почвы; a – значение сорбции ^{137}Cs [1].

Следовательно, миграция радионуклида будет представлять собой совокупность одновременно протекающих процессов, к которым относятся процессы сорбционного обмена между ТФ и ПР, естественного радиоактивного распада и обменные процессы между растительной массой и ПР. Из простейших балансовых соотношений, вытекающих из закона сохранения массы, следует система уравнений, описывающая совокупность этих процессов,

$$da/dt = l_3 [a_p (p C f) - a] - l_1 a \quad (3)$$

$$d p C f / dt = \text{Sign}(a_p - a) K_c (p [Cs] f - a) - (l_1 + l_2) p C f \quad (4)$$

где $\text{ar}(\langle C \rangle) = K_d \langle C \rangle$; $\text{Sign}(\text{ar} - a) > 0$ при сорбции радионуклида твердой фазой; $\text{Sign}(\text{ar} - a) < 0$ при десорбции радионуклида из твердой фазы; K_c – константа скорости изменения концентрации ^{137}Cs в ПР; ar – равновесная сорбция ^{137}Cs ; λ_1, λ_2 – константы скорости процессов естественного радиоактивного распада радионуклида и его выведения из почвы растительной массой; λ_3 – константа скорости процесса сорбционного обмена ^{137}Cs в почве; K_d – коэффициент распределения ^{137}Cs между ТФ и ПР.

Введем следующее обозначение: $K_c^* = \text{Sign}(\text{ar} - a) K_c$, тогда уравнение (4) можно переписать в виде

$$d p C f / dt = [K_c^* - (l_1 + l_2)] (p [Cs] f - a) \quad (5)$$

Выразим из уравнения (5) долю цезия, находящегося в ТФ, как функцию общего содержания цезия в почве и скорости изменения его содержания в ПР

$$a = p [Cs] f - [K_c^* - (l_1 + l_2)]^{-1} d p C f / dt \quad (6)$$

а затем, используя промежуточные результаты (5) и (6), выразим концентрацию радионуклида в ТФ через его содержание в ПР и в итоге, получим следующее уравнение второго порядка:

$$d^2 p C f / dt^2 - k_1 d p C f / dt - k_2 p C f = k_3 p [Cs] f \quad (7)$$

где k_1, k_2, k_3 – параметры, зависящие от кинетических коэффициентов уравнений (1), (2), (5).

Параметры уравнения (7) определяются по формулам:

$$k_1 = l_1 + l_3 \quad (8)$$

$$k_2 = l_3 K_d [K_c^* - (l_1 + l_2)] \quad (9)$$

$$k_3 = [K_c^* - (l_1 + l_2)](l_1 + l_2 + \Lambda_n) \quad (10)$$

Уравнения (1) и (7) необходимо решить для следующих начальных условий:

$$\begin{aligned} \mathbf{p} \mathbf{C} \mathbf{f} \big|_{t=0} &= \mathbf{p} \mathbf{C} \mathbf{f}_n = const, \\ d \mathbf{p} \mathbf{C} \mathbf{f} / dt \big|_{t=0} &= 0 \\ \mathbf{p} [Cs] \mathbf{f} \big|_{t=0} &= \mathbf{p} Cs \mathbf{f}_n = const \end{aligned} \quad (11)$$

где $\langle C \rangle_n$, $\langle [Cs] \rangle_n$ – начальные значения концентраций ^{137}Cs в ПР и рассматриваемом почвенном слое в целом [2, 3].

Решение уравнений (1) и (7) для условий (11) имеет вид:

$$\begin{aligned} \mathbf{p} \mathbf{C} \mathbf{f} &= \mathbf{p} \mathbf{C} \mathbf{f}_n \left\{ (a-b)^{-1} [a \exp(-at) - b \exp(-bt)] - \right. \\ &\quad \left. k_1 (b-a)^{-1} [\exp(-at) - \exp(-bt)] \right\} - \\ k_3 \mathbf{p} Cs \mathbf{f}_n &[(a-b)(b-\Lambda_n)(\Lambda_n-a)]^{-1} * \\ &[(b-\Lambda_n) \exp(-at) + (\Lambda_n-a) \exp(-bt) + (a-b) \exp(-\Lambda_n t)] \end{aligned} \quad (12)$$

$$\text{где } a = 0,5k_1 + (0,25k_1^2 - k_2)^{0,5}; \quad b = 0,5k_1 - (0,25k_1^2 - k_2)^{0,5}$$

Вычислим производную функции (12)

$$\begin{aligned} d \mathbf{p} \mathbf{C} \mathbf{f} / dt &= - \mathbf{p} \mathbf{C} \mathbf{f}_n \left\{ (\alpha-\beta)^{-1} [\alpha^2 \exp(-at) - \beta^2 \exp(-\beta t)] - \right. \\ &\quad \left. k_1 (\beta-\alpha)^{-1} [\alpha \exp(-at) - \beta \exp(-\beta t)] \right\} - \\ k_3 \mathbf{p} Cs \mathbf{f}_n &[(\alpha-\beta)(\beta-\Lambda_n)(\Lambda_n-\alpha)]^{-1} * \\ &[\alpha(-\Lambda_n) \exp(-at) + \beta(\Lambda_n-\alpha) \exp(-\beta t) + \Lambda_n(\alpha-\beta) \exp(-\Lambda_n t)] \end{aligned} \quad (13)$$

Таким образом, используя соотношения (6) и (13), получим расчетную формулу для определения средней концентрации ^{137}Cs , находящегося в сорбированном состоянии

$$\begin{aligned} a &= \mathbf{p} Cs \mathbf{f}_n \exp(-\Lambda_n t) - [K_c^* - (l_1 + l_2)]^{-1} * \\ &\left\{ \left[\mathbf{p} \mathbf{C} \mathbf{f}_n \left\{ (a-b)^{-1} [a^2 \exp(-at) - b^2 \exp(-bt)] - \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. k_1 (b-a)^{-1} [a \exp(-at) - b \exp(-bt)] \right\} - \right. \\ &\quad \left. k_3 \mathbf{p} Cs \mathbf{f}_n [(a-b)(b-\Lambda_n)(\Lambda_n-a)]^{-1} * \right. \\ &\quad \left. \left[(a(b-\Lambda_n) \exp(-at) + b(\Lambda_n-a) \exp(-bt) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \Lambda_n(a-b) \exp(-\Lambda_n t)) \right] \right] \right\} \end{aligned} \quad (14)$$



Тогда для расчета среднего содержания ^{137}Cs в пахотном слое можно воспользоваться формулой (2), где слагаемые должны определяться по формулам (12) и (14). Результаты вычислительных экспериментов качественно и количественно совпадают с данными натурных наблюдений. При этом установлено, что интенсивность снижения концентрации ^{137}Cs , содержащегося в пахотном слое, зависит как от вида сельскохозяйственных культур, выращиваемых на рассматриваемых площадях, так и от общей урожайности. Разумеется, что внесение удобрений и поступление промышленных загрязнителей в почву также приводит к изменению параметров, входящих в зависимости (12) и (14), и, как следствие, этого вида воздействия на пахотный слой, происходят изменения динамических характеристик содержания радионуклида.

Библиографический список

1. Свиридова Т.С. Исследование миграции ^{137}Cs в почве для совершенствования методики прогноза доз облучения населения, проживающего в зоне радиоактивного следа аварии на ЧАЭС, ТулГУ, Тула, 1996, с.175.
2. Соколов Э.М., Качурин Н.М., Кузнецов А.А., Свиридова Т.С. Система имитационного моделирования радиоэкологической ситуации на территориях, пострадавших от аварии на ЧАЭС. // Известия ТулГТУ. Серия: "Экология и безопасность жизнедеятельности." / ТулГТУ. - Тула. 1994. - С. 93-10
3. Качурин Н.М., Кузнецов А.А., Свиридова Т.С. Физическая модель и математическое описание миграции радионуклида в почвенном слое.// Известия ТулГТУ. Серия: "Экология и безопасность жизнедеятельности." / ТулГТУ. - Тула, 1994. - С. 68-75.



УДК 622.012.2: 628.5.05

ВРЕДНОЕ ВЛИЯНИЕ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Рожков В.Ф.

Тульский государственный университет, Россия

В работе дана краткая характеристика породугольного отвала как источника загрязнения атмосферы. Приведены некоторые количественные показатели загрязнения атмосферного воздуха вредными газами и пылью для шахт Подмосквовного, Печорского, Челябинского бассейнов.

Техническое совершенствование угольной промышленности характеризуется созданием новых горно-добывающих и перерабатывающих производств на базе перспективных месторождений бурых и каменных углей, расположенных в различных природно-климатических зонах страны.

Непрерывный рост энерговооруженности экономики, и сокращение запасов жидкого и газообразного топлива потребует увеличения поставок твердого топлива. Добыча этого вида топлива связана с увеличением выработки отходов добычи и обогащения углей. Выдача горной массы на всех технологических звеньях угольных предприятий привела не только к росту добычи угля, но также и к значительному росту выдаваемой с горной массой породы. Общее количество породы, выдаваемой на поверхность из шахт, непрерывно возрастает.

При этом масса отходов увеличивается не пропорционально росту добычи угля и объему его переработки, а более быстрыми темпами, (обусловленными ухудшением горно-геологических условий угольных месторождений), что в свою очередь, приводит к усилению отрицательного воздействия на окружающую среду и проявляется в загрязнении водных источников, атмосферного воздуха, почвы твердыми, жидкими и пылегазообразными отходами в количествах, зачастую во много раз превышающих предельно допустимые концентрации (по данным [1] вблизи горящего породного отвала концентрация окиси углерода в 46,6, сернистого ангидрида 1,2 раза выше установленных санитарных норм, а превышение ПДК по пыли достигает 54 раз [2]). Все это нарушает сложившуюся экологическую сбалансированность природной среды, вызывая необходимость проведения специальных природозащитных мер.

Основными источниками загрязнения воздушного бассейна в угольной промышленности являются промышленные и коммунально-бытовые котельные, сушильные установки обогатительных фабрик, аспирационные системы предприятий и горящие породные отвалы. Из этих источников ежегодно в атмосферный воздух выбрасывается значительное количество твердых и газообразных вредных веществ.

Ухудшение физических и химических свойств атмосферного воздуха на территории, прилегающей к предприятиям угольной промышленности, отрицательно сказывается на здоровье людей, их работоспособности и продолжительности жизни. Как следствие ухудшаются технико-экономические показатели и снижается эффективность деятельности как отдельного предприятия, так и отрасли в целом.

Выбросы крупных предприятий угольной промышленности загрязняют атмосферный воздух в радиусе нескольких десятков кило-



метров, угнетающе действуя на растительный и животный мир. Кроме того, предприятия вынуждены нести значительные расходы для компенсации экологического ущерба, наносимого окружающей среде.

Выдача горной массы на всех технологических звеньях угольных предприятий привела не только к росту добычи угля, но также и к значительному росту выдаваемой с горной массой породы. Общее количество породы, выдаваемой на поверхность из шахт, непрерывно возрастает. Кроме того, организованные в районе обогатительных фабрик породные отвалы разрослись на столько, что затраты на их рекультивацию и профилактические мероприятия становятся внушительными.

Следует отметить также, что большую роль в загрязнении воздуха, поступающего в систему вентиляции шахты, играют породные комплексы, основная часть технологической цепочки которых находится на пути движения свежего воздуха. Разрастающиеся породные отвалы создают целый ряд негативных воздействий на окружающую атмосферу.

Формирование породных отвалов осуществляется поступление на них влажной горной массы, при этом происходит прилипание частиц породы друг к другу и к ранее образовавшейся массе. Следовательно, можно сделать вывод, что породные отвалы не должны подвергаться сильной ветровой эрозии. Однако, практически наблюдается значительное выделение пыли в атмосферу. Это объясняется тем, что отдельные участки отвала разрыхляются механическим воздействием на поверхность отвала сбрасываемой породной массой, а также уменьшением прочности поверхностной корки под действием изменяющейся температуры воздуха, атмосферных осадков и самовозгорания отвалов.

Воздействие на поверхность породных отвалов изменяющейся температуры окружающей атмосферы, осадкой, ветра, тепла от окисления угля и углистых пород внутри ствола приводит к разрушению части крупных кусков до размеров пыли. В сухую погоду эти паль ветром сдуваются с отвалов и уносятся на значительное расстояние, загрязняя атмосферу. Как показали замеры[3], на расстоянии 150 м от породных отвалов с подветренной стороны концентрация пыли при скорости ветра 3-3,5 м/с и влажности воздуха 90 % составляет 10-15 мг/м³. На расстоянии 500 метров от породных отвалов (для шахт Подмосковского бассейна) с подветренной стороны выполненными анализами запыленности воздуха установлено, что концентрация пыли при скорости ветра 2,6...5,4 м/с составляет 6,3...13,8 мг/м³.

В связи с тем, что забор свежего воздуха в воздухоподающие стволы производится с территории поверхностного комплекса шахт, запыленность вентиляционных струй может значительно превышать

предельно допустимую концентрацию. Например, В.А.Меркулов [4] указывает, что в поступающем для проветривания 36 шахт Донбасса воздуха, запыленность составляла 20-60 мг/м³, а по некоторым стволам воздух поступал с запыленностью до 90 мг/м³.

Загрязнение воздуха на промплощадке еще более увеличивается, если отвал горит. Он загрязняет воздух пылью и продуктами горения, содержащими вредные и ядовитые газы. Последние могут достигать опасных концентраций не только в непосредственной близости от самих отвалов, но и на расстоянии 2-3 км от них. Угольное предприятие, как и любое другое, выделяющее вредные вещества, имеет санитарно-защитную зону шириной 500 м. Определение максимально разовых концентраций вредных веществ (СО₂ и SO₂) на шахтах Подмосковского бассейна в воздухе на границе СЗЗ показало, что концентрация оксида углерода нередко превышает допустимую для населенных пунктов в 3...4 раза.

На породных отвалах при их горении могут происходить взрывы. Известно, что взрывам на горящих отвалах часто сопутствуют различным деформациям – оползням, обрушениям, обвалам. В большинстве случаев эти явления наблюдаются во время сильных ливней, которые не только способствуют возникновению деформаций, но и вызывают усиленное образование водорода. При движении больших масс породы, а при крупных деформациях они могут измеряться десятками тысяч кубометров, при этом высвобождаются огромные массы горючих газов, заполняющих пустоты и полости отвалов. Смешиваясь с воздухом, эти газы образуют взрывчатую смесь – условие для сильного взрыва.

Таблица 1

Концентрация вредностей, выделяющихся от очагов горения

№ п/п	Угольный бассейн	Площадь горения, м ²	Скорость ветра, м/с	Средняя концентрация вредных газов, г/м ³			
				СО	SO ₂	H ₂ S	CO ₂
1	Подмосковный	84...180	1,6...1,7	2,1-7,0	0,08-0,3	0,3...0,5	9,4-13,9
2	Печорский	148...888	2,6...2,9	1,6-2,0	-	0,03...0,2	14,6-21,7
3	Челябинский	348	2,67	1,4	0,0012	0,029	5,3

На угледобывающих предприятиях отвалообразование связано с проведением вертикальных выработок, выработок околоствольного двора, штреков главного направления, выработок с большим включением пустых пород и выдачи горной массы от поддирки и крепления



действующих выработок. Технологические отходы составляют значительную долю общего транспортного потока. В среднем доля отходов, удаляемых в отвал, составляет 5 – 12% добычи.

В процессе хранения породной массы происходит окисление горючих компонентов, накопление тепла в процессе низкотемпературного окисления, разогрев определённой части отвала и возгорание. Степень загрязнения воздушной среды породными отвалами зависит от их количества и расположения, объёма складываемой породы и её окислительной активности, от формы отвала и эффективности профилактической обработки, от содержания горючих компонентов и серы в отвале, влажности отвальной массы и её гранулометрического состава.

Интенсивность горения породных отвалов оценивается концентрацией выделяющихся газов и размером площадей горения. Качественное опробование вредных газов показало, что над очагом и в составе выделяющихся газов присутствуют диоксид и оксид углерода, диоксид серы и сероводород (табл. 1). Различные значения газовыделения свидетельствуют о том, что процесс самовозгорания, и как следствие его, процессы газовыделения характерны для данного отвала.

Выделившиеся газы с очагов горения переносятся ветром на значительные расстояния. Проведенными исследованиями установлено, что максимальная концентрация вредностей, превышающая ПДК в несколько раз, наблюдалась на расстоянии 200 м от подошвы отвала.

Об уровнях загрязнения атмосферы дают представление данные, приведенные в табл.2.

Газовая обстановка на промплощадках угольных шахт изменяется во времени и определяется как наличием и интенсивностью очагов самовозгорания на отвалах, так и направлением движения воздушных масс. При направлении ветра от горящего отвала к шахте, ядовитые газы, образовавшиеся при горении отвала, могут загрязнять воздух промплощадок шахт и попадать в воздухоподающие стволы и отсюда распространяться по сети подземных выработок, причём в ряде случаев концентрация этих газов сопоставима с нормами ПДК или даже превышает их. Так, по данным А.П.Степеля [5], загрязнение атмосферного воздуха диоксидом серы при горении конического отвала превышало ПДК в 4,4 раза у подошвы отвала и в 1,9 раза на удалении 2 км от него. Наибольшее превышение допустимого загрязнения воздуха оксидом углерода (в 4,2 раза) установлено на расстоянии 200 м от подошвы отвала. Замеренная на рабочих местах отвала концентрация оксида углерода в 46,6, диоксида серы 1,2 раза выше установленных санитарных норм.

Отбор проб воздуха в воздухоприемнике вентилятора главного проветривания на шахтах Подмосковного бассейна показал, что при ветре, совпадающем по направлению «отвал-ствол», концентрация оксида углерода, диоксида серы, как правило, выше ПДК для рабочих мест в шахтах в 1,5...2 раза.

Таблица 2

**Уровни загрязнения атмосферы вредными газами
от породных отвалов**

№ п/п	Угольный бассейн	Вредное вещество	Концентрация на расстоянии 200 м от отвала	ПДК, мг/м ³	Концентрация в ПДК
1	Подмосковский	CO	25,1...28,4	1,0	25,1...58,4
		SO ₂	0,34...0,55	0,05	6,8...11,0
2	Печорский	CO	4,2...25,0	1,0	4,2...25,0
3	Челябинский	CO	6,0...33,7	1,0	6,0...33,7

Негативные воздействия отсыпаемых на поверхности породных отвалов на окружающую среду ставят в ряд два основных актуальных направления в совершенствовании ведения породного хозяйства шахт. Первое из них - утилизация породы из уже имеющихся отвалов и полный отказ от их отсыпки в прилегающих к населенным пунктам районам. Второе - это снижение выдачи породы на поверхность и ее размещение в выработанном пространстве шахт. Первое направление предотвращения вредного воздействия породных отвалов на окружающую среду - это разборка терриконов и вывоз породы за пределы промышленных площадок шахт и населенных пунктов. Породу следует утилизировать и использовать для строительных и дорожных работ, для отсыпки дамб и плотин, для получения заполнителей для бетона и приготовления удобрения. Переработка шахтной породы, основанная на индустриальной базе, позволит ликвидировать отвалы на поверхности шахт.

Полное прекращение выдачи породы из шахты в настоящее время еще невозможно из-за отсутствия эффективных технико-технологических решений ведения закладочных работ в шахте. Однако для полной ликвидации вредных воздействий породных отвалов на окружающую среду необходимо принимать более кординальные меры для тушения всех горящих отвалов и складирования отвальной массы, поступающей из шахт и обогатительных фабрик в плоские отвалы со строгим соблюдением регламентированного комплекса работ по профилактике ее самовозгорания.

В качестве текущей меры следует считать снижение размера потерь угля в отвальной массе, являющегося одним из основных источни-



ков ее самовозгорания и образования вредных и ядовитых газов загрязняющих атмосферный воздух.

Библиографический список:

1. Стельмах А.П., Фридман И.С. Исследование загрязненности атмосферного воздуха продуктами горения породных отвалов//Борьба с газом, пылью и выбросами в угольных шахтах.- Макеевка-Донбасс.:1970.- Вып.6.- С.20-24.
2. Волохов М.И., Трусков Ю.В. О запыленности воздуха поступающего в шахты//Труды ин-та горного дела АН. Каз. ССР.- Вып.23.-1966.- С.102-103.
3. Маковей Ф.И., Бачурин Э.Ф. Охрана окружающей природной среды в угольной промышленности.- М.: ЦНИИУголь, 1980.- 16 с.
4. Меркулов В.А. Охрана природы на угольных шахтах.- М.: Недра, 1981.-178 с.
5. Стельмах А.П., Фридман И.С. Исследование загрязненности атмосферного воздуха продуктами горения породных отвалов//Борьба с газом, пылью и выбросами в угольных шахтах.- Макеевка-Донбасс.:1970.-Вып.6.-С.20-24.



УДК 502.36

ИССЛЕДОВАНИЕ РАССЕИВАНИЯ И ОСЕДАНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ НА ПОВЕРХНОСТИ С УЧЕТОМ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА

Симанкин А.Ф., Береснева А.А.

Тульский государственный университет, Россия

Исследование рассеяния примесей в атмосфере стало одной из актуальных задач в связи со все возрастающим вниманием к проблеме охраны окружающей природной среды. Решение этой задачи связано с учетом многих факторов, влияющих на рассеяние примесей в атмосфере. К ним относятся метеорологические условия, тип источника, свойства примесей и др. Значительный интерес представляет изучение выноса в атмосферу и рассеивание тяжелых (имеющих собственную скорость осаждения) частиц (например, пыль) естественного и промышленного происхождения.

Проблема математического моделирования атмосферных процессов – одна из центральных при решении многих практических и теоретических задач прогноза ее состояния, изучения и оценки влияния результатов деятельности человека на окружающую среду. Основное требование к этим моделям заключается в том, чтобы они были относительно просты и в то же время учитывали наиболее существен-

ные факторы, определяющие перенос загрязняющих веществ. В идеальном случае модель должна быть настолько общей, чтобы для всех практически возможных задач ее можно было применять без изменений.

Выбор вводимых параметров и корректировка моделей в применении к конкретной ситуации зависит от характеристик исследуемой области, района ее расположения и условий выброса. Таким образом, выбор подходящей модели или необходимого сочетания моделей для конкретной площадки и конкретных условий выброса нужно основывать на тщательном изучении площадки и характеристик источников загрязняющих веществ, значимых с точки зрения дисперсии.

После того, как примеси попадают в воздух, характер их перемещения и дисперсии определяется их собственными физическими свойствами и свойствами атмосферы, в которых они находятся. Выбросы проникают в атмосферу с определенной скоростью и температурой, которые обычно отличаются от соответствующих характеристик окружающей среды. Движение выбросов имеет вертикальную составляющую, обусловленную начальной вертикальной скоростью потока и разницей температур, до тех пор, пока не исчезнет воздействие этих факторов. Этот вертикальный подъем выбросов называют подъемом шлейфа. Он приводит к изменению эффективной высоты H точки выброса. На путь распространения выброса воздействуют также изменения потоков вблизи таких препятствий, как здания и сооружения.

Движение потока под действием ветра в течение и после подъема шлейфа называется переносом.

Турбулентное движение атмосферы вызывает произвольное движение выброса, приводящее к его распространению в горизонтальном и вертикальном направлениях за счет смещения с воздухом. Этот процесс называется атмосферной диффузией.

Комбинация переноса и диффузии называется атмосферной дисперсией. Модели, описывающие эти процессы, называют моделями атмосферного переноса-диффузии или моделями атмосферной дисперсии.

Выброс на стадии подъема шлейфа, переноса и диффузии может также испытывать воздействие таких процессов, как:

- 1) химическая трансформация примесей;
 - 2) радиоактивный распад и накопление дочерних продуктов;
 - 3) влажное осаждение:
- дождь или снег (пар или аэрозоль попадают в капли воды или снежинки в облаке и выпадают в виде осадков);



- вымывание (пар или аэрозоль захватываются ниже дождевого облака падающими осадками);
- туман (пар или аэрозоль попадают в капли воды в тумане);
- 4) сухое осаждение:
 - седиментация аэрозолей или гравитационное осаждение (для частиц с диаметром более 10 мкм);
 - отложение аэрозолей и адсорбция паров и газов на предметах, находящихся на пути ветра;
- 5) образование и слипание аэрозолей.

Большую часть этих эффектов можно описать математически и при необходимости включить в математические модели.

Модели распространения примесей в атмосфере

В России широко распространенной нормативной моделью, предназначенной для расчета мажорантных полей концентраций, соответствующих определенной заданной вероятности их превышения, является модель ОНД-86 (Методика расчета..., 1987). Вычисленное с ее помощью значение концентрации для заданного расстояния от источника и параметров выброса при сравнении с данными измерений за длительный период (например, годовой ряд) соответствует 98 процентиллю функции распределения измеренных концентраций, т.е. превышает только в двух процентах случаев (М.Е. Берлянд, 1975).

За рубежом, однако, более широко используются модели атмосферой диффузии, предназначенные для расчета поля «актуальных» концентраций, соответствующих заданному набору определяющих метеорологических параметров, которые относятся к данному моменту времени (интервал осреднения составляет 20 мин - 1 час). Разработчиками предполагалась возможность использования этих моделей для вычисления ежечасных, ежедневных полей концентраций для определения затем среднегодовых, максимальных значений и т.д. Тестирование таких моделей обычно проводится по данным трассерных экспериментов для точечного источника с использованием сопоставления отдельных расчетных и измеренных значений для данной точки (С. Ханна, 1988; Ю^А Никмо, 1999; Р^и Пайн, 1998). При таком подходе расхождение между единичными вычисленными и измеренными значениями может составлять несколько порядков и оценка качества модели, выполненная на основе таких сравнений, представляется мало убедительной.

Сравнение моделей распространения загрязнений в атмосфере [2]

Гауссова модель широко используется для определения локальной дисперсии. Рассматриваемая модель, аналитическое решение которой получено для стационарного и нестационарного распределений,

создана на основе представлений Гаусса о статистических распределениях.

При этом рассматривают некоторое множество частиц вещества, выбрасываемых из точечного источника.

Модели, основанные на статистических представлениях, нашли широкое применение в геоинформационных моделях. Однако условия однородности и устойчивости атмосферы, используемые при выводе этих моделей, как правило не выполняются, особенно, на больших расстояниях, при большом времени транспорта и над местностью, имеющей сложный рельеф.

Транспортная модель допускает изменение поля ветра, турбулентный характер распространения примесей, сухое и влажное осаждение, химические реакции между компонентами загрязнений, а также принимает во внимание класс устойчивости атмосферы, учитывает сложность рельефа местности и позволяет производить расчет для нескольких одновременно включенных источников загрязнений.

Транспортная модель основана на системе уравнений, описывающих перенос загрязнений в атмосфере и выражающих закон сохранения массы загрязнений

Несмотря на то, что для сравнения гауссовых моделей на предмет точности выходных результатов не имеется веских оснований, поскольку каждая модель разрабатывается при различных условиях, налагаемых на высоту источника и шероховатость поверхности, можно попытаться сравнить разброс значений концентрации загрязнений, получаемых с помощью различных статистических моделей, в контексте результатов численного моделирования концентрации загрязнений с использованием транспортной модели. Этот разброс значений (при сохранении общей для всех моделей идеи о закономерности распространения загрязнений) свидетельствует о необходимости тщательного подбора коэффициентов в уравнении переноса загрязнений (в частности, коэффициентов турбулентного перемешивания, аналогичных коэффициентам диффузии), а также тщательной постановки граничных условий при численном моделировании распространения загрязнений у поверхности земли ($z=0$) и для высоких слоев атмосферы.

Чтобы сравнить поведение решения системы со значениями концентрации, полученными из статистических гауссовых формул, на языке С был разработан пакет программ, реализующий гауссовы модели Пасквилла с коэффициентами Пасквилла-Бригса, ASME/BNL, МакЭлроя, Вогта, Пасквилла-Гиффорда, которые рекомендованы МАГАТЭ и которые, являясь стационарными, основаны на гауссовом распределении. [1]



Численные данные, полученные в результате расчетов с использованием пакета, были использованы для визуализации картины распространения загрязнений с помощью графической системы визуализации Visualizer, Ver. 1.00.01 и построения соответствующих графиков зависимости концентрации примесей в приземном слое от расстояния до источника с помощью графической утилиты Show Graph Utility, Ver. 1.00.01.

Для проведения сравнительного анализа распределений концентраций в пространстве и времени рассмотрено стационарное транспортно-диффузионное уравнение для одного компонента при скорости ветра, направленной вдоль оси Ох, и предположении, что $Kx=Ky=Kz=K$:

Результаты расчетов концентрации вредных примесей по гауссовым и транспортно-диффузионной моделям в приземном слое

Таблица 1

Расстояние от источника, км	Концентрация загрязнений мкг/м ³					
	Транспортная модель	Пасквилл - Бригс	ASME/BNL	Пасквилл-Гиффорд	ВОГТ	МакЭлрой
10	70	6,15	12,3	25,12	119	225
20	150	13,8	162	59,6	76,7	116
35	200	15,8	235	70,27	45	57
60	225	14,9	183	61,46	25	28

С точки зрения входных параметров, используемых в модельной задаче, наиболее надежной здесь является модель Паскувилла-Бригса, использование которой официально рекомендуется на расстоянии 100 - 10000 м от источника при шероховатости поверхности $Z_0=10$ см, но реальное использование этой модели распространяется до нескольких десятков километров.

Далее по надежности идет модель ASME/BNL (табл. 1), которая предназначена для оценки уровня концентрации загрязнений на сельской местности ($z_0 = 10$ см) с поднятым над поверхностью земли источником. МАГАТЭ рекомендует использовать эту модель для оценки концентрации на расстоянии до 50 км от источника. Единственным, но в данном случае существенным недостатком здесь является то, что модель ASME/BNL дает ненадежные результаты при низких скоростях ветра <2 м/с.

Модель Пасквилла-Гиффорда (табл. 1) хотя и рекомендуется для использования на плоской поверхности ($z_0=1$ см), но требует поверхностного источника загрязнений, что не соответствует параметрам

модельной задачи. Поэтому результаты вычислений, полученные с использованием этой модели, нельзя считать надежными, хотя, как видно из графика, динамика изменения концентрации напоминает аналогичные значения, вычисленные по модели Пасквилла-Бригса.

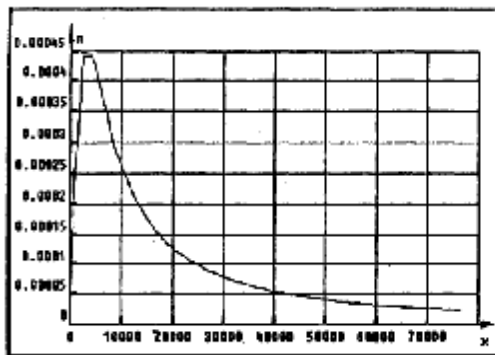


Рис.1 Модель МакЭлроя. Зависимость концентраций примесей при $y=0, z=0$ от расстояния до источника

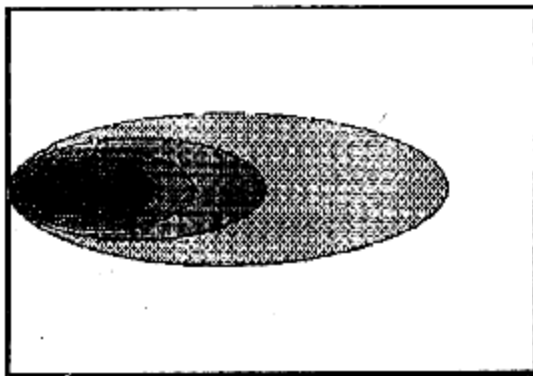


Рис. 2 Модель МакЭлроя. Распространение загрязнений в приземном слое

Модель Вогта (табл. 1) наиболее подходит для использования с поднятым источником на местности с $Z_0=1$ см на расстоянии от источника до 10 км. Поэтому результаты вычислений по этой модели в данном случае также не могут считаться надежными.



Данные эксперимента



Рис. 3 Изменение концентраций железа в почве по данным 2-х экспериментов



Рис. 4 Изменение концентраций цинка в почве

Модель МакЭлроя (табл. 1) МАГАТЭ рекомендует использовать для источников, расположенных близко к поверхности земли. Высота трубы в модельной задаче принимается равной 80 м (ей соответствует =140 м), поэтому источник не может считаться расположенным близко к земле. Кроме того, эта модель предназначена для использования в урбанизированной местности с высокой шероховатостью.

Основываясь на данные эксперимента проведенные в черте города Тулы можно сделать вывод, что целесообразно опираться на модель МакЭлроя.

Библиографический список:

1. Materials of IAEA Meeting , 1987, Chapter 3 p. 26 .
2. Е.А.Самарская, Д.В.Сузан, В.Ф.Тишкин. Построение математической модели распространения загрязнений в атмосфере. Журнал "Математическое моделирование", 1997, т.9, N11, с.59-71.



УДК 613. 63 (075)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОХРАНЫ ТРУДА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СКВАЖИНАХ ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

MAINTENANCE OF A LAB OUR SAFETY AND ECOLOGICAL SAFETY IN CHINKS AT EXTRACTION OF URANIUM BY UNDERGROUND WAY

Орынбек А., Свамбаев А.С.

ТОО FTB "Сотрапу", г. Алматы, Казахстан

The authors of scientific work inform results of research on maintenance of a lab our safety and ecological safety in chinks at extraction of uranium. Practical actions on increase of safety and a lab our safety in chinks at extraction of uranium in opinion of the author is the practical actions directed on perfection of technological processes, development of means of the control and management of technological processes, modernization of the equipment, the organization of safe workplaces of the personnel. It is necessary to give significant attention to actions connected with improvement of physical protection of radioactive dangerous objects.

The basic radiating, toxicological danger at the enterprises underground extractions of uranium are natural atoms uranium - the thorium lines, contained in technological solutions, in finished goods, in radioactive waste products, on a surface of the process equipment, vehicles and packing's [1-3].



In manufacture of uranium use highly toxic substances, such as the concentrated sulfuric acid, hydrogen H_2O_2 , ammonia water c maintenance NH_3 - not less than 25 %.

The technological circuit of reception sour - oxide natural uranium is represented in the following. The solutions acting from uterus sobered after sedimentation from mechanical impurity and after clarification moves in technical unit sonar where it is possible a sulfuric acid and submit through pump down chinks under pressure to uranium horizon where the productive solution of uranium is formed. The productive solution of uranium with the help of deep pumps through откачные chinks acts on unit of reception of a productive solution, then in modular capacity where there is a process clarification, his ambassador moves on sobered to extraction of uranium that is for processing.

On a processing complex the productive solution from modular capacity acts on sobered columns in them occurs sobered uranium from a productive solution on ion exchange pitches or so the sorbent, and then an overload of the sorbent sated with uranium in column disobeyed are named. Uterus sobered the rest after clearing by pitch, moves in sediment bowls of sand uterus sobered.

At the given stage of processing it is made disrobers that is removal of uranium from pitch with the help nitrate sobered solutions and reception eluder in other words commodity disobeyed. Pitch passes procedure de nitrate a solution of a sulfuric acid with the purpose reduction the maintenance nitrate of ions, and then procedure of washing from a sulfuric acid, further pitch is sent back in column sobered. The following stage of processing it of sedimentation. Here there is a sedimentation of uranium from commodity disobeyed then a filtration of a pulp to reception of an intermediate product of a concentrate of natural uranium «yellow concentrate». After processing by organic chemistry yellow concentrate. Receive natural uranium, so-called sour - oxide uranium.

At all stages of a work cycle of work described above in the text is radiating, toxicological and ecological dangerous demanding the special approach. Many experts refer frequently to parameters of measurement of capacity of an exposition doze, and thus in attention activity of a source ionization radiations [3-5] not always undertakes.

Practical value of relative biological efficiency the radiations established for the control of a degree of radiating danger at a chronic irradiation, a so-called weight multiplier or the weighing factor is not taken into account regulated.

Therefore the works connected to processing of productive solutions in particular, and extraction of uranium underground chink in the way alkali as a whole is radiating, toxicological and ecological dangerous process.

На территории Республики Казахстан сосредоточено около 19% достоверно разведанных запасов урана в мире - это составляет порядка 1,5 млн. тонн.

Месторождения урана условно рассматривается в составе шести урановорудных провинций: Шу-Сарысуйская, Сырдарьинская, Северо-Казахстанская (Кокшетауская), Мангышлакская (Прикаспийская), Кендыктас-Чуили-Бетпакалинская (Прибалхашская), Илийская.

В указанных провинциях по стоянию 01.01.2010 года извлечен урана около 10000 тонн и Казахстан, по этому показателю находиться в первом месте в мире. К 2015 году запланировано его добыча 25000 тонн в год.

Основным радиационным, токсикологическим опасностью на предприятиях подземного скважинного выщелачивания урана являются естественные радионуклиды уран – ториевого ряда, содержащиеся в технологических растворах, в готовой продукции, в радиоактивных отходах, на поверхности технологического оборудования, транспортных средств и упаковок [1-3].

В производстве урана используют высокотоксичные вещества, такие как концентрированная серная кислота, пероксид водорода H_2O_2 , аммиак водный с содержанием NH_3 – не менее 25%.

Технологическая схема получения закиси – окиси природного урана представляется в следующем. Растворы, поступающие из маточников сорбции после осаждения от механических примесей и после осветления подается в технический узел закисления где доводится серной кислотой и подают через закачные скважины под давлением в урановый горизонт где формируется продуктивный раствор урана. Продуктивный раствор урана с помощью глубинных насосов через откачные скважины поступает на узел приема продуктивного раствора, затем в сборную емкость, где происходит процесс осветление, его после подается на сорбционное извлечению урана то есть на переработку.

На перерабатывающем комплексе продуктивный раствор из сборной емкости поступает на сорбционные колонны в них происходит сорбция урана из продуктивного раствора на ионообменные смолы или так называемы сорбент, а затем перегрузка насыщенного ураном сорбента в колонны десорбции. Маточники же сорбции, оставшиеся после очистки смолой, подается в отстойники песка маточников сорбции.

На данном этапе переработки производится десорбция то есть снятие урана со смолы при помощи нитратных десорбирующих рас-

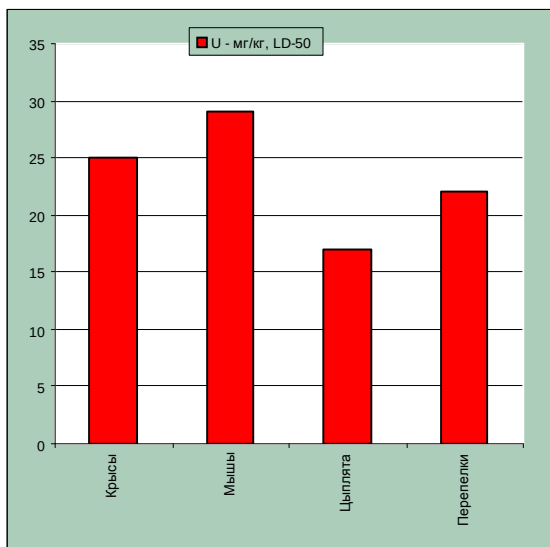


творов и получения элюата иначе говоря товарного десорбата. Сама же смола проходит процедуру денитрации раствором серной кислоты с целью уменьшение содержание нитрат ионов, а затем процедуру промывки от серной кислоты, далее смола отправляется назад в колонны сорбции. Следующий этап обработки это осаждения. Здесь происходит осаждение урана от товарного десорбата затем фильтрация пульпы с получением промежуточного продукта концентрата природного урана «желтого кека». После переработки органикой желтого кека получают природный уран.

На всех этапах технологического цикла работы описанного выше в тексте является радиационным, токсическим и экологически опасным и поэтому требует специального подхода. Многие специалисты ссылаются часто на показатели измерения мощности экспозиционной дозы, и при этом не берется во внимание токсичность [3-5] (диаграмма 1).

Диаграмма 1

Токсичность продуктивного раствора урана



Практически не учитывается регламентированные значение относительной биологической эффективности излучения, установленные для контроля степени радиационной опасности при хроническом облучении, так называемый весовой множитель или взвешивающий коэффициент.

Поэтому работы, связанные с переработкой продуктивных руд в частности, и добыча урана подземным скважинным способом выщелачивания в целом является радиационным, токсикологическим и экологическим опасным процессом.

Библиографический список:

1. Свамбаев Е. А., Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г. А., Свамбаев А., Джуламанов Т. Д. Токсикологические значения отходов при добыче и переработке урана. – Материалы VI Конгресс обогатителей стран СНГ, Московский государственный институт стали и сплавов, Москва, 2007 год.
2. Свамбаев Е. А., Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г. А., Свамбаев А., Джуламанов Т. Д. Особенность обеспечения радиационно-токсикологического контроля при транспортировке урана – Материалы VI Конгресс обогатителей стран СНГ, Московский государственный институт стали и сплавов, Москва, 2007 год.
3. Свамбаев А. «Основы токсикологии» Учебник для вузов. Алматы 2004 г.
4. Свамбаев Е. А., Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г. А., Свамбаев А. Экономическая эффективность проведения экотоксикологических работ по обеспечению предельно допустимых выбросов в хвостхранилище – Материалы международной научно-практической конференции часть 2, МОиН РК, КазНТУ им. К.И. Сатпаева, институт экономики и бизнеса Алматы 2007 год.
5. Свамбаев Е. А., Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г. А., Свамбаев А. Экономическая эффективность проведения экотоксикологических работ по обеспечению предельно допустимых выбросов в хвостхранилище – Материалы международной научно-практической конференции часть 2, МОиН РК, КазНТУ им. К.И. Сатпаева, институт экономики и бизнеса Алматы 2007 год.



УДК 349:007

ОЦЕНКА РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ЗАВЕРШАЮЩЕМ ЭТАПЕ

Пальянова Н. В., Каплунов Ю.В.

*Московская государственная академия им. О.Е. Кутафина,
Задков Д.А.*

*филиал Санкт-Петербургского государственного горного института
(технического университета) «Воркутинский горный институт»*

Прекращение деятельности предприятий приводит к снижению экологической нагрузки и улучшению состояния окружающей среды. Но на накопленные негативные экологические последствия многолетней производственной деятельности накладываются риски



потери контроля над окружающей средой закрывающегося предприятия. Вопросы экологической безопасности определяют необходимость разработки нормативов и методов устранения неблагоприятных экологических процессов.

В соответствии с «Государственной стратегией Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» (1994 г.) в рамках обеспечения устойчивого развития и экологической безопасности явилась реструктуризация угольной промышленности. В целях углубления структурных преобразований в угольной отрасли и усиления их социальной направленности Указом Президента Российской Федерации от 20 ноября 1997 г. «О совершенствовании управления угольной промышленностью» было ликвидировано ОАО «Российская угольная компания» и функции государственного управления отраслью были сосредоточены в Минтопэнерго России.

Одним из направлений реструктуризации угольной промышленности России является закрытие неэффективных производств. Мероприятия по ликвидации организаций угольной промышленности включают в себя [1]:

а) технические работы по ликвидации организаций угольной промышленности:

- работы по ликвидации горных выработок и исключению доступа к ним,

- по демонтажу оборудования,

- сносу зданий и сооружений,

- рекультивации использованных земель,

- ликвидации экологических и иных последствий ведения горных работ;

- обеспечение жизнедеятельности организаций в период ликвидации;

- мониторинг экологических последствий ликвидации угольных (сланцевых) шахт и разрезов;

б) социальная поддержка, предоставляемая увольняемым работникам и другим категориям лиц;

в) разработка (корректировка) и экспертиза проектов ликвидации организаций угольной промышленности.

Шахты начали закрываться с 1994 года. В начальный период закрытия (до 1997 года) практически не контролировались ни динамиче-

ски изменяющиеся параметры окружающей среды, ни преобразования в угольной отрасли, ни в социальной сфере.

«Пиковыми» по количеству закрываемых предприятий, а также по накалу социальной напряженности в углепромышленных регионах, приведшей к массовым голодовкам шахтеров, невыездам из шахт, перекрытию магистральных железнодорожных путей («рельсовые войны») и активному забастовочному движению оказались 1997-1998 годы. Интенсивный рост социальной напряженности в углепромышленных регионах в условиях реструктуризации угольной отрасли обусловили необходимость оперативного принятия системы мер по снижению негативных последствий структурных преобразований.

Во исполнение Указа Президента РФ, в соответствии с одноименным постановлением Правительства РФ от 20.11.1997 г. и приказом Министра топлива и энергетики Российской Федерации от 29 ноября 1997 г. было создано Государственное учреждение по вопросам реорганизации и ликвидации нерентабельных шахт и разрезов «ГУРШ», а с февраля 1998 года приступило к работе Государственное учреждение «СОЦУГОЛЬ». Основные направления деятельности Государственного учреждения «ГУРШ», установленные при его создании, сохраняются на перспективу до 2011.

За период реформ отрасли была прекращена добыча угля с потерей производственной мощности около 70 млн. тонн на 188 шахтах и 15 разрезах. Шахты ликвидировались «мокрым» способом (137 шахт), «комбинированным» (51 шахт) и «сухим» (1 шахта).

Показатели, характеризующие динамику ликвидации шахт и разрезов, представлены на рисунке 1. Техническая ликвидация нерентабельных шахт и разрезов, фактически завершена, что, в свою очередь, обуславливает необходимость завершения 3-го этапа реструктуризации в части окончания технических работ, ликвидации экологических последствий и завершения социальных программ.

Государственное регулирование реструктуризации угольной промышленности включает финансирование мероприятий по реструктуризации угольной промышленности за счет средств федерального бюджета, а также из собственных средств организаций по добыче (переработке) угля. Финансирование мероприятий реструктуризации угольной промышленности России по периодам представлено на рисунке 2.

Как следует из рисунка, большая доля из объема финансирования (около 43%) приходится на реализацию социальных проектов, связанных с содействием гражданам в приобретении жилья. На рекультивацию использованных земель, ликвидацию



экологических и иных последствий ведения горных работ в период 1994-2005 гг. было потрачено значительно больше средств, чем в последующие периоды. Стабильно уменьшается расходование средств на мониторинг экологических последствий ликвидации угольных, хотя это абсолютно недопустимо, так как закрываемые объекты относятся к категории опасных производственных объектов.

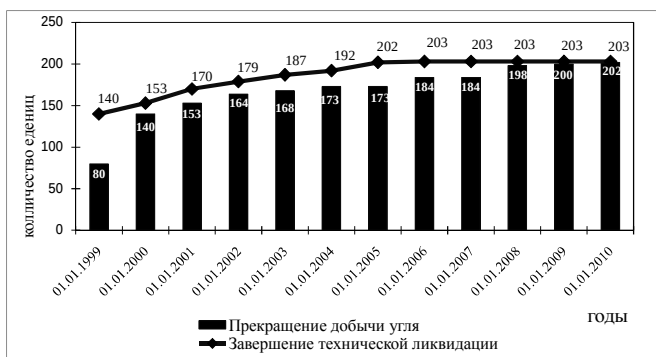


Рис.1. Динамика технической ликвидации угольных предприятий

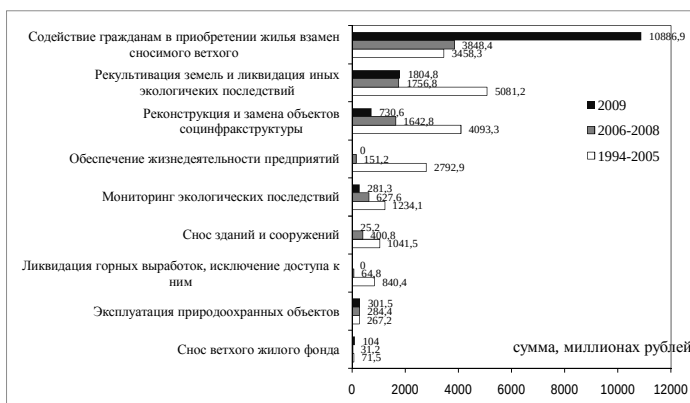


Рис. 2. Анализ распределения бюджетных средств по периодам, млн.руб.

При закрытии угольных предприятий качественно новые экологические проблемы стали проявляться к 2002 году вследствие масштабных природно-техногенных трансформаций, вызванных закрытием шахт методом затопления горных выработок, это:

- нарушение гидрогеологического режима водных и других при-

родных объектов;

- загрязнение и истощение запасов подземных вод питьевого качества;

- нарушение геодезической и маркшейдерской опорной сети;

- активизации геомеханических и геодинамических процессов;

- образование провалов участков земли, разрушение объектов на поверхности;

- выделение из горных отводов вредных и опасных газов и проникновение их жилые застройки.

При этом резко возросли общие затраты на ликвидацию негативных техногенных проявлений. Такие проявления возникали как непредвиденные, и в целях обеспечения безопасных условий жизнедеятельности в районах закрытия угольных предприятий Минэкономики России был вынужден тратить значительные средства на работы по их нейтрализации.

В этих условиях возникла настоятельная необходимость разработки и внедрения в угольной отрасли центров комплексного горно-экологического мониторинга. Центры были ориентированы на устранение неприемлемых (с точки зрения интересов государства и общества) рисков, связанных с угрозой жизни и здоровью людей, а также обеспечение требований Федерального закона «Об охране окружающей среды» [2].

Для оценки влияния ликвидации шахт на окружающую среду, оценки безопасности жилой и производственной зоны вокруг ликвидируемых шахт в 1999-2002 годы были созданы «Центры мониторинга производственной и экологической безопасности»:

1. Кузбасский центр мониторинга (КЦМПЭБ);
2. Центр мониторинга Восточного Донбасса;
3. Уральский центр мониторинга;
4. Приморский центр мониторинга;
5. Центр мониторинга Подмосковский бассейн;
6. Центр мониторинга Сланцевского района;
7. Печерский центр мониторинга (ЦПЭМ).

Массовая ликвидация нерентабельных угольных предприятий, начавшаяся 17 лет назад, осуществлялась практически без разработанной и утвержденной нормативно-правовой базы. Для координации хода ликвидационных работ была образована Межведомственная комиссия по социально-экономическим проблемам угледобывающих регионов (МВК), возглавляемая первым заместителем Председателя правительства. В ее состав вошли руководители Минэнерго России, Госгор-



технадзора России, МПР России, Минтруда России, Минимущества России, Минэкономики России, Минфина России и других ведомств. МВК принимала все принципиальные решения и установила порядок проектирования, согласования и утверждения проектов ликвидации шахт и разрезов в нормативном документе «Эталон проекта ликвидации шахты (разреза)», который и являлся обязательным для проектных институтов и организаций.

Практическое выполнение работ по ликвидации шахт и разрезов осуществляется в соответствии с проектами, разработанными проектными институтами (организациями), имеющими государственные лицензии. На основе утвержденных 118 проектов ликвидации 203 технических единиц разрабатываются, утверждаются и реализуются рабочие проекты. По данным ГО ГУРШ по состоянию на 1 января 2010 года утверждено 1369 рабочих проектов, в стадии разработки и корректировки находятся 46 рабочих проектов. Кроме этого, подготовлено 42 задания на разработку и корректировку рабочих проектов. За период реструктуризации реализовано 1589 объектов.

Влияние процесса массового закрытия угледобывающих предприятий на окружающую среду неоднозначно. Объективных оценок, характеризующих экологическую и эколого-экономическую результативность работ в ходе реструктуризации до настоящего времени нет. Такие результаты еще предстоит оценить. С одной стороны, с прекращением производственной деятельности предприятий прекращаются техногенные воздействия объектов горного производства на окружающую среду. Все это приводит к снижению экологической нагрузки и улучшению состояния окружающей среды. С другой стороны, следует учитывать, что накопленные негативные экологические последствия многолетней производственной деятельности предприятий никуда не исчезают, сохраняются и при закрытии угольного предприятия на них накладываются риски, обусловленные потерей контроля на окружающую среду закрывающегося предприятия.

Третий этап реструктуризации рассчитан до 2011 года, все технические работы по ликвидации 203 угольных предприятиях должны подходить к завершению, однако, анализ ситуации по данным ГУ ГУРШ показывает, что фактически работы по ликвидации не закончены.

На рекультивацию использованных земель, ликвидацию экологических и иных последствий ведения горных работ предусмотрено проектами ликвидации шахт и разрезов финансирование 651 объекта общей сметной стоимостью – 21527,1 млн. рублей. Фактически профинансировано по состоянию на

01.01.2010 498 объектов на сумму 11424,8 млн. руб., что составило 53,1%. Остаток сметной стоимости составляет 10102,2 млн. руб. на завершение 153 объектов, предусмотренных проектами ликвидации шахт. Состояние ликвидационных работ на 01.01.2010 представлено на рисунке 3.

Всего отрекультивировано 4862,2 га нарушенных горными работами земель из 10792 га, предусмотренных проектами ликвидации. Передано землепользователям 3790,6 га земель;

На 2010-2015 годы на ведение мониторинга экологических последствий ликвидации шахт и разрезов предусмотрено 1604,4 млн. рублей. В целом, из оценки ситуации, следует особо обратить внимание на необходимость и после завершения программы реструктуризации:

- обязательного продолжения горноэкологического мониторинга для контроля и своевременного выявления геоэкологически ситуаций, представляющих опасность и прямую угрозу условиям жизни и деятельности населения в районах ликвидированных шахт и разрезов;

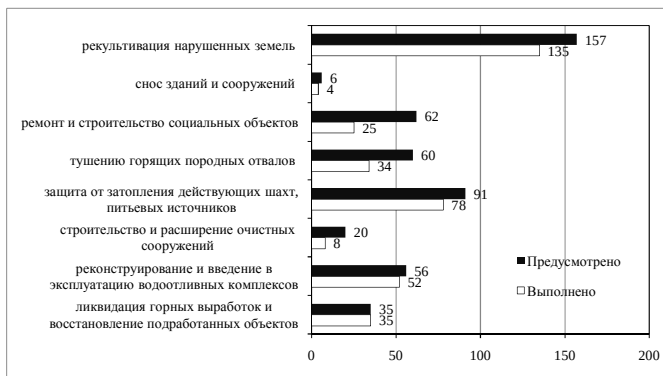


Рис. 3. Выполнение технических работ по состоянию на 01.01.2010 г.

- обеспечения (технического и финансового) эффективной очистки вод и эксплуатации передаваемого на баланс муниципальных администраций шахтерских городов и поселков природоохранного оборудования, комплексов по водоотливу;

- предусмотреть средства на финансирование реконструкции изношенного оборудования и надежной технической оснащенности водоотливных комплексов для защиты населения от аварийных ситуаций, а также предотвращения убытков от возможного затопления подземных выработок в силу перетоков шахтных вод из ликвидируемых в действующие шахты.



Оценивая результаты программы реструктуризации в целом необходимым сказать, что сама программа, методы реализации и принятые решения по её обеспечению являются не бесспорными. Многие закрытые шахты, особенно с дефицитными марками углей (шахты Хальмер-Ю, Юнь-Яга, добывающие до закрытия коксующий, высококачественный уголь), при современной рыночной стоимости 1 тонны угля, были бы рентабельными, сохранили многие потерянные рабочие места и поддерживали топливно-энергетический комплекс страны. Востребованность в углях хаотически добываемых на горных отводах закрытых шахт возросла (разрез Юнь-Ягинский, работающий по выходам закрытой шахты Юнь-Яга, рис. 4) свидетельствует о преждевременности ликвидации многих шахт.



Рис. 4. Разрез Юнь-Ягинский

Кроме того, на стадии завершения реструктуризации мы имеем серьёзные экологические недоработки, а в отдельных регионах (Кузбасс, Восточный Донбасс, Кизеловский бассейн) серьёзные экологические проблемы.

То есть реализация проектов не привела к эффективному решению социально-экономических задач, что требовалось в рамках идеи реструктуризации. Принципиальные отличия горного производства от производств наземных требуют постоянного и специально организованного экологического мониторинга за изменениями в подземной и поверхностной среде, окружающей район ликвидируемых предприятий. При этом особенно актуальными и требующими первоочередного решения являются задачи надежного прогнозирования геодинамических изменений. В этих условиях особое значение приобретают вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения в районах ликвидируемых шахт и

разрезов. Однако по вопросам геодинамической безопасности в районах населенных пунктов на перспективу вообще нет серьезного задела.

Угольная отрасль хозяйствования в результате структурных реформ (1994-2009 гг.) оказалась не вполне подготовленной к обеспечению законодательных требований в части охраны окружающей среды. Такая обстановка может усугубиться и из-за того, что по ряду направлений (например по деминерализации, очистке кислых шахтных вод, надёжному тушению горящих породных отвалов и терриконов) к настоящему времени вообще нет эффективных технических решений, и, соответственно, проверенных промышленных образцов. И, что особенно важно, необходимы усилия в правовой, методической, научно-технической, финансовой, социальной, экологической сфере обеспечения безопасности жизнедеятельности населения при крупномасштабной реструктуризации угольной отрасли России.

Всё это означает, что с возможными социально-экологическими последствиями реструктуризации и экономическими издержками местные органы исполнительной власти могут в дальнейшем, после 2015 года остаться «один на один».

Библиографический список:

1. *Постановление Правительства РФ от 24.12.2004 г. N 840 «О перечне мероприятий по реструктуризации угольной промышленности и порядке их финансирования».*
2. *Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ "Об охране окружающей среды".*



УДК 658.567.1. 621.002

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТХОДОМ ЗЕЛЕННОГО МАСЛА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Комина Е.Н., Макаров В.М.

Ярославский государственный технический университет, Россия

Капустин С.М

ОАО НИИ «Техуглерод», Ярославль, Россия

В данной работе приводится анализ загрязнения нефтепродуктами берега реки Волга в районе бывшего сажевого завода. Дается подробное описание залегающих на территории грунтов. Описывается система мониторинга грунта, подземных и поверхностных вод. Приводится оценка объема находящегося в



почве нефтепродукта, даются рекомендации по очистке грунта и вод от нефтепродукта..

Предлагаемая информация касается залежей отходов зеленого масла на территории бывшего Ярославского сажевого завода. Завод находился на второй надпойменной террасе реки Волга в пределах городской черты г. Ярославля. В настоящее время рельеф поверхности террасы значительно изменен в связи с искусственной планировкой и строительством. Территория завода представляла собой горизонтальную площадку с абсолютными отметками 100 – 104 м. Площадь промплощадки составляла 0,14 км².

Сырьем для производства технического углерода служило так называемое зеленое масло – продукт пиролиза керосина, которое хранилось и сливалось в открытые земляные пруды с неизвестной степенью гидроизоляции [1]. В 1942 году силами военно – воздушного флота Люфтваффе была сделана аэрофотосъемка территории завода. Сажевый завод представлял собой стратегический объект, так как являлся единственным источником сажи (технического углерода) для производства резины таких заводов как РТИ, Шинный завод.

В 140 м от уреза воды была расположена нефтеловушка, которая использовалась в технологии. В результате многолетней эксплуатации хранилища и нефтеловушки на промплощадке сформировался значительный очаг загрязненных нефтепродуктами грунтов и подземных вод. Функционирование завода в течение длительного времени привело к формированию на поверхности значительного объема техногенных отложений, представленных песком, гравием, строительным мусором, техническим углеродом и другими техногенными образованиями. Такое неоднородное строение приповерхностных слоев грунта влияет на неравномерность эрозионных процессов на площади бывшего завода, на гидродинамический режим подземных вод и их связь с поверхностными водами.

Как временное решение, для предотвращения попадания нефтепродуктов с промплощадки в р. Волга, на первой надпойменной террасе с абсолютными отметками поверхности 90-96 м в 1976 г был сооружен линейный дренаж. Он представляет собой траншею протяженностью 1225 м и глубиной 3 м, проходящую вдоль береговой линии на расстоянии 30 – 50 м от уреза воды. В этой дренажной системе во время работы завода должно было происходить отделение нефтепродуктов. Нефтепродукты использовались по назначению, а частично осветленная вода спускалась в Волгу. С перебоями дренаж работал до 90-х годов. В последние годы из-за остановки завода и прекращения систематической откачки загрязненных вод из дренажа он из фильтра пре-

вратился в емкость для накопления нефтепродуктов, став дополнительным источником загрязненных грунтовых вод и реки Волга.

Инженерно – геологическое строение участка бывшего Ярославского сажевого завода сложное. Согласно принятой стратиграфии основными отложениями, встреченными на участке, являются современные, верхне и средне четвертичные, а также осадки ниже – мелового периода.

Техногенные насыпные грунты на территории завода залегают слоем до 0,5 м и представлены местными песками и суглинками с небольшим (до 20%) включением строительного мусора. На первой надпойменной террасе насыпь также состоит из местных песков и реже суглинков, но мощность ее достигает 2,5 м. Кроме этого, они загрязнены техническим углеродом и нефтепродуктами. Вдоль берега р. Волги насыпные грунты состоят из чистых мелких и средней крупности песков, имеющих рыхлое сложение. В южном овраге насыпные грунты представлены строймусором и бытовыми отходами.

Делювиальные отложения встречены в виде маломощных (0,5 – 1,5 м) прослоек суглинков, песков и реже супесей. На площадке завода и склонах преобладают суглинки тугопластичной консистенции, в оврагах суглинки мягкопластичные и пески мелкие, средней крупности, водонасыщенные, средней плотности.

Современный аллювий залегает слоем мощностью до 13,5 м и представлен песками, мощностью до 17 м, с подчиненными прослойками и линзами суглинков, супесей и гравия, часть из которых можно условно отнести к делuviю переотложенной морены.

Пески весьма неоднородны по механическому составу (от пылеватых до гравелистых) и распространению, но в общей массе песков преобладают пылеватые и мелкие разности, которые задают тон физико-механическим и фильтрационным свойствам.

В природном залегании аллювиальные отложения имеют, в основном, плотное сложение; пески насыщены нефтяной эмульсией, простои суглинков – мягкопластичные.

Моренные суглинки и глины встречены на большей части участка на глубине от 0 (на бечевнике) до 18,50 м.

Водно – ледниково – аллювиальные отложения вскрыты в северном и южном участке у реки, на глубине 3,2 – 7,8 м. Отложения представлены песками, в основном, серыми, средней крупности, крупными, плотными, водонасыщенными, в верхних слоях (до 2 м) местами с нефтяной эмульсией. Нижне меловые отложения вскрыты отдельными скважинами на глубине 19,5 – 21,5 м. Они представлены глинами черными, с блестками слюды, плотными, тугопластичными.



Загрязнение грунтов нефтепродуктами наблюдается на большей части завода, а также на склонах, бечевнике и прибрежной части р. Волги. Общая площадь загрязнения около $0,3 \text{ км}^2$. В результате насыщения нефтепродуктами, в грунтах изменились некоторые физико – механические и особенно фильтрационные свойства, последние сильно (до 16 раз) уменьшились.

Для оценки загрязнения на промплощадке бывшего сажевого завода была разработана система мониторинга грунтов, подземных и поверхностных вод. В результате проведенных гидрогеохимических работ было сооружено два типа скважин с установкой фильтра в разные водоносные горизонты – на верхний водоносный горизонт грунтовых вод и на нижележащий меловой водоносный горизонт. В процессе бурения скважин были отобраны на разных глубинах 107 проб на обнаружение нефтепродуктов, 9 проб воды из скважин и в 8 точках отбор проб воды и грунта со дна реки. Исследование проб показало, что грунты на всей территории бывшего сажевого завода загрязнены практически повсеместно. Наибольшее содержание нефтепродуктов отмечается в техногенном слое, где их содержание изменяется от 0,5 до 9,08 г/кг. Наблюдается сложная картина загрязнения пород по вертикали. Повышенное их содержание отмечается в интервалах колебания уровня грунтовых вод, а также по всем скважинам выявлено накопление нефтепродуктов на контактах литологических разностей пород разной проницаемости. Каждому слою определялось средневзвешенное содержание нефтепродуктов, что позволило получить приблизительные ореолы загрязнения грунта на территории бывшего завода. Подсчет количества загрязненного грунта проводился только на территории завода, площадь которой составила $0,14 \text{ км}^2$, что, конечно существенно занижает масштабы загрязнения данной местности. По каждому слою ореол разбивался на расчетные блоки с интервалом в 1 г/кг содержания нефтепродуктов. По каждому расчетному блоку определялась площадь распространения загрязнения, при этом содержание нефтепродуктов в блоке принималось как среднеарифметическое значение. Затем определялся объем и вес загрязненного грунта в блоке, а также количество связанных нефтепродуктов в грунте. Результаты подсчета количества загрязненного грунта представлены в таблице 1.

Из таблицы следует, что на этой территории находится 6,66 млн.т загрязненного грунта, который содержит $16,5 \cdot 10^6$ кг связанных нефтепродуктов. Таким образом, грунт является токсичным и служит постоянным источником загрязнения грунтовых вод. Из дренажных колодцев отмечается перелив воды с нефтепродуктами, которые поступают в Волгу. В отличие от нефтепродуктов, которые все раство-

ряются в хлороформе, в породах не все извлекается хлороформом. Поэтому может происходить, с одной стороны, свободная фильтрация нефтепродуктов вниз по разрезу через пористые породы, с другой, накопление нефтепродукта над труднопроницаемыми глинистыми

Таблица 1

Количество грунта, загрязненного нефтепродуктами, на территории бывшего Ярославского сажевого завода.

Средн. мощность слоя, м	Средне-взвеш. содер. н/п в блоке, г/кг	Площадь загрязнения, м ²	Объем загрязненных грунтов, м ³	Удельн. вес слоя, т/м ³	Вес загрязненных грунтов, т	Кол-во связанных н/п в грунте, кг
Техногенный слой						
1,4	3,5	31400	43960	2,64	116054,4	406190,4
	2,5	29800	41720		110140,8	275352,0
	1,5	35600	49840		131577,6	197366,4
	0,5	46000	64400		170016,0	85008,0
Итого		14280	199920		527788,8	963916,8
Аллювиальный слой						
2,4	5,5	12600	30240	2,66	80438,4	442411,2
	4,5	9200	22080		58732,8	264297,6
	3,5	11200	26880		71500,8	250252,8
	2,5	23000	55200		146832,0	367080,0
	1,5	24800	59520		158323,2	237484,8
	0,5	62000	148800		395808,0	197904,0
Итого		142800	342720	-	911635,2	1759430
Моренный слой						
13,5	8,5	12400	167400	2,68	448632	3813372
	7,5	8000	108000		289440	2170800
	6,5	6800	91800		246024	1599156
	5,5	7200	97200		260496	1432728
	4,5	6800	91800		246024	1107108
	3,5	6400	86400		231552	810432
	2,5	9400	126900		340092	850230
	1,5	11200	151200		405216	607824
	0,5	74600	1007100		2699028	1349514
Итого		142800	1927800	-	5166504	13741164
Всего		142800	2470440	-	6605928	16464510



породами. В последнем случае происходит обогащение смолисто – асфальтовыми фракциями, что обуславливает формирование застойных зон. Таким образом, мы имеем сформированные техногенные залежи углеводородов, которые по законам природы начинают свой круговорот.

В результате анализа грунта на дне реки было обнаружено нефтяное загрязнение, которое произошло в результате выноса нефтепродуктов из моренных отложений грунтовыми водами в аллювиальные отложения реки. Самое сильное загрязнение на территории бывшего сажевого завода по всем слоям четвертичных отложений отмечается на участках расположения земляных резервуаров для сырья и нефтеловушки (пруда - накопителя).

В результате проведенных геологических изысканий были сделаны следующие выводы [2]:

1. В результате многолетней утечки сырья из земляных и металлических емкостей хранения, трубопроводов, верхнее четвертичные аллювиальные отложения до моренных суглинков (глин) оказались пропитанными тяжелыми нефтепродуктами, что приводило к загрязнению реки на рассматриваемом участке.

2. Объем зараженного нефтепродуктами грунта ориентировочно оценивается в – 800 тыс. м³.

3. В овраги и реку Волгу разгружалось в среднем нефтяной эмульсии 44,0 м³/сутки, в которой содержалось до 0,59 м³ нефтепродуктов.

4. Содержание нефтепродуктов в грунтовой воде изменяется от 0,001 до 95 %, то есть имеется эмульсия типа вода – нефтепродукты или нефтепродукты – вода.

5. Содержание нефтепродукта в грунте варьирует от 0,01 до 1,93 % в песках и до 6,7 % в насыпных грунтах на территории завода.

6. Грунт пропитан нефтепродуктами на глубину более 60 м.

7. В грунте содержится от 6 до 16 тысяч тонн нефтепродуктов.

Нефтепродукт, выделяющийся с грунтовыми водами, имеет, очевидно, фракционный состав, отличающийся от исходного. При строительстве Юбилейного моста через Волгу представилась уникальная возможность отобрать пробы грунта из котлована с глубины 10 м, из которого была экстрагирована углеводородная фракция. Углеводородные продукты содержащиеся в ней имели плотность выше единицы и компонентный состав сходный с составом сырья, применяемого для производства технического углерода. Учитывая тот факт, что плотность сырья, используемого на старом сажевом заводе, как правило,

ниже единицы, следует предположить, что при фильтрации дренажных вод через слой грунта вследствие процессов адсорбции – десорбции происходит разделение сложной углеводородной смеси на фракции по групповому химическому составу [3].

В результате гидрогеологических и гидрохимических исследований намечены следующие пути минимизации возможного вреда окружающей среде:

1. Завершение незаконченных работ по геологическим изысканиям с целью определения направления миграции дренажных вод загрязненных нефтепродуктами, чтобы затем выбрать наиболее действенный метод рекультивации земли.

2. Выжигание загрязненной земли.

3. Устройство ряда скважин на зараженных площадях выше дренажной системы и организация откачки углеводородов.

4. Проектирование и строительство установки для выделения из эмульсии нефтепродуктов для очистки водной фазы.

5. Строительство сооружений для очистки водной фазы.

Многоступенчатая схема очистки позволит довести качество загрязненных вод до показателей, позволяющих сброс этих вод в рыбохозяйственные водоемы.

Первая ступень – отстаивание нефтепродуктов. Продуктами этого процесса являются: нефтепродукт – отход зеленого масла и вода с содержанием нефтепродукта до 50-100 мг/л со всем перечнем экстрагированных из нефтепродукта соединений, включая фенол в концентрациях, существенно превышающих допустимые нормы. Система очистки представляет собой емкость – отстойник в который заливается откачанная из дренажной системы эмульсия. Эмульсия с течением времени расслаивается на 2 слоя. Верхний слой – отход зеленого масла, нижний слой – вода с эмульгированным и частично растворенным в ней отходом.

Вторая ступень очистки воды представляет собой флотационную очистку, что позволяет довести концентрацию нефтепродуктов в воде до 1 – 10 мг/л

Третья ступень – очистка воды на фильтрах с сорбирующим наполнителем, который при соответствующем режиме доведет показатели воды до рыбохозяйственных значений. Достоинством данной схемы являются гарантированные показатели качества очищенной воды и очистка воды от канцерогенных соединений.

Библиографический список:

1 Макаров, В.М. *Результаты исследования по проблеме утилизации опасных отходов предприятий Ярославской области* / В.М. Макаров, Филипова О.П.,



Комина Е.Н. // Известия Тульского государственного университета, серия «Науки о Земле». - 2009, вып. 5. – С. 95-99.

2 Комина, Е.Н. Утилизация отходов зеленого масла, выделенных из грунтовых вод / Е.Н. Комина, В.М. Макаров // Шестидесят третья региональная научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием, посвященная 1000-летию Ярославля. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2010. – С.278.

3 Комина, Е.Н. Разработка способа утилизации зеленого масла – опасного отхода производства технического углерода / Е.Н. Комина, В.М.Макаров, С.М.Капустин // Технологии обеспечения безопасности здоровья: Материалы межд. науч.-практ. конф. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2008. – С. 347-349.



УДК 658.567.1. 621.002

УТИЛИЗАЦИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВСЛЕДСТВИЕ ОТДАЛЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ САЖЕВОГО ЗАВОДА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Комина Е.Н., Макаров В.М.

Ярославский государственный технический университет, Россия

Капустин С.М.

ОАО НИИ «Техуглерод», Ярославль, Россия

В данной работе подводятся промежуточные итоги многолетних работ по мониторингу состояния загрязнения нефтепродуктами берега реки Волга в районе территории бывшего сажевого завода. Оценивается эффективность работы заградительной дренажной системы, приводятся результаты анализов проб водной эмульсии из нее на содержание в ней нефтепродуктов и фенолов. Даются рекомендации по экологически безопасным и опробованным на практике способам утилизации опасного нефтепродукта.

В настоящее время общество очень внимательно относится к вопросам охраны окружающей среды. Проведение экологической экспертизы - обязательное условие организации новых производств. Однако, к сожалению, так было не всегда. В эпоху индустриализации в СССР сохранение природы приносилось в жертву повышению скорости и снижению затрат на строительство новых предприятий. Последствия такого подхода мы ощущаем в настоящее время. До сих пор выявляются отходы, которые были образованы в тот далекий период времени, когда охране окружающей среды не уделялось достаточного внимания. В частности это касается отходов зеленого

масла на территории бывшего Ярославского сажевого завода, который был пущен в эксплуатацию в 1933 году. Завод располагался в северной части г. Ярославля, на Тутаевском шоссе, на правом берегу реки Волги, в 80-100 м от уреза воды [1]. Сырьем для производства технического углерода служило так называемое «зеленое масло». Оно представляет собой керосино-газойлевую фракцию 170-360 °С продуктов пиролиза крекинг-керосина, состоит преимущественно из дициклических ароматических углеводородов, парафиновых, олефиновых, нафтеновых, ароматических углеводородов, сернистых, азотистых, кислородсодержащих соединений, смолистых веществ и асфальтенов. Зеленое масло доставлялось нефтеналивными судами по Волге, сливалось и хранилось на территории завода в открытых земляных прудах с неизвестной степенью гидроизоляции.

Были проведены гидрогеологические и гидрогеохимические изыскания, необходимость которых была вызвана тем, что в результате утечек сырья (зеленое масло, термогазойль) с 1935 года из емкостей хранения и трубопроводов грунты и грунтовые воды оказались насыщены нефтепродуктами, разгрузка которых происходит в реку Волгу.

В процессе проведения изысканий было определено, что объем зараженного грунта составляет 800 тыс. м³, в грунт попало от 6 до 16 тыс. тонн опасного нефтепродукта, глубина загрязнения – более 60 м, что значительно ниже дна реки, глубиной 9 м [2].

При строительстве Юбилейного моста через Волгу представилась уникальная возможность отобрать пробы грунта из котлована с глубины 10 м, из которого была экстрагирована углеводородная фракция. Углеводородные продукты содержащиеся в ней имели плотность выше единицы и компонентный состав сходный с составом сырья, применяемого для производства технического углерода. Учитывая тот факт, что плотность сырья, используемого на старом сажевом заводе, как правило, ниже единицы, следует предположить, что при фильтрации дренажных вод через слой грунта вследствие процессов адсорбции – десорбции происходит разделение сложной углеводородной смеси на фракции по групповому химическому составу. Опасность этого состоит в том, что помимо отравления флоры и фауны реки, наиболее тяжелая, и опасная часть, попадая в реку Волгу не всплывает на поверхность, а свободно мигрирует в придонных слоях по течению в сторону городского центрального водозабора, находящегося двумя километрами ниже по течению реки.

Для прекращения стоков нефтяной эмульсии в Волгу предприятием был построен дренаж с 18-ю колодцами, протяженностью 1225 метров, глубиной 3 метра, с помощью которого нефтепродукты, про-



сочившиеся в почву, должны были частично улавливаться. Сооружение является временным и по оценкам гидрогеологических изысканий перехватывает от 2 до 10% углеводов, мигрирующих в сторону Волги.

В последние годы дренажная система не выполняла функции отвода загрязненных вод от реки. Прекращение откачки воды из дренажной системы привело к накоплению в колодцах нефтепродуктов. Таким образом, дренажная система превратилась в емкость для накопления нефтепродуктов, став дополнительным источником загрязнения грунтовых вод и реки Волга.

Ситуация усугубилась в 2001 году при строительстве нового Юбилейного моста через Волгу. В этом же году при подготовительных земляных работах случайно раскопали один из подземных ручьев, и наружу хлынул нефтяной поток. Поскольку земля пропитана углеводородным сырьем на значительную глубину, то часть потоков фильтруется через волжское дно. Установка опор моста на дно, очевидно, способствует более активному выходу нефтепродуктов.

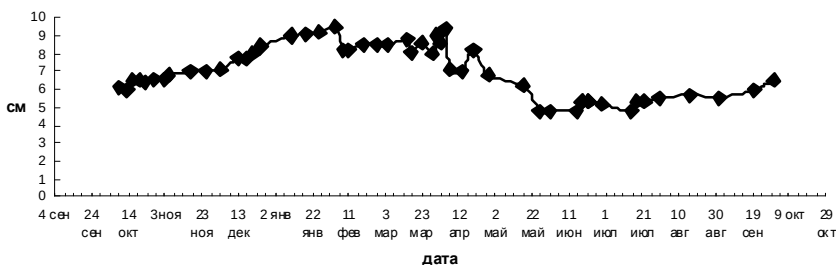


Рис. 1. Мониторинг углеводородного слоя в дренажной системе

С осени 2009 года ЯГТУ совместно с ОАО НИИ "Техуглерод" проводит мониторинг уровня углеводородного продукта в дренажной системе с целью оценки его колебаний в зависимости от времени года, погодных условий и гидрологических параметров в Волге. Разработан и изготовлен специальный индикаторный прибор, который определяет границу сред углеводород – водная эмульсия по разности их удельного объемного электрического сопротивления [3]. Так для воды этот показатель, в зависимости от концентрации растворенных примесей, составляет $10^3 - 10^5$ Ом·см, а для отхода зеленого масла превышает 10^{12} Ом·см. Так как последний имеет меньшую плотность, чем вода и не смешивается с ней, над водой будет находиться слой отхода зеленого

масла с резкой нижней границей. Для определения положения границы раздела сред в дренаж погружается шуп, с нанесенной на его поверхность измерительной шкалой. Результаты измерений представлены на рисунке 1.

Уровень углеводорода колеблется от 4 до 10 см. 1 см соответствует 10 тоннам опасного отхода, находящемуся в дренаже в зависимости от атмосферных условий. По состоянию на 01.10.2010 в дренаже содержится около 60 тонн нефтепродукта. Мониторинг динамики наполнения дренажа углеводородным продуктом не выявил причинно-следственную связь в количественных характеристиках процесса выделения водной эмульсии нефтепродуктов от внешних факторов, что нуждается в дальнейших исследованиях.

Также проводился мониторинг содержания фенолов и нефтепродуктов в водной эмульсии дренажной системы. Отбирались пробы водной эмульсии из колодца №8 дренажной системы и анализировались в экоаналитической лаборатории ОАО НИИ "Техуглерод". Результаты представлены на рисунках 2,3.

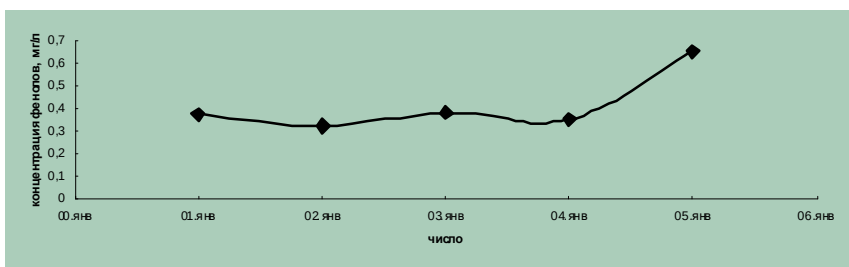


Рис. 2. Содержание нефтепродуктов в водной эмульсии дренажной системы

Предельно допустимая концентрация фенола для водоемов рыбохозяйственного назначения составляет $0,001 \text{ мг/дм}^3$.

Как показал проведенный анализ, содержание фенола в отходе колеблется от 0,3 до $0,67 \text{ мг/дм}^3$, что превышает норму в 300 и 670 раз соответственно.

Концентрация нефтепродуктов в водной эмульсии составила от 30 до 60 мг/дм^3 , что превышает ПДК_{р.х.} в 600 и 1200 раз соответственно.

Изучен групповой состав отхода зеленого масла, его некоторые физико-химические показатели и фракционный состав, которые представлены в таблице 1.

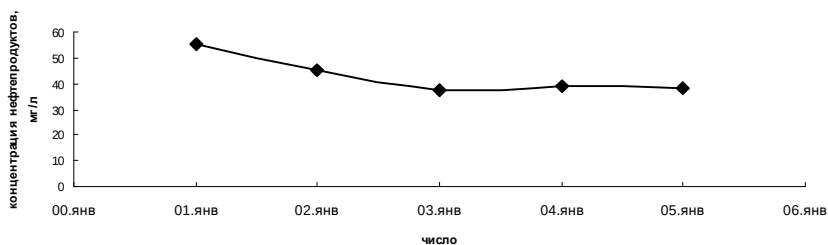


Рис. 3. Содержание фенолов в водной эмульсии дренажной системы

Таблица 1

Физико-химические показатели отхода зеленого масла

Показатели	Отход зеленого масла
1	2
Плотность при 20 °С, г/см ³	0,960
Пределы кипения, °С	223-345
Температура вспышки, °С	108
Температура воспламенения, °С	130
Групповой состав, % парафино-нафтеновые ароматические: легкие ароматические средние ароматические тяжелые ароматические смолистые вещества	 46 54 40,4 10 2,6 1,0
Коксуемость, %	1,6994
Фракционный состав, °С н.к.	203
10%	224
20%	235
30%	245
40%	253
50%	261

Окончание таблицы 1

60%	275
70%	290
80%	323
90%	345
95%	345
к.к.	345
1	2
Содержание воды, %	0,058
золы	0,0037
механических примесей	0,0023
Содержание непредельных углеводов, %	17

В результате проведенных нами исследований, определена возможность использования отхода зеленого масла в следующих направлениях:

- В качестве компонента вспучивающей добавки для получения гравия керамзитового
 - В качестве компонента сырьевой смеси для получения технического углерода
 - В качестве пластификатора резиновой смеси
- Выбранные направления оказались вполне реализуемы.

Содержание свыше 40 % легких ароматических углеводов, позволяет нам сделать вывод о возможности использования отхода зеленого масла в качестве вспучивающей добавки. Был проведен комплекс лабораторных и полномасштабных промышленных испытаний по использованию его в качестве компонента вспучивающей добавки в производстве гравия керамзитового на заводе ОАО "Керамзит". По результатам, полученным в ходе испытаний, этот продукт рекомендован к использованию. Результаты испытаний оформлены соответствующими актами и программой внедрения в производство [4].

На ОАО «Ярославский технический углерод был представлен образец отхода зеленого масла для проведения лабораторных исследований на предмет возможности применения его в качестве компонента сырьевой смеси для получения технического углерода. Анализ образца отхода показал, что его качество соответствует нормам применяемого на заводе сырья. Результаты исследований представлены в таблице 2.



Большое содержание ароматических углеводородов – 57 % (таблица 1) говорит о возможности использования отхода зеленого масла в качестве пластификатора резиновых смесей бутадиен-стирольного каучука СКМС-30АРК (БСК). Его использование дает более высокий пластифицирующий эффект по сравнению с ныне применяемым индустриальным маслом [5].

Таким образом, в данной работе предполагается возможность утилизации отхода зеленого масла – опасного не только для рыбохозяйственного водоема (река Волга), но и для потребителей питьевой воды от центрального водозабора города Ярославля.

Таблица 2

Результаты лабораторных испытаний отхода зеленого масла на предмет использования его в качестве компонента сырья для получения технического углерода в соответствии с ТУ 0258-005-48671436-2006.

№ пп	Наименование показателя	Норма	Значение показателя – отхода зеленого масла
1	Плотность при 20 °С, кг/м ³	не менее 1010	959
2	Фракционный состав: - температура начала перегонки, °С - 50 % перегоняется при температуре, °С	не ниже 190	208
		не выше 440	270
3	Коксуемость, %	не выше 5	1,34
4	Массовая доля воды, %	не выше 0,5	0,06
5	Массовая доля механических примесей, %	не выше 0,1	0,00
6	Зольность, % масс	не выше 0,1	0,00
7	Индекс корреляции	не ниже 100	88
8	Вязкость кинематическая при 50 °С, сСт	не выше 50	3,4

Предлагаемый способ утилизации углеводородной составляющей вышеуказанной эмульсии, кроме решения важной экологической проблемы, позволит ряду предприятий региона (ОАО «Керамзит», ОАО «Ярославский шинный завод», ОАО «Ярославский завод резиновых технических изделий», ОАО «Ярославрезинотехника», ОАО «Ярославский технический углерод») снизить себестоимость своей

продукции без потери качества в связи с низкой стоимостью выделенного отхода зеленого масла.

Для города Ярославля утилизация отхода зеленого масла является одной из главных экологических проблем.

Библиографический список:

- 1 Комина, Е.Н. Загрязнение нефтепродуктом территории сажевого завода и рекомендации по утилизации образующегося отхода / Е.Н. Комина, В.М. Макаров // *Материалы межрег.науч.-практ. конф.* – Ярославль, 2010. –С. 132-141.
- 2 Макаров, В.М. Результаты исследования по проблеме утилизации опасных отходов предприятий Ярославской области / В.М. Макаров, Филипова О.П., Комина Е.Н. // *Известия Тульского государственного университета, серия «Науки о Земле».* - 2009, вып. 5. – С. 95-99.
- 3 Бобылева, К.А. Мониторинг уровня углеродородного слоя в дренаже бывшего Ярославского сажевого завода / К.А. Бобылева, Е.Н. Комина, В.М. Макаров // *Материалы VIII Регион. студенч. научн. конф. и с межд. участием «Фундаментальные науки – специалисту нового века».* – Иваново, 2010. Т2. – С.10.
- 4 Комина, Е.Н. Разработка способа утилизации зеленого масла – опасного отхода производства технического углерода / Е.Н. Комина, В.М.Макаров, С.М.Капустин // *Технологии обеспечения безопасности здоровья: Материалы межд. науч.-практ. конф.* – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2008.- С. 347-349.
- 5 Комина, Е.Н. Использование отхода зеленого масла в качестве пластификатора / Е.Н. Комина, В.М. Макаров, С.М. Капустин // : *Вестник РАЕН*, Т 3. – С.103-106.



УДК 622.363.8:631.42

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА МЕТОДИКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ И ПОВЕДЕНИЯ НИТРАТОВ В ПОЧВЕ

Симанкин А.Ф., Горячева А.Н.

Тульский государственный университет, Россия

Колесникова Е.В.

Роспотребнадзор

Рассматриваются результаты исследования процессов массообмена в почве с применением стандартных методик. Показано, что при использовании стандартного метода концентрация нитратов изменяется в большую сторону. Проводится сравнение основных методов анализа. Вопрос о наиболее подходящей и достоверной методике является актуальным.



К числу наиболее распространенных на сегодняшний день загрязнителей природной среды относятся нитраты, распространение и интенсивность миграции которых в окружающей среде приобретают опасный характер, как для функционирования экосистем, так и здоровья человека.

Промышленность и транспорт ежегодно приносят миллионы тонн оксидов азота в атмосферу, которые в свою очередь, реагируя с парами воды, образуют азотную кислоту, которая возвращается на землю с осадками. Массовое применение азотных удобрений, животноводческие комплексы, сброс неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод – также являются основными источниками поступления нитратов.

Нитратное загрязнение характеризуется высокой миграционной способностью и носит стойкий характер. Нитраты, попавшие в почву, хорошо растворимы в воде, часть их усваивается корнями растений, другая часть с помощью бактерий переходит в газообразный азот, а оставшиеся нитраты легко проникают в подземные воды. Загрязнение подземных вод нитратами происходит в результате постепенного просачивания и фильтрации поверхностных вод.

В результате сильной антропогенной нагрузки действие почвы как биологического фильтра снижается и, как следствие, увеличивается вынос нитратов в подземные воды. Степень ухудшения качества воды зависит от защищенности подземных вод, интенсивности источников загрязнения, размещения их относительно водозабора и особенностей процесса миграции тех или иных веществ в водоносном горизонте. Количество нитратов в природных водах определяется воздействием комплекса факторов (биологические, гидрохимические, геоморфологические, климатические, физико-химические свойства почв водосборной территории).

Как правило, грунтовые воды имеют более низкую концентрацию нитратов, чем поверхностные (поскольку почва служит своего рода барьером на пути их передвижения). Чем глубже залегают грунтовые воды, тем меньше содержится в них нитратов, однако способность глубинных подземных вод аккумулировать их выше.

В последние годы нитратное загрязнение представляет собой серьезную экологическую проблему и имеет глобальный масштаб.

Для проведения исследований по изучению содержания и поведения нитратов в почве первоочередным является выбор методики определения нитратов.

В аналитической химии известно несколько методов количественного определения нитратов.

Наиболее распространенными и надежными являются колориметрические методы определения нитратов с фенолдисульфокислотой или с салициловокислым натрием, описанные в ГОСТ 18826-73 «Вода питьевая. Методы определения содержания нитратов». Методы фотометрического определения содержания нитрат-ионов получили широкое распространение, так как обладают высокой точностью и надежностью, имеют низкий предел обнаружения искомого компонента и малую погрешность измерения при высоких концентрациях нитратов. Они могут быть применены для анализа больших и малых содержаний, но особенно ценной его особенностью является возможность работы с низкими концентрациями определяемого компонента. К недостаткам можно отнести длительное время подготовки пробы к анализу (порядка 4-6 часов).

Метод фотометрии основан на определении содержания исследуемого вещества в растворе путем измерения светопоглощения или сравнения полученной окраски с окраской раствора известной концентрации.

Для графического нахождения концентрации иона в испытуемом растворе измеряют оптическую плотность целой серии стандартных растворов с постоянно увеличивающимися концентрациями определяемого иона. Градуировочный график обычно строят не менее чем по трем точкам, что повышает точность и надежность определений.

Для анализа водной вытяжки на нитраты мы использовали методику, рекомендованную для применения в настоящее время ПНД Ф 4.1:2.4-95, которая предназначена для измерения массовой концентрации нитрат-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом. Принцип метода основан на взаимодействии нитрат-ионов с салициловой кислотой с образованием комплексного соединения, окрашиваемого в желтый цвет.

Мешающие влияния, обусловленные присутствием взвешенных окрашенных органических веществ, хлоридов в количествах, превышающих 200 мг/дм³, нитритов при содержании свыше 2,0 мг/дм³, железа в концентрации более 5,0 мг/дм³, устраняются специальной подготовкой пробы. Содержание данных компонентов также контролировались в ходе эксперимента.

На базе аккредитованной лаборатории был поставлен эксперимент по сорбции нитратов почвой. В качестве анализируемой почвы была взята почва с крупного металлургического предприятия г. Тулы. В качестве модельного раствора использовался раствор нитрата калия, с концентрацией 85 мг/л, которым заливалась подготовленная почва.



Концентрацию нитратов измеряли на 1, 2, 3, 7 и 14 и 28 день эксперимента. Полученные результаты представлены в таблице №1.

При планировании эксперимента, нами ожидалось уменьшение концентрации нитратов в водной вытяжке по мере сорбирования компонента субстратом почвы. Однако полученные результаты показали резкое увеличение концентрации нитратов в течение первых 3-х дней исследования, с последующим планируемым уменьшением. На рис. 1 отражена динамика содержания нитратов в водной вытяжке при проведении эксперимента. Увеличение концентрации компонента в почве противоречит существующим представлениям о массообменных процессах, протекающих в субстрате почвы.

Таблица 1

Анализ водных вытяжек на содержание нитратов по ПНД Ф 4.1:2.4-95

День эксперимента	Содержание нитратов, мг/л
1	88,691
2	100,748
3	106,089
7	94,755
14	60,58

Несоответствие планируемых и полученных данных заставило провести анализ причин такого несоответствия.

Для сравнения были взяты результаты аналогичных экспериментов, проведенных ранее. Содержание нитратов измеряли по ГОСТ 18826-73 «Вода питьевая. Методы определения содержания нитратов». Используемый фотометрический метод основан на реакции нитратов с салициловокислым натрием в присутствии серной кислоты с образованием соли нитросалициловой кислоты, окрашенной в желтый цвет и является идентичным по аппаратуре и реактивам использованной нами методики ПНД Ф 4.1:2.4-95. В качестве анализируемой почвы выступали почвы Алексинского района. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Использование данной методики показало планируемые нами результаты: с увеличением длительности испытаний в процессе сорбции содержание нитрат-ионов уменьшается, что наглядно показано на рисунке 2.

Полученные данные в результате экспериментов при использовании фотометрических методов анализа продемонстрировали совершенно различные тенденции процесса сорбции в первые дни исследо-

ваний. Для подтверждения достоверности одних из полученных результатов необходимо обратиться к другим методикам анализа.

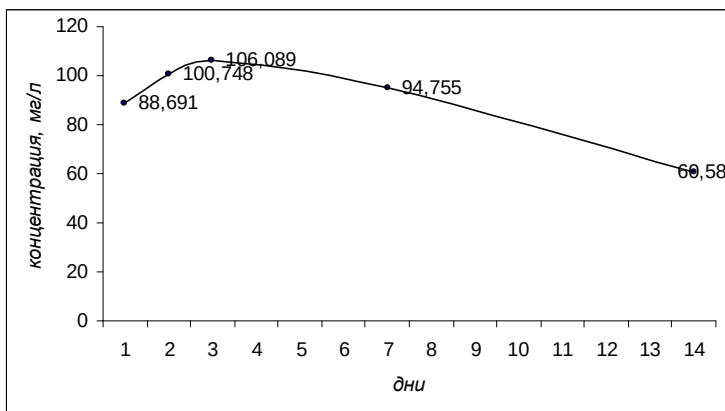


Рис. 1. Динамика содержания нитратов в водной вытяжке по ПНД Ф 4.1:2.4-95

Таблица 2

Анализ водных вытяжек на содержание нитратов по ГОСТ 18826-73

День эксперимента	Содержание нитратов, мг/л
1	77,77
2	46,56
3	46,13
7	43,42
14	43,17

Достоверным и весьма распространенным является ионометрический метод определения нитрат-ионов. Ионометрический метод анализа или ионометрия является методом прямой потенциометрии. Эта группа методов получила широкое распространение в связи с успехами в конструировании и улучшении качества ионоселективных электродов, позволяющих проводить быстрее и точнее определение концентрации ионов.

Для потенциометрического анализа используют гальванические элементы, состоящие из индикаторного электрода и электрода сравнения (рисунок 3). Потенциал первого зависит от концентрации определяемого иона в растворе, потенциал второго не чувствителен к анализируемому иону. Следовательно, и ЭДС гальванического элемента зависит только от концентрации потенциалоопределяющего иона в растворе.

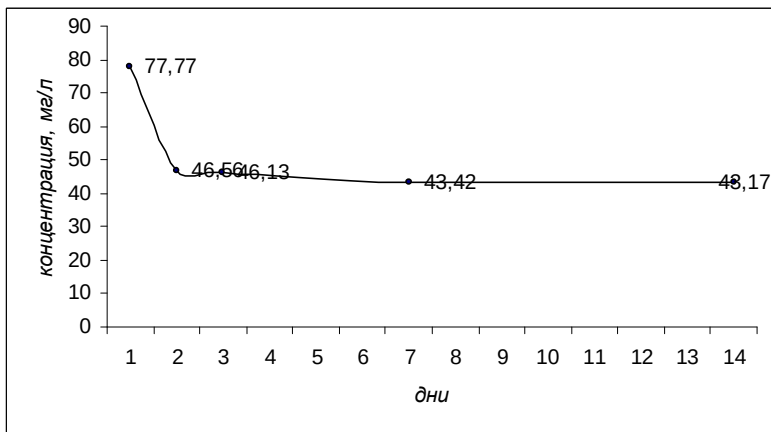


Рис. 2. Динамика содержания нитратов в водной вытяжке по ГОСТ 18826-73

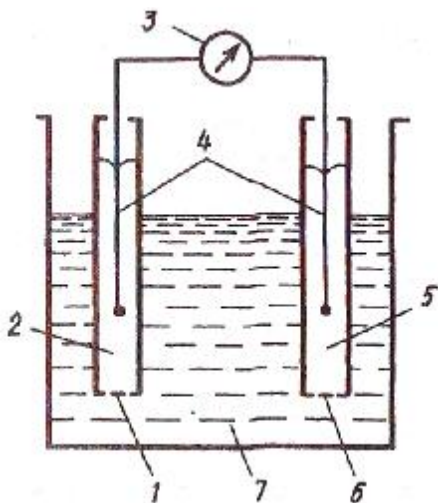


Рис. 3. Схема ячейки с ионоселективными электродами

1 – селективная мембрана; 2 – ионоселективный электрод; 3 – вольтметр; 4 – вспомогательный хлорсеребряный электрод; 5 – электрод сравнения; 6 – жидкостный контакт; 7 – исследуемый раствор

Основными достоинствами потенциметрического метода являются его высокая точность, высокая чувствительность и возможность работы с малыми объемами исследуемой пробы, проводить ана-

лиз мутных и окрашенных растворов. К недостаткам можно отнести продолжительное время отклика электрода, т. е. время достижения постоянного значения потенциала после погружения электрода в раствор, и большую погрешность измерения нитратов в диапазоне первые миллиграммы в литре.

Следующий эксперимент по изучению сорбции нитратов почвой будет поставлен с применением ионометрический метод определения нитрат-ионов. На основании полученных данных мы сможем сделать выводы о достоверности применяемых ранее фотометрических методик и продолжить дальнейшее изучение нитратов в почве.

Библиографический список

1. Н.И.Мелехова [и др.] Изменение физико-химических свойств и микробиологической активности серой лесной почвы Тульской области под действием ионов тяжелых металлов: цинка, меди, свинца и хрома Н.И.Мелехова [др.] // Вестник ТулГУ Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2009. Вып. 1. С 115-121.
2. Симанкин А.Ф., Лукаш А.Н., Мелехова Н.И. Расширение возможности управления объемом сельскохозяйственной продукции путем внесения микроудобрений //Вестник ТулГУ Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2009. Вып. 2. С. 3-7.
3. Л.Н. Савинова [и др.] Изучение механизма формирования кислотных дождей и анализ влияния на протеазную активность почв и биопродуктивность растений. /Л.Н. Савинова [др.] // Вестник ТулГУ Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2009. Вып. 3. С. 148-158.
4. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство/ под ред. Муравьева А.Г. СПб, 2000. 154 с.
5. Недра Тульской области /А. И. Сычев, В.С. Дымов, В.В. Гуркин / монография. Тула: Гриф и Ко, 2000. 124 с.
6. Экология XXI века в Тульском регионе / под общ. ред. Н. И. Володина. Тула, 2001.197 с.
7. Электрохимические методы анализа/ Методические указания для проведения лабораторных работ/ под ред. Н.И.Мелеховой. Тула: ТулГУ. 1998. 28с.





УДК 613. 63 (075)

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ TOXICOLOGICAL FEATURES of MIGRATION of RADIOACTIVE ELEMENTS

Тусупбекова С.Т., Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г.А.,
Орынбек А., Свамбаев А.С.

ТОО FTB "Company", г. Алматы, Казахстан

Свамбаев Е. А.

Казахский национальный университет имени Аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан

In work toxicological features of migration of radioactive elements in an environment are informed.

Впервые исследовал особенности миграции радиоэлементов И.Е.Старик. Он разграничил три процесса, при которых радиоэлементы могут переходить из твердой фазы в жидкую: эманирование (выделение газообразных продуктов распада); растворение (выделение всех радиоэлементов с разрушением кристаллической решетки минералов) и выщелачивание (переход радиоэлементов в жидкую фазу без нарушения решетки минералов).

Родоначалники радиоактивных рядов U и Th входят в минералы в момент их образования, в силу чего они обычно являются структурной единицей кристаллической решетки и могут мигрировать в основном при растворении. Продукты их распада образуются позже; за счет энергии радиоактивной отдачи, пролетая несколько десятков межузловых расстояний, они могут попадать в нарушенные зоны минерала (капилляры, трещины и др.), обычно заполненные водой, и мигрировать путем выщелачивания. Вероятность попадания атомов отдачи в такие зоны будет возрастать с увеличением количества нарушений. Следовательно, выщелачиваемость радиоэлементов является прямой функцией степени сохранности минералов.

Судьба радиоактивных атомов, попавших в нарушенные части минерала, будет зависеть от их химической природы и продолжительности жизни. Если в решетке минерала нет кристаллохимических аналогов данных атомов, то вероятнее всего они частично адсорбируются на стенках капилляров и трещин, а частично- растворяются в воде этих нарушений. Между растворенными и адсорбированными атомами устанавливается подвижное равновесие. Атомы, растворенные в капиллярной воде, путем диффузии мигрируют в гравитационную воду, окружающую ми-

нерал. Адсорбционное состояние изотопов радия в капиллярах минералов и их диффузия доказаны опытами И.Е.Старика, в которых изучалась действие на выщелачиваемость радия различных катионов, а также повторное выщелачивание его из минералов без перерывов и с перерывами. По силе воздействия на выщелачиваемость радия исследованные И.Е. Стариком катионы расположены в следующий ряд:



Радиоактивные атомы могут попадать в микронарушения минералов также за счет некоторого разрушения стенок капилляров и диффузии из кристаллической решетки. При этих процессах в капилляры попадают частично и материнские вещества, которые мигрируют путем выщелачивания.

Прочность связи различных радиоэлементов в адсорбционной зоне минералов, как показали опыты, возрастает с увеличением их валентности. Так, при действии на минералы водой и слабыми растворами HCl выщелачиваемость радиоэлементов убывала в следующем порядке:



Было установлено также, что воздействие катионов на выщелачиваемость радиоэлемента зависит от их химического сродства и соотношения валентности. Например, катионы Ba^{2+} избирательно усиливают выщелачиваемость Ra^{2+} , в меньшей степени – выщелачиваемость Ac^{3+} и почти совсем не влияют на RdTh . Катионы La^{3+} и Ce^{3+} существенно усиливают выщелачиваемость Ra^{2+} и Ac^{3+} , в то время как выщелачиваемость RdTh^{4+} заметно увеличивается лишь при действии Zr^{4+} , причем катион Zr^{4+} весьма заметно усиливают извлечение также и Ac^{3+} , а выделение Pa^{5+} почти не возрастает. Следует отметить, что катионы Ce^{3+} оказывают примерно такое же действие на выщелачиваемость Ra^{2+} , как и катионы Ba^{2+} .

Все опыты, о которых говорилось, подтверждают сорбционный характер состояния радиоэлементов в зонах нарушения минералов. Усиление выщелачиваемость радиоэлементов катионами более высокой валентности, очевидно, объясняется тем энергетическим выигрышем, который получается при замещении ими в сорбционной зоне радиоэлементов, имеющих более низкую валентность.

Катионный состав растворов не влияет на выделение урана из минералов, в которых он входит в кристаллическую решетку. Если же уран не входит в решетку, а находится, вероятно, в сорбированном состоянии в виде уранил-иона (UO^{2+}), то добавление в воздействующий раствор двух- и трехвалентных катионов вызывает увеличение его выщелачиваемости.



Существенное влияние на выщелачиваемость некоторых радиоэлементов может оказывать и анионный состав раствора.

Было установлено, что при выщелачивании минералов сульфатными растворами, а также при действии воды на сульфидные минералы (очевидно, частично окисленные до сульфатов) радий переходит в раствор значительно хуже, чем актиний и даже проактиний.

Рассмотрим, какую роль в выщелачивании может сыграть константа распада радиоэлементов. Радиоэлементы, адсорбированные на стенках капилляров минерала, вообще говоря, могут быть снова связаны с кристаллической решеткой посредством диффузии, сокристаллизации и изотопного обмена и тем самым исключаться из миграции. Диффузия в твердых телах, как известно, протекает очень медленно. Если этот процесс идет значительно медленней, чем средняя продолжительность жизни атомов, то они не будут успевать диффундировать из сорбционной зоны за пределы воздействия растворов. Эти атомы будут непрерывно обновляться в адсорбционной зоне. Если же период полураспада радиоэлемента достаточно велик, то за среднюю продолжительность жизни часть атомов успеет продиффундировать в решетку минерала. Следовательно, из двух изотопов радиоэлемента, существенно отличающихся по константе распада, более короткоживущий, как правило, должен обладать большей миграционной способностью, чем долгоживущий.

Обратное внедрение в кристаллическую решетку радиоэлементов в том случае, когда они могут входить в нее изоморфно (сокристаллизация), также будет преобладать у более долгоживущих изотопов.

Если радиоэлемент является основной структурной единицей минерала, то в этом случае выщелачиваемость изотопа будет конкурировать с изотопным обменом. Вероятность изотопного обмена, очевидно, возрастает с увеличением концентрации радиоэлемента в минерале и всегда будет больше у более долгоживущего изотопа.

Эффект преимущественной миграции короткоживущих изотопов действительно был отмечен автором в опытах по сравнительной выщелачиваемости короткоживущих (AcX и ThX) и долгоживущих (Ra и MsTh) изотопов радия, а также на примере радиотория и тория. В настоящее время большая миграционная способность короткоживущих изотопов признана как одна из основных особенностей миграции радиоэлементов, которая приводит к широкому разделению изотопов.

Важное значение имеет также значение особенностей миграции изотопов из различных радиоактивных семейств. Для радиоактивного семейства можно предполагать приблизительно одинаковые распределение продуктов распада в минерале, определяемое положением мате-

ринского вещества по отношению к системе микронарушений. Об этом свидетельствуют, например, опыты Н.Д. Косова, который для большей группы минералов установил, что если зерна их не превышают 0,5 мм, то коэффициенты эманирования радиона и актиона в пределах погрешности одинаковы, а торона и радиона – часто существенно отличаются. В опытах с изотопами радия для некоторых минералов отмечено, что выщелачиваемость AcX и Ra примерно одинакова, но существенно отличается от выщелачиваемости ThX и MsTh. С увеличением внутренней поверхности минералов (высокие коэффициенты эманирования) возрастает вероятность одинаковой миграционной способности изотопов, являющихся продуктами распада урана и тория. В работах И.Е. Старика и В.В. Чердынцева утверждается, что если из двух материнских изотопов один находится в менее устойчивом состоянии, то и продукты его распада, при прочих равных условиях, выщелачиваются значительно легче.

Природные образования представляют собой гетерогенные системы, поэтому можно ожидать, что многие эффекты, характерные для выщелачиваемости из отдельных материалов, будут взаимно компенсироваться при миграции из горных пород, и соотношение изотопов семейств U и Th в жидкой фазе всегда в какой то мере отразит соотношение материнских веществ в твердой фазе. Однако все перечисленные особенности миграции радиоэлементов необходимо иметь в виду при интерпретации результатов, полученных как экспериментальным путем, так и путем изучения содержания радиоэлементов в природных водах.

Миграция и паробиоз радиофитофармотехногенных урановых аномалий в РК изучалось изотопное отношение U^{234}/U^{238} в подземных водах различных геологических образований, в вытяжках из радиохимически и радиографически охарактеризованных образцов руд, пород и минералов, а также явление обмена U^{234} и U^{238} .

Изучаемые объекты расположены в различных геологических регионах на площади около 700 тыс. кв. км. По мере накопления материала стало обнаруживаться что в водах, связанных с горными породами, общие черты миграции изотопов урана наблюдается, с одной стороны, у изверженных пород, а с другой- у осадочных и метаморфических. Отношение U^{234}/U^{238} видах урановых руд оказалось различным - в зависимости от их генетического типа.

Рассмотренные закономерности миграции радиоактивных элементов позволяют сформулировать общие принципы интерпретации радиоактивных аномалий по изотопному составу урана, радия и тория в ореолах рассеяния. Весь материал и рассуждения, приведенные выше,



относятся к относительной миграции изотопов при переходе из твердой фазы в жидкую. Следовательно, областью применения изотопного метода являются, в основном, вторичные солевые ореолы рассеяния радиоэлементов. Однако, как будет показано, изотопное отношение U^{234}/U^{238} может быть использовано при изучении и первичных ореолов рассеяния урановых месторождений.

Солевой ореол рассеяния образуется путем химического выветривания урановых руд при взаимодействии с водами, которые, растворяя и выщелачивая радиоэлементы, уносят их за пределы месторождения на определенные расстояния в зависимости от гидрогеологических и геоморфологических факторов (1,2,4).

За счет солевого ореола радиоэлементами обогащаются поверхностные воды, образуя потоки рассеяния.

Не вдаваясь в подробности механизма образования ореолов и потоков рассеяния, который описан во многих геохимических работах, перейдем к вопросам интерпретации аномалий.

Аномалии могут быть либо рудного происхождения, либо нерудного. Причин возникновения нерудных аномалий, называемых ложными, очень много. Особенно большой потенциальной возможностью образования ложных водных аномалий и даже ложных (не имеющих промышленной ценности) урановых проявлений в рыхлых образованиях коры выветривания обладают породы гранитоидной серии. Мы не будем останавливаться на рассмотрении причин возникновения ложных аномалий, так как это освещено в литературе. Важно, что такие аномалии существуют, встречаются гораздо чаще, чем рудные, и их необходимо отбраковывать при поисковых работах.

Изотопный метод оценки радиохимических аномалий основан на следующих экспериментально установленных фактах.

1. Изотопный состав радиоэлементов в водах, связанных с урановыми рудами, и водах горных пород, не несущих уранового оруденения, закономерно различен. Для вод безрудных горных пород установлены наиболее вероятные пределы колебания изотопных соотношений.

2. В водных ореолах рассеяния урановых руд между содержанием радиоэлементов и их изотопным составом существует корреляционная связь, которая указывает на то, что ореолы аномальных содержаний радиоэлементов и ореолы соответствующих изотопных отношений практически совпадают.

Рудные аномалии усиливаются при паводках и находятся в пределах ореола или потока рассеянных урановых руд. Они образуются за счет того, что слабоактивные воды вмещающих горных пород, почти всегда относительно обогащенные продуктами распада тория, проходя

по рудному телу, дополнительно обогащаются ураном и продуктами его распада (ионием, радием, радоном, актинием, актинием X и др.). Это приводит к изменению изотопного состава урана, радия и тория.

Степень изменения изотопного состава радиоэлементов зависит от концентрации урана в руде, размеров рудного тела и времени взаимодействия воды с рудой. Возрастание всех этих параметров приведет к увеличению и степени изменения изотопного состава. При выходе воды за пределы рудного тела происходит обратный процесс: за счет разбавления неактивными водами и взаимодействия с менее активными породами концентрация радиоэлементов уменьшается и вместе с этим изменяется в обратном направлении их изотопный состав.

По степени связи с рудой воды подразделяются на рудные, ореольные и фоновые. Рудные воды циркулируют по рудному телу и характеризуются наиболее высоким (аномальным) содержанием рудных элементов. Ореольные воды находятся за пределами рудного тела, но еще содержат в той или иной степени аномальные количества рудных элементов. Фоновые воды – это воды безрудных горных пород, содержащие нормальные (фоновые) для рассматриваемого района количества радиоэлементов (3,5).

Изотопный метод интерпретации радиогидрохимических аномалий заключается в том, что изотопные соотношения радиоэлементов в рудных и ореольных водах отличаются от соотношений в фоновых. Поэтому целесообразно подразделять изотопные соотношения на аномальные (в рудных и ореольных водах) и фоновые (в водах пород, не несущих уранового оруденения). Достоинство изотопного метода заключается в том, что аномалии нерудного происхождения характеризуются фоновыми значениями изотопных соотношений, а рудные – аномальными.

Рассмотрим некоторые общие правила интерпретации водных аномалий по изотопным соотношениям U^{234}/U^{238} , $Ra/MsTh$ и Io/Th .

1. Выбор главного изотопного соотношения.
2. Использование явно аномальных и явно фоновых изотопных соотношений.
3. Интерпретация изотопных соотношений, имеющих промежуточное значение между явно аномальными и явно фоновыми.
4. Выбор изотопного соотношения, по которому можно наиболее надежно интерпретировать ту или иную радиогидрохимическую аномалию, основан на следующем.

Уран, радий и торий являются элементами различной химической природы, а следовательно, размеры и характер их ореолов рассеяния, вообще говоря, не одинаковы в различных гидрогеохимических усло-



виях. В окислительной среде, в щелочных гидрокарбонатных водах наиболее подвижен уран. Некоторый подвижностью в таких водах может обладать и торий, а миграция радия в этих условиях обычно очень мала (он быстро сорбируется окружающими породами). В восстановительной среде хорошо мигрирует радий, но плохо – уран. Поэтому приходится иметь дело с урановыми, радиевыми и радоновыми аномалиями (могут образоваться иониевые); иногда они проявляются одновременно несколькими радиоэлементами (комплексные).

Совершенно очевидно, что аномалия в изотопном соотношении гораздо отчетливее будет проявляться у радиоэлемента, содержащегося в наиболее аномальном количестве. Следовательно, урановые аномалии должны интерпретироваться по изотопному отношению U^{234}/U^{238} , радиевые – по $Ra/MsTh_1$. Иониевые аномалии в виде самостоятельных не выделяются, поэтому Io/Th привлекают как дополнительное для интерпретации урановых и радиевых аномалий, если Io содержится в повышенных количествах. Комплексные аномалии интерпретируются по изотопному составу радиоэлемента, который находится в самом аномальном количестве, а изотопные отношения других радиоэлементов используются как вспомогательные. Интерпретация радоновых аномалий изотопным методом, если нет повышенных концентраций других радиоэлементов, затруднительна. Такие случаи встречаются очень редко. Радон – короткоживущий изотоп ($T=3,8$ дня) и при малых или умеренных скоростях фильтрации воды он не может далеко уйти от источника обогащения. Поэтому лишь в специфически гидрохимических условиях не будет повышенных содержаний урана и радия.

Интерпретация аномалий по явно аномальным и явно фоновым значениям изотопных соотношений U^{234}/U^{238} , $Ra/MsTh_1$, и Io/Th .

Явно аномальные значения изотопных соотношений обычно наблюдаются в рудных водах, а явно фоновые – в аномальных водах горных пород, не несущих уранового оруденения. Они позволяют интерпретировать даже отдельные аномальные водопункты. Если аномальному содержанию радиоэлемента соответствует явно аномальное значение изотопного соотношения, то аномалии дается положительная оценка, а если явно фоновое – то отрицательная.

Библиографический список:

1. Свамбаев Ж. А., Свамбаев Е. А., Султанбеков Г.А. Свамбаев А.С., Обеспечение охраны труда при получении пероксида урана – Материалы VII Конгресс обогатителей стран СНГ, Московский государственный институт стали и сплавов, Москва, 02-04 марта 2009 год.
2. Тусупбекова С.Т., Свамбаев Ж. А., Свамбаев Е. А., Султанбеков Г.А. Свамбаев А.С., Акмурзаев С. К. Значение горнорудного производства в рас-

пространении токсических элементов. Доклады V Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде» том 2 стр.366-370. (5-18 октября 2008г.) Семей–2008 г.

3. Свамбаев А. «Основы токсикологии» Учебник для вузов. Алматы 2004 г.

4. Свамбаев Е. А., Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г. А., Свамбаев А. Экономическая эффективность проведения экотоксикологических работ по обеспечению предельно допустимых выбросов в хвостхранилище – Материалы международной научно-практической конференции часть 2, МОиН РК, КазНТУ им. К.И. Сатпаева, институт экономики и бизнеса Алматы 2007 год.

5. Свамбаев Е. А., Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г. А., Свамбаев А. Экономическая эффективность проведения экотоксикологических работ по обеспечению предельно допустимых выбросов в хвостхранилище – Материалы международной научно-практической конференции часть 2, МОиН РК, КазНТУ им. К.И. Сатпаева, институт экономики и бизнеса Алматы 2007 год.



УДК 622.411.3:0041(470,312)

ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХООБМЕНА ПО ФАКТОРУ ПОГЛОЩЕНИЯ КИСЛОРОДА ПОРИСТЫМ СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛОМ

Качурин Н.М., Титов Д.Ю., Стась Г.В.

Тульский государственный университет, Россия

В данной работе обоснованы зависимости поглощения кислорода воздуха строительными материалами подземных камер различного типа.

Ключевые слова: кислород, определение количества воздуха, подземные камеры.

До недавнего времени проблема кислородопотребления считалась относительно менее значимой, по сравнению, например, с глобальным загрязнением окружающей среды, разрушением озонового слоя и целым рядом других антропогенных воздействий. Вместе с тем, глобальные экологические факторы отличаются коренным образом от факторов локальных своей жесткой связанностью между собой.

Характерным отличием кислорода от других потребляемых ресурсов, является его относительно более быстрая воспроизводимость. Действительно, фотосинтезирующая способность фитопланктона океана, тропических лесов и сибирской тайги до сих пор оказывается



непревзойденной как биогенным, так и техногенным потреблением кислорода. На важность учета техногенного потребления указывает уже простое сопоставление годового биосферного обмена и антропогенного потребления

Еще большее значение имеет отношение концентрации кислорода и углекислого газа при газообмене в человеческом организме. Так, парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе составляет 150 мм рт.ст., а углекислого газа – 0,2 мм рт.ст. Уже в легких это соотношение изменяется, поскольку давление кислорода падает до 100 мм рт.ст., а углекислого газа возрастает до 45 мм рт.ст. Причем парциальное давление углекислого газа далее при газообмене не меняется в легких, артериальной и венозной крови, а также тканях организма. В артериальной крови давление кислорода падает еще до 80 мм рт.ст., а в тканях составляет только 30 мм рт.ст. Относительная стабильность давления углекислого газа понятна, поскольку именно он регулирует обмен веществ в организме, тонус сосудов, проницаемость клеточных мембран. Кислород же является окислителем для сжигания органических веществ. Следовательно, изменение указанных величин как в сторону увеличения, так и уменьшения одинаково опасно для организма. Снижение парциального давления кислорода приводит к так называемому кислородному голоданию.

Таким образом, атмосферный кислород, не являясь реально лимитированным фактором, тем не менее становится таким ресурсом, потребление которого не может быть неограниченным, и в настоящий момент величина его техногенного потребления уже близка к предельно допустимому соотношению между биотическим возобновлением и его поглощением.

Традиционно основными путями антропогенного потребления кислорода являются биологическое и технохимическое окисление, а также разбавление чистым воздухом техногенных примесей до нормативнодопустимых концентраций.

Само по себе антропогенное потребление кислорода на дыхание является сравнительно небольшим, весьма незначительно превышает физиологически необходимую норму и составляет на одного человека в среднем 0,57 кг/сутки чистого кислорода или 1:1 Гт/год на все человечество в целом (при его нынешней численности). Гораздо менее эффективным является кислородопотребление в сельском хозяйстве. Помимо того, что продуктивность агроценозов по кислороду в 3,54 раза меньше соответствующей площади лесов, еще более значительным является потребление кислорода при содержании сельскохозяйственных животных. Они окисляют при кормлении 5 Гт/год растительной био-

массы, на что требуется 5,4 Гт/год чистого кислорода. Видно, что уже рацион питания человека, являющегося, по существу, всеядным, крайне несбалансирован, если на производство части только белковой составляющей пищи тратится кислорода в 5 раз больше, чем биологически необходимого. Еще больше кислорода (почти 30 Гт/год) расходуется при сжигании 10 Гт/год топлива. Отсюда следует, что на производство требуемого всему человечеству 0,077 Гт/год сухого вещества пищи и 0,73 Гт/год промышленных изделий и материалов требуется кислорода в 32 раза больше, чем необходимо на дыхание обычному биологическому виду.

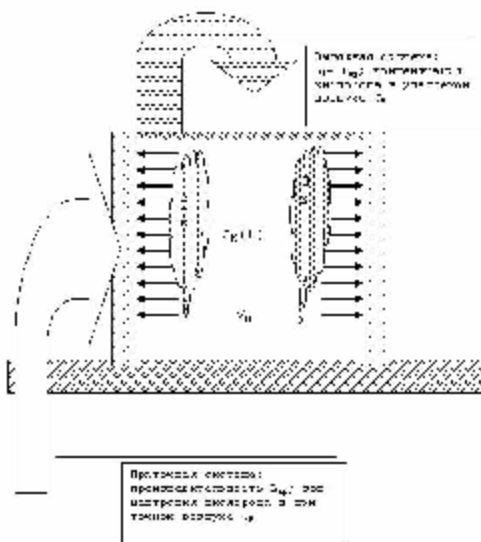


Рис. 1. Расчетная схема к определению воздухообмена в помещении при поглощении кислорода

Другими словами, ежегодно всем людям Земли требуется 2 млрд. м³ кислорода, в то же самое время на добычу и переработку материалов и сжигание топлива используется 65 млрд. м³ кислорода. Т.е. налицо значительный рост антропогенной нагрузки на биосферный кислородный массообмен.

Помимо всех вышеперечисленных составляющих техногенного кислородопотребления, существуют несколько еще не учитываемых в



глобальном балансе техногенного потребления кислорода. В частности, к ним относятся неорганизованные потребители кислорода, наиболее существенными из которых повсеместно используются в строительных материалах.

Взаимодействие кислорода с веществом строительных материалов представляет собой многостадийную, гетерогенную реакцию, которую условно можно разделить на несколько стадий. Перенос кислорода к реагирующим поверхностям данного вещества посредством фольмеровской и кнудсеновской диффузии провоцирует их взаимодействие, сущность которого во многом зависит от структуры строительного материала. Анализ надмолекулярных структур различных строительных материалов, полученных с использованием промышленных отходов, показал, что приемлема следующая модель структуры строительных материалов.

Макроэлементы сорбционно-активной составляющей вещества строительных материалов, как правило, представляют системы регулярного строения, расположенные на частично деформированных поверхностях. Нерегулярность укладки структурных подсистем приводит к появлению межэлементных полостей, внутренние поверхности которых способны сорбировать кислород на своих поверхностях. Следовательно, будет происходить физическая адсорбция кислорода на этих поверхностях, при которой его молекулы удерживаются на расстоянии 0,3 нм у активных поверхностей силами Ван-дер-Ваальса.

Далее для некоторой части молекул кислорода будет происходить хемосорбция, при которой адсорбированные молекулы удерживаются на расстоянии порядка 0,1 нм у активной поверхности силами химического сродства, аналогичными силами валентной связи между атомами в молекуле кислорода, в результате чего происходит распад молекул кислорода на атомы и радикалы и обмен электронами с атомами сорбционно-активных химических элементов, входящих в состав строительных материалов. Затем следует десорбция и отвод продуктов реакции от активной поверхности.

Это позволяет представить расчетную схему воздухообмена в помещениях в виде, показанном на рис.

Для рассматриваемых условий применим метод интегральной газовой динамики и, следовательно, баланс массы кислорода в помещении можно записать следующим образом:

$$V_n dC_K = C_B L_{np} dt - S_c AC_K dt - C_K L_{np} dt, \quad (1)$$

где V_n – объем помещения; C_K , C_B – массовые концентрации (масса газа, содержащаяся в единичном объеме воздуха) кислорода в помещении и в приточном воздухе соответственно; L_{np} – объем приточного

воздуха, подаваемого в помещение в единицу времени; S_c – суммарная площадь контакта строительных материалов пористой структуры с воздухом; A – коэффициент, характеризующий скорость поглощения кислорода;

$$A = \begin{cases} 0,707 \sqrt{\gamma DK \Gamma_K} & \text{при толщине поглотителя} \\ & \text{слоя более 1 см,} \\ \left(\frac{\psi - 1}{\psi + 1} \right) \sqrt{DK} & \text{при толщине поглотителя} \\ & \text{слоя до 1 см.} \end{cases} \quad (2)$$

Следовательно, математическая модель воздухообмена имеет вид:

$$V_n \frac{dC_K}{dt} = C_B L_{np} - (S_c A + L_{np}) C_K, \quad (3)$$

$$C_K(0) = C_B = \text{const}. \quad (4)$$

Решение уравнения (3) для условий (4) можно записать как

$$C_K(t) = \frac{C_B}{L_{np} + S_c A} \left[L_{np} + S_c A \exp \left(- \frac{L_{np} + S_c A}{V_n} t \right) \right]. \quad (5)$$

Вид зависимости (5) свидетельствует о том, что для этой функции существует ненулевая асимптота, то есть

$$C_{K\infty} = \lim_{t \rightarrow \infty} C_K = \frac{C_B}{L_{np} + S_c A}. \quad (6)$$

Разумеется, что стационарное состояние должно обеспечить выполнение следующего равенства: $ПДК = C_{K\infty}$. Тогда окончательно расчетная формула будет иметь вид:

$$L_{np} = \frac{3600 S_c A ПДК}{C_B - ПДК}. \quad (7)$$

Сравнение расчетных значений кратностей воздухообмена с нормативными кратностями показывает, что фактор поглощения кислорода в ряде случаев является преобладающим.

Таким образом, обоснована расчетная зависимость определения воздухообмена по фактору поглощения кислорода пористым строительным материалом, контактирующим с воздухом.





МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГАЗОВОЙ СИТУАЦИИ В ПОДЗЕМНЫХ КАМЕРАХ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПО ФАКТОРУ РАДОНОВЫДЕЛЕНИЯ

Качурин Н.М., Титов Д.Ю., Стась Г.В.

Тульский государственный университет, Россия

В данной статье разработаны методические положения расчета количества воздуха, необходимого для проветривания подземных камер различного назначения в шахтах Подмосковского угольного бассейна.

Ключевые слова: уран, расчет количества воздуха, подмосковный угольный бассейн.

Кризис наукоемких и высокотехнологичных отраслей промышленности создает реальную опасность снижения научно-технического потенциала и закрепляет тенденцию к деиндустриализации экономики. Анализ структуры научной деятельности позволил выявить следующие особенности, присущие научно-техническому комплексу региона. Неравномерное сокращение исследований привело к гипертрофированной структуре выполняемых исследований и разработок.

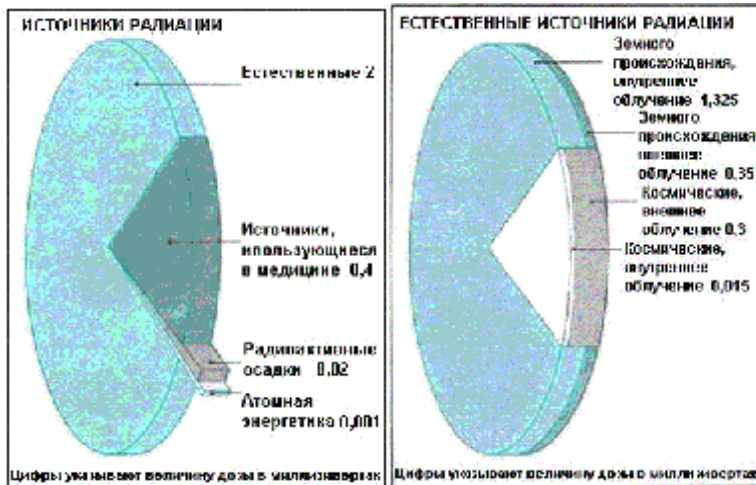
Экологическая обстановка Тульской области продолжает оставаться напряженной несмотря на экономический спад и снижение общей массы выбросов вредных веществ в окружающую природную среду. Данное обстоятельство является следствием длительного вредного антропогенного воздействия мощной промышленности Тульского региона практически на все природные среды, которое привело к накоплению значительных масс вредных веществ в почве и воде, где в настоящее время идет процесс их неконтролируемой миграции.

Угольные месторождения Подмосковского бассейна отличает то, что зольный остаток этих углей содержит в значительных количествах урановые примеси, следовательно, в процессе разработки образуемые поверхности обнажения угольных пластов будут являться источниками радонотделения в шахтную вентиляционную сеть (табл.1). Следует подчеркнуть две общие особенности распределения радионуклидов, выявленные на территории Тульской области: скрытый характер не выходящих на дневную поверхность урановых аномалий; присутствие аномалий радона в почвах и подземных водах, в том числе источников водоснабжения.

Основную часть облучения население земного шара получает от естественных источников радиации (рис.). Большинство из них таковы, что избежать облучения от них совершенно невозможно.

Таблица 1
Содержание урана в отвалах отработанных шахт треста «Богородицк-уголь»

Металлы	Концентрация урана, мг/кг			
	Ш 59	Ш 59	Ш 71	Ш 71
1	2	3	4	5
U	3,7	3,9	4,1	4,0
Sr	28,3	50,7	81,8	89,6
Pb	32,7	55,4	38,9	38,8
1	2	3	4	5
As	13,7	16,4	12,7	13,2
Zn	33,4	163,6	38,1	38,5
Cu	0	0	0	0
Ni	21,5	53,0	41,1	43,7
Fe	2,8	3,53	4,2	3,4
Co	1,2	8,3	0	2,1
Mn	32,1	48,9	43,7	36,3
Cr	59,2	87,3	94,6	106,6
V	60,6	92,5	110,0	104,5
Ti	0,6	1,0	1,1	1,2
pH	3,7	5,1	4,2	4,0



Естественные источники радиации



Согласно оценкам экспертов ООН радон вместе со своими дочерними продуктами распада дает около 50 % эквивалентной дозы облучения ($1 \text{ м}^3/\text{год}$). Большая часть радона попадает организм человека с воздухом.

В результате радиоактивного распада атомы радона попадают в кристаллическую решетку минералов. Процесс выделения радона из минералов и пород в поровое или трещинное пространство получил название эманирования. Не все атомы радона могут выделиться в поровое пространство, поэтому для характеристики степени высвобождения радона используется коэффициент эманирования. Его величина зависит от характера породы, ее структуры и степени ее раздробленности. Чем меньше зерна породы, чем больше внешняя поверхность зерен, тем активнее идет процесс эманирования.

Выделение радона в рабочее пространство происходит из угольного пласта, выработанного пространства и отбитого угля.

При дыхании в легкие за одну минуту попадают миллионы радиоактивных атомов радона, они избирательно накапливаются в некоторых органах и тканях, особенно в гипофизе и надпочечниках, этих двух важнейших железах внутренней секреции, определяющих гормональную активность организма и регулирующих деятельность вегетативной нервной системы, концентрируются также в сердце, печени и других жизненно важных органах. Растворяясь в крови и лимфе, радон и продукты его распада быстро разносятся по всему телу и приводят к внутреннему массированному облучению. В жировой ткани человека растворимость радона в десятки раз выше, чем в воде. При распаде радона образуются нелетучие радиоактивные продукты, которые с большим трудом выводятся из организма.

Единственным известным эффектом вдыхания радона является рак легкого. В США от рака легкого ежегодно умирает примерно 120000 человек. Агентство по охране окружающей среды США считает, что до 20000 из этого количества смертей связано с радоном. Если активность радона равна $37 \text{ Бк}/\text{м}^3$, то в этом случае 55 % суммарной дозы будет обусловлено радоном, 27 % - остальными естественными источниками и 18 % - искусственными источниками облучения.

Практика проектирования и эксплуатации систем вентиляции показывает, что до настоящего времени не прогнозируют возможные изменения газового состава воздуха.

Диффузионный перенос радона воздухом в подземных камерах происходит в стационарном режиме. Учитывая соотношения поперечных размеров и длины подземной камеры целесообразно рассматривать одномерную диффузию. Адаптируя математическую модель газо-

вой ситуации в подземной камере при постоянном атмосферном давлении к реальным физическим условиям, перенос радона можно описать следующим уравнением:

$$\frac{d^2 A_{Rn}}{dx^2} - \frac{u_{ПК}}{D_T} \frac{dA_{Rn}}{dx} - \frac{\lambda_{Rn}}{D_T} A_{Rn} + (\Sigma I_{Rn})_{ПК} D_T^{-1} = 0 \quad , \quad (1)$$

где A_{Rn} - удельная активность рудничного воздуха по радону; $u_{ПК}$ - средняя скорость воздуха в тупиковой подземной камере; D_T - коэффициент турбулентной диффузии; $(\Sigma I_{Rn})_{ПК}$ - суммарные выделения радона в воздух подземной камеры из различных источников.

Граничные условия для тупиковой подземной камеры имеют следующий вид:

$$A_{Rn}(0) = 0, \quad \lim_{x \rightarrow \infty} A_{Rn} \neq \infty. \quad (2)$$

Решение краевой задачи получено в следующем виде:

$$A_{Rn}(x) = \frac{(\Sigma I_{Rn})_{ПК}}{\lambda_{Rn}} \left\{ 1 - \exp \left[x \left(\frac{u_{ПБ}}{2D_T} - \sqrt{\frac{u_{ПБ}^2}{4D_T^2} + \frac{\lambda_{Rn}}{D_T}} \right) \right] \right\}. \quad (3)$$

В подземных камерах сквозного проветривания, где средняя скорость движения воздуха достаточно велика, можно пренебречь турбулентной диффузией, поэтому нестационарная конвективная диффузия радона в таких подземных камерах описывается одномерным уравнением первого порядка:

$$u_{СК} \frac{dA_{Rn}}{dx} = -\lambda_{Rn} A_{Rn} + (\Sigma I_{Rn})_{ПК}. \quad (4)$$

где $u_{СК}$ - средняя скорость воздуха в камерах сквозного проветривания.

Граничные условия для подземных камер сквозного проветривания имеют следующий вид:

$$A_{Rn}(0) = 0, \quad A_{Rn}(x) = A_{Rn}. \quad (5)$$

Решение уравнения (4) для условий (5) имеет вид:

$$A_{Rn}(x) = \frac{(\Sigma I_{Rn})_{ВП}}{\lambda_{Rn}} \left[1 - \exp \left(-\frac{\lambda_{Rn}}{u_{СК}} x \right) \right]. \quad (6)$$

Зависимости (3) и (6) позволяют рассчитать количество воздуха динамическим методом, в соответствии с которым средняя по сечению



подземной камеры концентрация радона не должна превышать ПДК. Решая уравнения (3) и (6) для $A_{Rn}(x)=ПДК$ соответственно при $x=L_{ПВ}$ и $x=L_{П.К}$ относительно средней скорости движения воздуха, и переходя к объемному расходу воздуха, получим, следующие формулы для расчета количества воздуха по фактору радоновыделений:

тупиковая подземная камера

$$Q_{Rn}^{ПК} = \frac{D_T S_{П.К}}{L_{ПВ} \sqrt{k_{YT}}} \left(\ln \left| 1 - \frac{\lambda_{Rn} ПДК_{Rn}}{(I_{Rn})_{П.К}} \right| - \frac{\lambda_{Rn} L_{П.К}}{D_T \ln \left| 1 - \frac{\lambda_{Rn} ПДК_{Rn}}{(I_{Rn})_{П.К}} \right|} \right)$$

подземная камера, проветриваемая сквозной струей,

$$Q_{Rn}^{П.К} = \frac{\lambda_{Rn} L_{П.К} S_{П.К}}{\ln \left| \frac{(I_{Rn})_{П.К}}{\lambda_{Rn} ПДК_{Rn} - (I_{Rn})_{П.К}} \right|}$$

где $Q_{Rn}^{П.К}$ - количество воздуха, которое необходимо подавать в подземную камеру, чтобы концентрация радона на исходящей струе не превышала ПДК_{Rn}; $L_{П.К}$ – проектная длина подземной камеры; $S_{П.К}$ – площадь поперечного сечения подземной камеры в свету; k_{YT} – коэффициент утечек воздуха в вентиляционном трубопроводе; $L_{П.К}$ – суммарная, проектная длина подземной камеры; $S_{П.К}$ – эквивалентная по расходу воздуха площадь поперечного сечения подземной камеры.

Расчеты, выполненные для среднестатистических значений горно-геологических условий и технологических параметров показали, что, как правило, фактор радоновыделений является превалирующим фактором при стабильно атмосферном давлении.

Таблица 2

Расчеты количества воздуха для подземных камер шахт

Подмосковного бассейна

№ п.п	Сочетание расчетных параметров	Расчетная газообильность, м ³ /мин		Расчетное количество воздуха, м ³ /мин	
		По углекислому газу	По радону	По углекислому газу	По радону
1	Максимальное	0,15	0,20	30 – 48	55
2	Минимальное	0,05	0,11	10 – 16	30
3	Среднее	0,09	0,15	18 – 29	41

Разработанные методические положения расчета количества воздуха, необходимого для проветривания подземных камер различного назначения в шахтах Подмосковского угольного бассейна, доказывают, что расчет необходимо проводить не только по углекислому газу, но и радону. Т.к. количество воздуха, необходимое для разбавления радона, на 20 - 30% превышает количество воздуха, требуемое для разбавления углекислого газа до предельно-допустимого значения.

Библиографический список

1. Качурин Н.М. Прогноз газовыделений и газовых ситуаций в угольных шахтах./Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Тула. - 1991. - 43 с.



УДК 658.567.1:621.002:62 – 404.9.

НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ КИСЛЫХ СТОКОВ В АППАРАТЕ С МАГНИТНО-КИПЯЩИМ СЛОЕМ

Шевелёв А.В., Ефимова Г.А., Лузев В.Ф., Макаров В.М.
Ярославский государственный технический университет

Проведено исследование процессов растворения гидроксида кальция и нейтрализации кислых растворов, содержащего ионы хрома(III), никеля (II), железа (III) в аппарате с магнитно-кипящим слоем. Магнитно-кипящий слой создавался с помощью ферромагнитных частиц из гексаферрита бария в полиуретановой оболочке путем воздействия на них вращающегося электромагнитного поля.

Сточные воды, сбрасываемые предприятиями, загрязнены различными веществами, характер и концентрация которых зависят от вида и технологии производства, сырья и реагентов, участвующих в технологическом процессе, технического состояния аппаратуры и оборудования, культуры эксплуатации. Все эти обстоятельства предопределили применение весьма разнообразных методов очистки. Широко применяются методы усреднения, смешения, нейтрализации, отстаивания, фильтрования, ионного обмена и др.

В различных отраслях народного хозяйства, в первую очередь, в машиностроении, широко применяется технология нанесения гальванических покрытий.



Стоки гальванического производства, обычно кислые, содержат тяжелые металлы и другие примеси. Стоки перед выпуском в канализацию или водоемы (в зависимости от местных условий) нейтрализуют до $\text{pH} = 6,5 - 9$ и освобождают от ионов металлов. Эти задачи решаются не всегда успешно, так как осаждение различных металлов происходит при pH широкого диапазона значений.

Самый распространенный метод очистки кислых стоков – метод нейтрализации с помощью гидроксида кальция. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ является хорошим нейтрализующим агентом, но он имеет недостатки - плохую растворимость и малую скорость нейтрализации. По нашему мнению, одним из путей интенсификации процессов нейтрализации является их проведение в аппаратах с магнитно-кипящим слоем (МКС). [1] Поэтому данная работа посвящена изучению закономерности нейтрализации сточной воды $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в аппарате с магнитно-кипящим слоем с целью уменьшения расхода данного реагента.

В реактор помещали различное количество ферромагнитных шариков, изготовленных из гексаферрита бария и покрытых оболочкой из полиуретана диаметром до 5 мм и до 10 мм. Затем в реактор вносили определенный объем кислого модельного раствора солей тяжелых металлов ($\text{Fe}(\text{III})$, $\text{Cr}(\text{III})$, $\text{Ni}(\text{II})$, $\text{Cu}(\text{II})$ и другие) и точный объем суспензии гидроксида кальция или его точную навеску. Модельные растворы готовили с использованием концентрированной H_2SO_4 и кристаллогидратов: $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Реактор плотно закрывали и помещали в электромагнитный аппарат (ЭМА). Путем воздействия вращающегося электромагнитного поля на ферромагнитные частицы в реакторе создавался вихревой поток. После обработки реакционной смеси в течение определенного времени раствор выливали и анализировали.

Характеристика растворов приведена в таблице 1.

К факторам, определяющими процесс нейтрализации в МКС, являются время контакта и интенсивность перемешивания реакционной массы. Интенсивность перемешивания в МКС может определяться количеством ферромагнитных частиц и их размером, а также напряженностью электромагнитного поля.

На рис. 1 представлены результаты опытов с модельным раствором №4 с наибольшей концентрацией индивидуального иона по влиянию времени перемешивания на процесс нейтрализации.

Как следует из представленных данных, глубина протекания процесса определяется в ЭМА.

Таблица 1

Характеристика модельных растворов

Показатели	Модельные растворы				
	1	2	3	4	5
pH	2,63	3,73	2,30	2,5	1,9
Концентрация Cr^{3+} , мг/л.	100	50	500	—	—
Концентрация Ni^{2+} , мг/л	—	—	—	500	—
Концентрация Fe^{3+} , мг/л	—	—	—	—	200

В МКС нейтрализация до pH=9,2 протекает за 5 минут. Дальнейшее увеличение времени обработки не вызывает изменений pH. При механическом перемешивании это значение pH не достигает даже за 20 минут. Отсюда следует, что скорость процесса в МКС значительно увеличивается по сравнению с механическим перемешиванием. Тем самым частично устраняется один из недостатков $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - малая скорость нейтрализации.

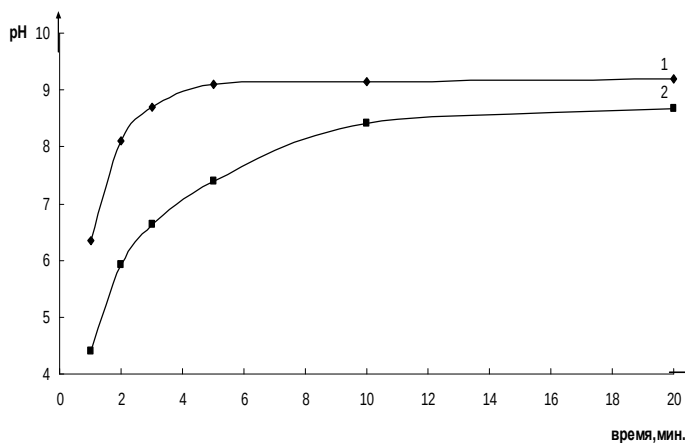


Рис. 1. Кинетика нейтрализации

$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0.15 \text{ г}$, $m_{\text{шарики}} = 170 \text{ г}$, $V_{\text{р-ра}} = 50 \text{ мл}$

1 – обработка раствора в магнитно - кипящем слое;

2 – обработка раствора при механическом перемешивании



Результаты экспериментов по влиянию размера частиц и напряжения питания ЭМА на процесс нейтрализации представлены в таблицах 2 и 3.

Таким образом, с увеличением размера ферромагнитных частиц нейтрализация протекает с большей интенсивностью, а увеличение напряжения не оказывает значительного влияния на процесс.

Таблица 2

Влияние на процесс нейтрализации размера ферромагнитных частиц

m(Ca(OH) ₂),г	Шарики диаметром до 1 см		Шарики диаметром до 5 мм	
	pH	Конц. ,мг/л	pH	Конц. ,мг/л
0,1	7,68	60	6,6	90
0,15	10,63	0,1	9,1	2,7
0,2	12,3	0,01	11,9	0,05

Таблица 3

Влияние напряжения на интенсивность процесса нейтрализации в магнитно-кипящем слое

m(Ca(OH) ₂),г	pH	
	U = 220 В	U = 380 В
0.15	9.1	9.2
0.2	11.9	11.87

В качестве нейтрализующего агента в работе использовали порошкообразный Ca(OH)₂, а также техническую гашеную известь, неоднородную по составу с включением крупных частиц диаметром до 0,5см.

Растворимость Ca(OH)₂ при 10⁰С составляет 1,25г/100 г воды; при 20⁰С-1,18 г/100г воды [2]

В данной работе растворяли Ca(OH)₂ при перемешивании в течение 5 минут на магнитной мешалке и такое же время в аппарате с МКС.

Результаты эксперимента представлены в таблице 4. Растворимость гидроксида кальция оценивали по значениям pH, электропроводности раствора, также титрованием отфильтрованного раствора соляной кислоты.

Как видно из данных таблицы 4, обработка в МКС суспензией порошкообразного Ca(OH)₂ приводит к незначительному увеличению растворимости гашеной извести. Обработка взвеси из технического

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ в МКС увеличила его растворимость на 15 %, что следует из увеличения значения концентрации.

Таблица 4

Растворимость $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в воде

Показатели	Порошкообразный Ca(OH) ₂		Технический Ca(OH) ₂	
	Способ растворения			
	Механическое перемешивание	МКС	Механическое перемешивание	МКС
pH	12.15	12,20	12,49	12,74
Электропроводность, мСм	5	5.1	5.2	6.3
Концентрация, г/л	1.24	1.33	1.258	1.48

Нейтрализация кислых стоков в магнитно-кипящем слое гидроксидом кальция.

Результаты потенциометрического титрования модельных растворов №1 и №2 5%-ой суспензией $\text{Ca}(\text{OH})_2$ представлены на рис. 2.

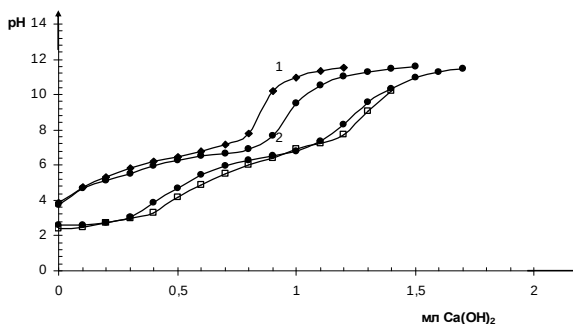


Рис. 2. Кривые титрования модельных растворов 5%-ой суспензией $\text{Ca}(\text{OH})_2$

1-кривая титрования модельного раствора №1

2- кривая титрования модельного раствора №2



Кривые титрования имеют два скачка: первый - в области $\text{pH}=2-6$, второй - в области $\text{pH}=7-12$, что соответствует двум стадиям протекания процесса:

1 стадия - нейтрализация H_2SO_4 : $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

2 стадия - осаждение $\text{Cr}(\text{OH})_3$: $\text{Cr}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3$

По литературным данным начало осаждения ионов $\text{Cr}(\text{III})$ происходит при $\text{pH}=4,9$, а заканчивается при $\text{pH}=6,8$ (при концентрации иона $\text{Cr}(\text{III})$ $0,01$ моль/л)[8].

Таким образом, гидроксид кальция при введении в гальваносток расходуется на нейтрализацию и осаждение ионов хрома.

По результатам титрования можно определить количество нейтрализующего агента, необходимое для доведения pH до 9. Именно такое значение pH создается в производственных условиях после очистки гальваностоков.

Нейтрализация модельного раствора №1 с концентрацией иона Cr^{3+} 100 мг/л одинаковым количеством 5%-ой суспензией порошкообразного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ не показала преимуществ проведения процесса в МКС: pH раствора, обработанного в магнитно - кипящем слое, составляет $7,45$, а при механическом - $7,44$.

На основании опыта было высказано предположение, что причиной отсутствия различий в проведенных экспериментах может явиться малая концентрация ионов Cr^{3+} в растворе, что требует столь же малого количества нейтрализующего агента, который берется в опыте в виде взвеси.

В связи с этим дальнейшие опыты проводились с использованием модельного раствора № 3, концентрация иона металла в котором составляла 500 мг/л (табл.1). А для нейтрализации брали точные навески сухого технического $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в количестве $0,14-0,26$ г, время перемешивания составляло 5 мин.

Выяснили, что при перемешивании модельного раствора с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в МКС для получения одинаковых значений pH требуется меньшее количество гашеной извести по сравнению с опытами, где использовалась магнитная мешалка. Помимо значения pH определялась и концентрация металла в растворе.

Следует отметить, что ионы хрома(III) отсутствуют в исследуемых растворах после создания $\text{pH}=9$ как при нейтрализации в МКС, так и при перемешивании магнитной мешалкой.

Аналогичные опыты были проведены с модельными растворами, содержащими ионы Ni^{2+} и Fe^{3+} , их характеристика приведена в таблице 1. На рисунке 3 представлены результаты опытов по нейтрализации модельных растворов.

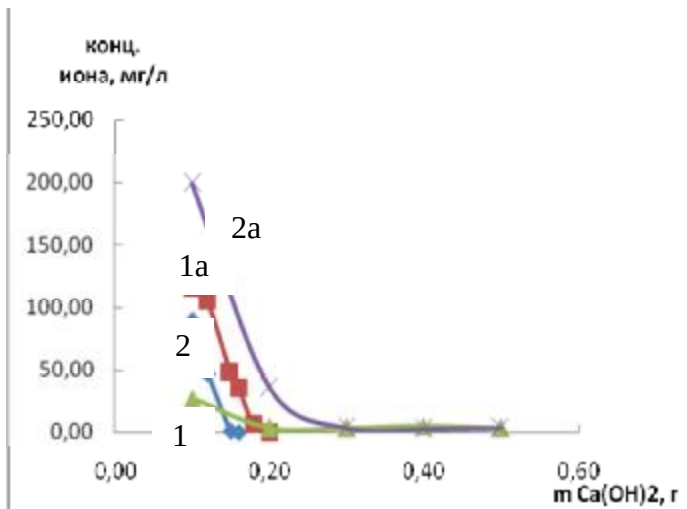


Рис. 3. Зависимость концентрации иона Ni(II) и иона Fe(III) (1a, 2a) в растворе от массы вводимого $\text{Ca}(\text{OH})_2$

1, 1a – обработка раствора в МКС;

2, 2a – обработка раствора при механическом перемешивании

Таким образом, при проведении нейтрализации в МКС значительно увеличивается скорость и глубина процесса, что можно объяснить не только повышением растворимости нейтрализующего агента, но и активацией поверхностей его частиц за счет деформации кристаллической решетки, т.к. в местах соударения ферромагнитных частиц по литературным данным могут возникать давления до тысяч мегапаскалей.[3] Кроме того, при интенсивном перемешивании постоянно удаляется с поверхности частиц гидроксида кальция нерастворимый сульфат кальция, который образуется при нейтрализации кислых стоков сульфат-ионами.

В итоге при проведении нейтрализации в МКС уменьшается расход нейтрализующего агента по сравнению с механическим перемешиванием и соответственно масса образующегося гальваношлама.

Библиографический список

1. Когановский А.Г. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А.Г. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко, - М.: Химия, 1983. – 288 с.
2. Лурье Ю.Ю. Химический анализ промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье,



А.И. Рыбников. – М.: Химия, 1974 – 336с

3.Логвиненко, Д.Д. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем / Д.Д. Логвиненко, О.П. Шеляков. – Киев: Техника, 1976.-430 с.

4.Бучило, Э. Очистка сточных вод травильных и гальванических отделений /Э. Бучило. – М.: Металлургия, 1974.-200 с.

5.Яковлев, С.В. Очистка производственных сточных вод /С.В. Яковлев, Л.А. Карелин – учебное пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1985.-389с.



УДК 669.712.2; 661. 862. 32; 628.335

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОЛУЧЕНИЮ БИОГАЗА ИЗ МОДЕЛЬНЫХ И РЕАЛЬНЫХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Айкынбаев А.Е., Мусина У.Ш.

*Казахский национальный технический университет имени
К.И.Сатпаева, Казахстан*

В работе представлены результаты исследований по получению биогаза из твердых бытовых отходов: модельных, близких к реальным отходам Карасайского полигона и реальных

Известно, что в культурах, полученных из массы ТБО Карасайского полигона, захороненных не более 5 лет, метанотрофы составляют 0,4–8 %, а при захоронении 5–10 лет их было более 50 % от общего числа микроорганизмов. При повышении срока захоронения число метанотрофов снижается.

Кинетические процессы, протекающие в теле полигона можно оценивать как двухфазовые:

- 1) количественное образование и скорость выделившегося газа;
- 2) скорость диффузии биогаза через тело полигона.

Процесс появления метана при разложении органического компонента отхода в анаэробных условиях оценивается с помощью метанового потенциала ТБО.

Метановый потенциал – это количество метана, выделяемое единицей массы отходов данного морфологического состава.

По мнению Вайсмана Я.И.(2003) метановый потенциал колеблется в пределах от 6,2 до 270 м³/т ТБО и зависит от содержания органического углерода и условий разложения.

Для исследований были приготовлены модельные составы ТБО г.Алматы, которые были предварительно измельчены.

В качестве имитируемого полигона был использован реактор, представленный на рисунке 1.

На рисунке 2 представлена установка получения биогаза и замер концентрации углекислого газа и метана газоанализатором «Анкат»

К реактору подведены трубки, опущенные в сосуд с водой.

В лабораторных исследованиях были использованы:

- 1) модельная смесь, имитирующая отход ТБО;
- 2) реальная проба, отобранная с Карасайского полигона весной

2006 г.

Модельная смесь была создана с учетом особенностей ТБО г.Алматы: бумага и картон 27,8 %; пищевые отходы – 23,4 %; влажность 16,4 – 41,5%; pH от 6,42 до 7,33.



Рис. 1. Реактор для исследования биodeградации модельной пробы ТБО. Отбор проб с полигона (месячного «возраста»)

Была подготовлена модельная смесь, содержащая 50 % горючей части (сухая бумага, древесина, текстиль, пленка) + 50 % компоста (пищевые отходы, влажная бумага) (таблица 1).

Лабораторная установка была заполнена смесью измельченных и увлажненных составляющих весом 1 кг и герметично закупорена на длительный период.

Контролировался момент выделения газа в водяную ловушку из шланга через каждый месяц.

1 «Зрелость» компоста фиксировалась с момента первого пробулькивания (примерно через 6 месяцев).

2 Биodeградация ТБО в биореакторах фиксировалась с момента интенсивного выделения газа.

3. Замер концентрации биогаза (отдельно CO_2 и CH_4) с помощью индикаторных трубок и прибора «Анкат».

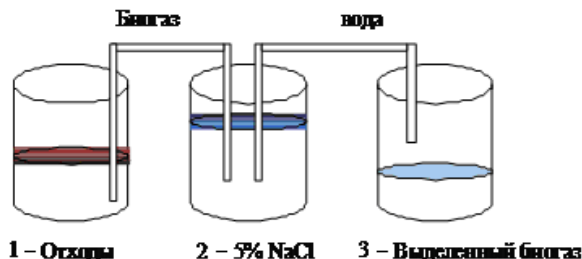


Рис. 2. Установка получения биогаза и замер концентрации углекислого газа и метана газоанализатором «Анкат»

Таблица 1

Морфологический состав модельной смеси ТБО

Составляющие смеси	Смесь	Морфологический состав ТБО	
Компост, г	500 (50 %)	Пищевые отходы	23,4
		Кости	0,2
		Бумага, картон	32,0
		Прочие	14,4
Горючая часть, г	500 (50 %)	Дерево	2,8
		Текстиль	1,5
		Кожа, каучук	0,5
		Бумага, картон	27,8
		Прочие	37,4

Компост используется в качестве стабилизатора для поддержания метаногенеза.

Результаты исследований представлены в виде таблицы 2 и рисунков 2 и 3.

В результате исследований установлено, что с момента закладки опытной лежалой влажной смеси (влажность 35%) (впервые реактор был откупорен через месяц) на 37-й день пузырьки газа были зафиксированы и была замерена концентрация CO_2 . Максимальное газовыделение было отмечено на 58-й день.

Таблица 2

Химический состав биогаза, полученного из модельной смеси и реальной пробы с полигона

По объему	Модельная смесь		Реальная проба ТБО с полигона	
	CO_2	CH_4	CO_2	CH_4
Состав биогаза, %	9	73	12	69

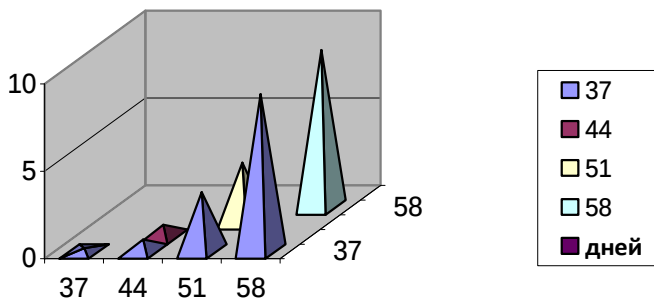


Рис. 2. Эмиссия CO_2 (через 37, 44, 51, 58 дней, эмиссия: 0,2; 0,7; 3,4; 9 %) из модельной смеси

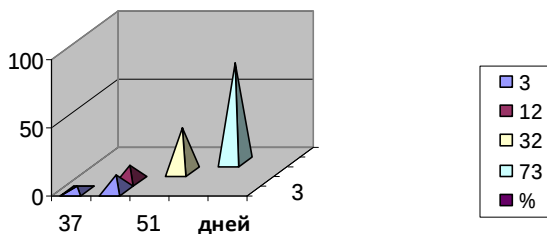


Рис. 3. Эмиссия CH_4 (через 37; 51; 58 дней эмиссия: 3, 12, 32, 73%) из модельной смеси

Содержание метана в выделившемся биогазе составило 73 %. рН разложившейся массы 7,3.

Установлено, что в герметичных условиях при закладке лежащих отходов с полигона интенсивное метанообразование отмечается на 50 день.





ПЕРЕРАБОТКА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ И НЕКОНДИЦИОННЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ РЕАГЕНТОВ С ЗАДАННЫМИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Мусина У.Ш.

*Казахский национальный технический университет имени
К.И.Сатпаева, Казахстан*

В работе представлен технологии получения композиционных реагентов для очистки природных и сточных вод из некондиционных бокситов Северного Казахстана и техногенных отходов производств (зол от сжигания углей, металлургических шлаков, кальцийсодержащих шламов), обладающих коагуляционными и сорбционными свойствами.

Современные экологические проблемы Казахстана связаны с многообразием и многочисленностью действующих на ее территории промышленных предприятий (нефтяной, горнодобывающей, цветной и черной металлургии, химической технологии, строительных материалов, машиностроения, энергетики и др.), что привело к образованию огромного количества техногенных отходов (шлаков, шламов, отвалов мелочи сырья, мелких фракций флюсов и восстановителей, вскрышных пород, золы ТЭЦ, твердых, жидких и газообразных отходов и т.д.), которые являются постоянными источниками загрязнения всех компонентов экосистем. Причем практически все отходы содержат ценные и полезные компоненты. Поэтому вопросы управления отходами, включающими обезвреживание и утилизацию вредных отходов путем разработки экологически чистых, мало-и безотходных технологий являются весьма актуальными.

В КазНТУ им.К.И.Сатпаева, на кафедре «Прикладная экология» разработаны технологии получения и применения реагентов для очистки природных и промышленных сточных вод от примесей коллоидной и ионной степени дисперсности: мелкодисперсных взвешенных веществ, катионов металлов, сульфат-ионов, фтора, нефтепродуктов с использованием структурно-связанных с алюминием, железом, кремнием соединений кальция, позволяющих повысить эффект очистки стоков и в дальнейшем, для их производства, использовать местное сырье и различные отходы производств.

Как известно, одним из традиционных, наиболее дешевых и технически осуществимых методов очистки природных и сточных вод являются реагентные методы: простота баковой аппаратуры, высокий эффект очистки воды.

Одно из ведущих мест занимает реагентная коагуляция и применение извести и известьсодержащих реагентов.

1. Одним из научных направлений кафедры является изучение теоретических основ получения модифицированных (композиционных) типов коагулянтов с заданными физико-химическими свойствами, обладающими хорошими коагулирующими и обесцвечивающими свойствами.

Известны способы применения в качестве коагулянтов механических смесей солей алюминия и железа, разработано множество технологий получения стандартного сульфата алюминия из различных видов природного сырья и отходов производств, однако все технологии включают переделы очистки алюминиевого коагулянта от примесей железа, мало изучены свойства и поведение смешанных сульфатных алюможелезистых коагулянтов (САЖК).

Научно-исследовательские работы кафедры посвящены получению смешанных коагулянтов – солей алюминия и железа, получаемых коллективно в результате разложения алюминийсодержащего сырья кислотными способами, а также физико-химические исследования процесса очистки воды с использованием этого коагулянта.

Перспективным сырьем являются краснооктябрьские бокситы Северного Казахстана, характеризующиеся повышенным содержанием кремнезема 9-15% SiO_2 ; железа в форме сидерита (15-20% Fe_2O_3) и других примесей. Экономически целесообразным является получение сульфатных коагулянтов, имеющих ряд преимуществ по сравнению с другими (нет дефицита серной кислоты, по многим показателям сульфаты эффективнее хлоридов, проще технология получения, меньше проблем с очисткой воды от хлоридов).

Найдены оптимальные условия сернокислотного выщелачивания краснооктябрьского боксита: температура 100-110°C; концентрация кислоты – 60%; продолжительность процесса 40 мин; расход серной кислоты 90 % от стехиометрически необходимого. Степень извлечения Al_2O_3 - 80%, Fe_2O_3 – 85%. По макрокомпонентам представительная проба боксита имела следующий состав, %: Al_2O_3 42,76; Fe_2O_3 19,05; SiO_2 14,77; CaO 3,5.

Полученный алюможелезистый коагулянт имел следующий состав, %: Al_2O_3 11,79; Fe_2O_3 6,9; FeO 1,7; свободная H_2SO_4 2,0; нерас-



творимый остаток 6,1; влажность 30,1; CaO 3,5, остальное MgO, SO₃ и др.

Таким образом, технологическая схема переработки краснооктябрьских бокситов включает следующие операции:

- дробление и измельчение исходного сырья;
- сернокислотное выщелачивание;
- разлив и кристаллизация плава;
- хранение навалом, затаривание готового коагулянта.

Технология получения АЖК технически приемлема и экономически выгодна, так как по сравнению с технологией получения стандартного сульфата алюминия исключаются следующие операции: отстаивание пульпы, упарка и обезвоживание сернокислотного раствора, дробление продукта.

Железо вместе с алюминием переходит в раствор, и их отделением друг от друга можно пренебречь, а использовать полученную смешанную массу (сульфат алюминия + сульфат железа + кремнийсодержащий нерастворимый остаток) в качестве реагента для очистки промышленных сточных вод.

Как показали исследования по применению коагулянта, очистка сточных вод протекает более глубоко при использовании неочищенного от нерастворимого остатка коагулянта. Нерастворимый остаток содержит в основном кремнезем, а также оксиды кальция, магния, титана, ряд редких рассеянных металлов. По сути нерастворимый остаток служит матрицей для протекания сорбционных процессов. Кроме того, правильное ведение процесса варки позволяет получать коагулянт без содержания свободной кислоты, что приводит к образованию гидроксосолей – выгодно сказывающихся на осветлительных и обесцвечивающих свойствах коагулянта.

Применение смешанного сульфатного алюможелезистого коагулянта (САЖК) значительно расширяет область оптимальных значений pH (от 3,5 до 11) благодаря разнообразию продуктов гидролиза и физико-химических свойств последних. При очистке сточной воды с помощью САЖК с отделенным нерастворимым остатком не наблюдалось «отлежки осадка», хлопья осаждались равномерно, благодаря тому, что хлопья сульфата алюминия легкие, а хлопья сульфата железа тяжелые. При очистке сточной воды с помощью САЖК неочищенного (вместе с нерастворимым остатком) наблюдалось уплотнение осадка, что связано с содержанием в нерастворимом остатке кальция и магния.

Определяли изoeлектрические точки для образовавшихся хлопьев гидроксидов алюминия и железа, которые в основном находились в интервале pH 6-7,5.

Исследования показали, что САЖК работают в широком интервале рН, в требуемых температурных интервалах, сочетающего коагуляционные и сорбционные свойства, благодаря своему составу и состоянию.

САЖК был опробован на различных типах вод: на оборотной воде ТЭЦ Согринской ТЭЦ в г.Усть-Каменогорске; природной воде реки Иртыш; сточной воде гальванического цеха Алма-Атинского завода «Электробытприбор» и других. Исследования показали, что реагент весьма эффективен и требует индивидуального подхода к отработке дозировки.

Так, при испытании коагулянта на оборотной воде Согринской ТЭЦ процесс очистки проводили совместно с известкованием, так как требовалось удалить не только щелочность исходной воды, но и органические коллоидные частицы, содержащиеся в подпитывающей воде из реки Иртыш, особенно повышающиеся во время паводка при таянии снега или дождей. В процессе известкования и коагуляции частично умягчалась вода и снижался сухой остаток, удалялись взвеси, кремний и железо, снизилась цветность воды. Процесс эффективен при исходной щелочности воды более 2 мг-экв/дм³, содержании взвесей не более 100 мг/дм³ и малой окисляемости до 10 мг/дм³ О₂. Доза извести 3,0 мг-экв/дм³. Реагенты применялись традиционно в виде пульпы (10% растворов). Крепость известкового молока 910 мг-экв/дм³, крепость смешанного коагулянта 685 мг-экв/дм³.

Лабораторные исследования проводились по общепринятой методике: при комнатной температуре в течение 30 минут при медленном перемешивании, достаточном, чтобы осадок находился во взвешенном состоянии, а образующиеся хлопья не разрушались. При дозировке извести 3,0 мл и дозе коагулянта 0,2 мл жесткость общая не превышала 2,8, содержание кремния 2,9; солесодержание 395; Fe²⁺ 2,01; рН 9,9; Al³⁺ 0,15.

Вода, очищенная с использованием САЖК по качеству не уступает оборотной воде ТЭЦ.

Смешанный коагулянт был опробован на питьевых водах, при этом показал высокий эффект очистки, имеет меньшую острую токсичность по сравнению со стандартным коагулянтом – сульфатом алюминия, может применяться и в зимнее время.

2. Другим направлением кафедры является получение и применение модифицированных реагентов-сорбентов на кальциевой основе, позволяющих удалять примеси молекулярной и ионной степени дисперсности до требуемых норм и следовых концентраций.



Известно, что самый многочисленный ряд изоморфных замещений образует кальций, затем алюминий, железо, кремний, образует искаженную структуру, которая может быть такой сильной, что возможна частичная аморфизация минерала. Следовательно, такие соединения обладают высокой поверхностной активностью и могут быть использованы для очистки промышленных стоков. Это объясняется тем, что кальций имеет непостоянную координацию, образуя соединения: C_3A , C_3S , γ - C_2S , CA , β - C_2S и др. и упорядоченную структуру, образуя гидравлически инертные C_2AS , CA_6 , α - C_2S .

Исследования показали, что высокоосновные минералы кальциевых систем имеют меньшую плотность, большую пористость и удельную поверхность, а особенности их структуры (большие полости и дефекты) объясняют хорошую сорбционную емкость этих реагентов, подтвердившиеся экспериментальными исследованиями по очистке модельных и реальных растворов.

Высокая степень очистки сточных вод при использовании всех высокоосновных минералов любой из кальциевых систем объясняется образованием труднорастворимых соединений, связываемых в сложные кристаллогидраты.

Вероятность удаления ряда примесей из растворов была выявлена в результате термодинамических расчетов реакций образования труднорастворимых соединений (например, при взаимодействии алюминатов кальция с сульфат-ионами) образуется сложное соединение эттрингит (или соль Кандло $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot (37-39)H_2O$), позволяющая снизить содержание сульфат-ионов до следовых концентраций.

По аналогии нами были проведены расчеты взаимодействия минералов с ионами фтора и фосфатами с образованием труднорастворимых соединений, удаляемых в виде осадков. Например, при взаимодействии с фторидами C_3A :

$3CaO \cdot Al_2O_3 + 12HF = 3CaF_2 \downarrow + 2AlF_3 \downarrow + 6H_2O$, $\Delta G = -1031,84$ кДж/моль.

При взаимодействии C_3S :

$3CaO \cdot SiO_2 + 6H^+ + 6F^- = 3CaF_2 \downarrow + SiO_2 + 3H_2O$, $\Delta G = -589,12$ кДж/моль; двухкальциевого силиката C_2S , $\Delta G = -339,37$ кДж/моль; моносиликата кальция CS , $\Delta G = -142,15$ кДж/моль, аналогично рассчитаны реакции с ферритами кальция.

Во всех случаях сохраняется закономерность термодинамической вероятности связывания примесей в труднорастворимые соединения предпочтительно с высокоосновными минералами.

На основании проведенных исследований были разработаны технологии получения реагентов на кальциевой основе из различных видов сырья: попутного продукта глиноземного производства, золы, глин, отходов производств и др.). В настоящее время проводятся работы по модифицированию состава и свойств реагентов.

Реагенты на кальциевой основе позволяют удалять катионы металлов (в т.ч. хром (3+,6+), мышьяк); анионы: сульфаты, фториды, частично хлориды; нефтепродукты, ПАВы и др. до требуемых норм ПДК.

На основании проведенных лабораторных и укрупненных испытаний установлено, что смешанный сульфатный алюможелезистый коагулянт ССАЖК по своим коагулирующим свойствам и эффективности близок к товарному сульфату алюминия ГОСТ 12966-85.



УДК 665.6

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Гурылёва Н. Л. , Тимрот С. Д.

Ярославский государственный технический университет

В работе проведено исследование реологических свойств суспензий на основе нефтешламов и отработанных моторных масел, оценена стабильность суспензий, в качестве ПАВ для стабилизации суспензий предложен кислый гудрон, определена энергия активации вязкого течения суспензий, получены данные по влиянию температуры и дозировки высоковязкого шлама на вязкость получаемых суспензий, выведены ориентировочные формулы зависимости динамической вязкости от дозировки различных видов нефтешламов.

Наибольшую сложность для переработки представляют пастообразные высоковязкие нефтешламы. Переработка этих нефтешламов зачастую затрудняется сложностью перекачивания и точной дозировки в технологический процесс. Вместе с тем, одной из актуальнейших проблем современного общества, по-прежнему, остается утилизация отработанных моторных масел [1].

Целью данной работы явилось исследование реологических свойств суспензий на основе нефтешламов и отработанных моторных масел для их последующей утилизации.



В ходе данной работы были исследованы нефтешламы двух видов: донный осадок прудов шламонакопителей и нефтешлам установки «Альфа-Лаваль» ОАО «Славнефть-ЯНОС», а также отработанные моторные масла трех видов: смесь отработанных минеральных масел, дизельное масло, полусинтетическое масло.

Вязкость суспензий и отработанных масел была измерена при различных скоростях сдвига $\dot{\gamma}$ - от 10 до 273 сек^{-1} в диапазоне температур от 20 до 60 $^{\circ}\text{C}$. При сравнении реологических кривых течения различных видов отработанных моторных масел, представленных на рисунках 1,2,3, было установлено, что отработанное минеральное масло с высоким содержанием механических примесей проявляет свойство тиксотропии при скоростях сдвига более 50 с^{-1} . Дизельное и полусинтетическое масло (30-60 $^{\circ}\text{C}$) ведут себя как, практически, ньютоновская жидкость. Такое различие в реологическом поведении можно объяснить высоким содержанием механических примесей и воды в моторном масле. То есть чем выше загрязненность масел, тем больше проявляется отклонение от ньютоновского характера течения.

Для исследования реологических свойств обезвоженных суспензий нефтешламов «Альфа-Лаваль» и донный осадок с отработанным дизельным маслом были получены реологические кривые течения материала, которые представлены на рисунках 4, 5.

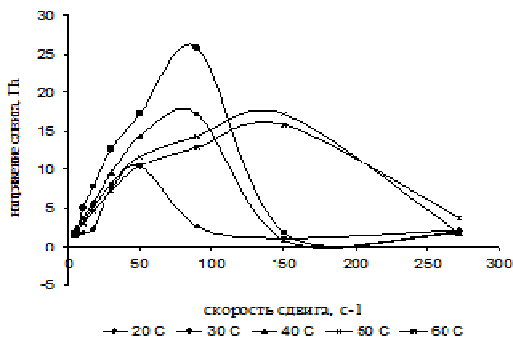


Рис. 1. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига отработанного минерального масла при различных температурах

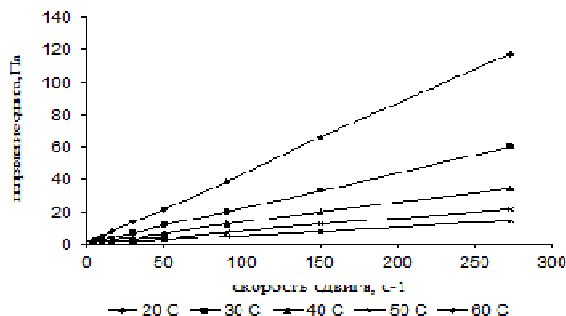


Рис.2. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига отработанного дизельного масла при различных температурах

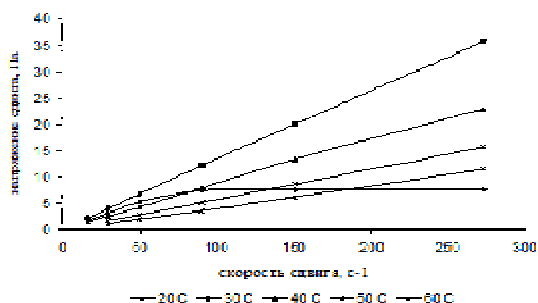


Рис. 3. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига отработанного полусинтетического масла марки ZIC при различных температурах

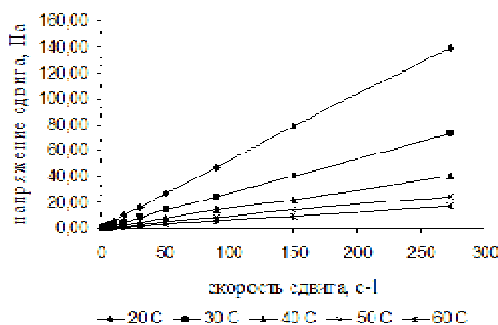


Рис. 4. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига обезвоженной суспензии (50% отработанное дизельное масло - 50 % нефтешлам донный осадок) от температуры



Как видно из полученных данных обезвоженная суспензия с содержанием донного осадка 50% ведет себя как типичная ньютоновская жидкость. Визуально для данной суспензии наблюдается однородность, без расслаивания на фазы в течение длительного времени. Напротив, для обезвоженной суспензии содержащей 50%-нефтешлама «Альфа-Лаваль» стабильности не наблюдается, суспензия расслаивается на фазы: тяжелые механические примеси и более легкие нефтепродукты. При температуре 20 °С суспензия нефтешлама «Альфа-Лаваль» проявляет значительное отклонение от ньютоновского характера течения, наблюдается явление тиксотропии. В диапазоне температур 30-60 °С отклонение от ньютоновского характера течения незначительное.

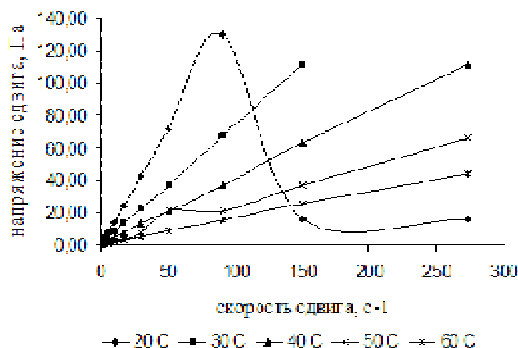


Рис. 5. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига обезвоженной суспензии (50% отработанное дизельное масло – 50% нефтешлам «Альфа-Лаваль») от температуры

Таким образом, по реологическим кривым течения суспензий при разной величине сдвига можно оценить стабильность суспензии. Данная зависимость может быть использована при разработке оптимальных составов суспензий для переработки в качестве критерия стабильности. С целью повышения стабильности суспензии на основе нефтешлама «Альфа-Лаваль» в работе был применен неионогенный ПАВ марки ОП-10. Была исследована эффективность реагента (ПАВ) в диапазоне концентраций 0,5-3%.

Данные, представленные на рисунке 6, свидетельствуют о том, что при введении в смесь, содержащей нефтешлам «Альфа-Лаваль» поверхностно-активного вещества в указанном диапазоне концентраций явление тиксотропии при температуре 20 °С не наблюдается. Та-

ким образом, для устранения неоднородности суспензии можно рекомендовать к использованию неионогенный ПАВ в количестве 0,5 %. Данная концентрация достаточна для получения эффективного результата и оптимальна с точки зрения затрат на реагенты.

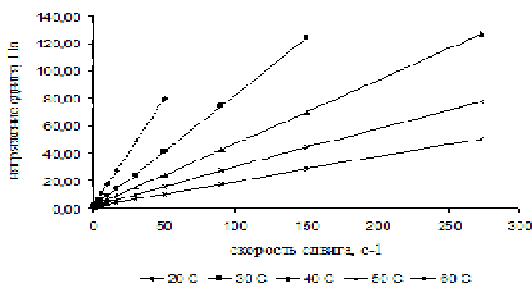


Рис. 6. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига обезвоженной суспензии (50% - отработанное дизельное масло, 50% - нефтешлам «Альфа-Лаваль» и 0,5% ПАВ) от температуры

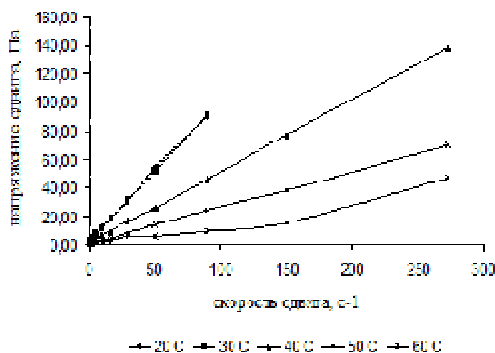


Рис. 7. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига обезвоженной суспензии (50% - отработанное дизельное масло, 50% - нефтешлам «Альфа-Лаваль» и 3% кислый гудрон) от температуры

С целью снижения стоимости гомогенизированной смеси в качестве поверхностно-активного вещества для стабилизации суспензии был предложен кислый гудрон средних сроков хранения ЯНПЗ им. Д. И. Менделеева.

Как видно из данных, представленных на рисунке 7 реологические кривые течения близки к ньютоновским, явления тиксотропии не наблюдается. Таким образом, неионогенный ПАВ может быть заменен



кислым гудроном, что позволит значительно снизить стоимость гомогенизированной смеси, избежать ее расслаивания, что особенно важно для подачи суспензии в технологический процесс.

В ходе проведенных исследований также была определена энергия активации вязкого течения суспензий, выражающая количественную оценку влияния температуры на вязкость материала (Таблица 1). Установлено, что энергии активации исследуемых суспензий близки к энергиям активации отработанных моторных масел. Для суспензий донного осадка и нефтешлама «Альфа-Лаваль» имеющих высокие энергии активации определяющим фактором при переработке будет температура, а не массовая доля нефтешлама. Таким образом, практическое значение полученных результатов заключается в возможности определения оптимальной температуры для транспортирования и гомогенизации исследуемых суспензий с другими материалами.

Также были получены данные по влиянию температуры и дозировки высоковязкого шлама на вязкость получаемых суспензий, были выведены ориентировочные формулы зависимости динамической вязкости от дозировки различных видов нефтешлама, позволяющие подобрать по требуемой величине вязкости состав материала и температуру переработки [2].

Таблица 1

Энергия активации вязкого течения различных веществ

Материал	E, кДж/моль
1.Отработанное минеральное масло	32,1
2.Отработанное дизельное масло	41,0
3.Отработанное полусинтетическое масло	14,4
4.Суспензия 50 % донный осадок, 50% минеральное масло	39,3
5.Суспензия 50% «Альфа-Лаваль» - 50% минеральное масло	29,4
6.Суспензия 50% «Альфа-Лаваль» - 50% дизельное масло	28,3
7.Суспензия 50% «Альфа-Лаваль» - 50% полусинтетическое масло	37
8.Гудрон	58,5
9.Битум	114,8

Таблица 2

Ориентировочные формулы зависимости динамической вязкости от дозировки различных нефтешламов и отработанных моторных масел при 20 °С

Вид суспензии	Ориентировочная формула зависимости динамической вязкости от дозировки нефтешлама при 20 0С	Величина достоверности аппроксимации R ₂
1. Донный осадок – минеральное масло	$\eta=0,0466.e^{0,0393\omega}$	0,9992
2. «Альфа-Лаваль» - отработанное минеральное масло	$\eta=3,39.\ln(\omega)-11,78$	0,9524
3. «Альфа-Лаваль» - отработанное дизельное масло	$\eta=3.10-5.\omega^{2,53}$	0,996
4. «Альфа-Лаваль» - отработанное полусинтетическое масло	$\eta=0,0156.\omega^{-0,02}$	0,9895

Оценена возможность транспортирования исследуемых суспензий перистальтическим насосом марки НП-50. Установлена возможность транспортирования исследуемых суспензий с массовой долей шлама до 80 %, т.к. динамическая вязкость данных суспензий меньше предельной динамической вязкости перекачиваемого материала.

Библиографический список:

1. Некрасова А. А. Исследование реологических свойств нефтесодержащих продуктов. Некрасова А. А., Гурылёва Н. Л., Тимрот С. Д // Шестьдесят вторая региональная научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием «МОЛОДЕЖЬ. НАУКА. ИННОВАЦИЯ-2009» 15 апреля 2009г., Ярославль: Тезисы докладов. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2009.-552с., с. 246
2. Гурылёва Н. Л. Исследование реологических свойств нефтемаслосодержащих отходов. Гурылёва Н. Л., Тимрот С. Д.// ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ: доклады всероссийской научн.-техн. конф.; под общ. ред. Э. М. Соколова. – Тула : Изд-во «Инновационные технологии», 2009 – 193с., с. 24-27





ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФА И ЕГО ДРЕВЕСНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Жигульская А.И.

Тверской государственный технический университет, Россия

Технологическая схема, включающая операции сводки кустарников и мелколеся, корчевки и вывозки пня, получения технологической щепы из пневой древесины торфяной залежи с обессмоливанием и разломом, представлена и рассмотрена с учетом предлагаемых вариантов ее усовершенствования и модернизации используемого оборудования.

Рациональное использование местных сырьевых ресурсов – одно из приоритетных направлений в работе перерабатывающих предприятий регионов. Торфяная отрасль является поставщиком на рынок сырья возобновляемого природного ресурса – торфа и его древесных включений, из которых можно получить около 80 наименований продуктов переработки.

Под пнистостью торфяной залежи понимается объем погребенных в залежи древесных остатков, выраженный в процентах к общему объему залежи (вместе с древесными остатками). Пнистость является одним из важнейших показателей торфяной залежи. Древесина различных пород сохраняется в залежи неодинаково. Пни и стволы деревьев лиственных пород (березы, ольхи и др.) быстро разлагаются, а сохранившиеся обладают малой прочностью и большого влияния на подготовку производственных полей к эксплуатации не оказывают. Пни, хвойных пород, особенно сосны, из-за специфического строения древесины в условиях торфяных залежей сохраняются тысячи лет, зачастую не теряют своей первоначальной прочности и очень сильно осложняют процессы подготовки и эксплуатации производственных площадей.

Для практических целей в большинстве случаев важно знать не общий показатель пнистости, а характер распределения пней по отдельным пластам залежи. Пни в залежи распределяются равномерно, если в процессе образования торфа не происходило каких-либо резких изменений в водовоздушном режиме залежи. Если же в процессе образования торфяного месторождения имели место периоды с резкими климатическими изменениями, когда изменялся водовоздушный режим и растительный состав, то и пнистость таких залежей изменяется

от слоя к слою. При этом установлена тесная связь между степенью разложения и содержанием пней в слое. Примером могут служить слои пограничных горизонтов (слои торфа мощностью 20—70 см со степенью разложения 40—60% и залегающие в неосушенных залежах на глубине 2—3 м), обладающие высокой степенью разложения и пнистостью, достигающей иногда 15%.

Распределение древесных остатков различной крупности по горизонтали обуславливается теми же причинами, которые определяют общее послыное распределение их. В залежах с низкой степенью разложения встречаются в основном мелкие пни, в прослойках с повышенной степенью разложения — пни средних размеров и, наконец, в пограничном горизонте сосредоточены крупные, достигающие иногда размаха корневых лап в 6 м и массой свыше 100 кг, а с приставшим к ним грунтом — 350—500 кг. Удаление таких пней из залежи связано с большими трудностями, а наличие древесных остатков в залежи сильно затрудняет или делает невозможным выполнение технологических операций по производству торфа, значительно усложняет подготовку эксплуатационных площадей. Следовательно, необходимо разработать и внедрить технологические схемы, позволяющие использовать в качестве исходного древесного сырья пневую древесину торфяной залежи.

Один из вариантов технологии комплексной и безотходной переработки торфа и его древесных включений состоит из следующих этапов: корчевка и вывозка пней с полей добычи торфа, разделка пней и складирование в караваны, получение технологической щепы на установке разделки пневой древесины и молотковой дробилке, экстракция (обессмоливание) дробленки или волокнистой массы, производство препаратов по борьбе с вредными насекомыми и болезнями растений на основе смолистых веществ из древесных включений торфяной залежи, размол обессмоленной щепы и использование полученной волокнистой массы в качестве связующей добавки для формованной продукции и плит различного назначения без применения химических добавок.

Под экстракцией обычно понимают извлечение тех или иных веществ из их смеси при помощи растворителя, избирательно растворяющего одно или несколько веществ, с дальнейшим выделением растворенного вещества от растворителя. Экстракция твердого тела жидкостью является весьма распространенным процессом. В основе процесса экстрагирования смолистых веществ органическим растворителем лежит явление диффузии. Сущность диффузии в данном процессе заключается в том, что растворы, имеющие разную концентрацию растворенного вещества, при соприкосновении будут взаимно протекать один в другой. С одной стороны растворенное вещество будет прони-



кать в окружающий растворитель с пониженной концентрацией растворенного вещества, что будет вызывать повышение его концентрации в окружающем растворителе, а с другой стороны, сам растворитель будет проникать в раствор повышенной концентрации и вызывать перенос новых порций экстрагируемого вещества.

Механизм процесса экстрагирования смолистых веществ сводится к следующему: растворитель проникая внутрь отдельных кусочков древесины, как через фибриллы волокон, так и непосредственно через клеточные стенки, растворяет смолистые вещества, находящиеся там. В результате чего внутри щепы образуется раствор смолистых веществ, имеющий более или менее высокую концентрацию.

Технологический процесс производства препарата «Садовый» из смолистых веществ пневмой древесины торфяной залежи состоит из следующих основных стадий: экстракция бензином измельченной пневой древесины; отгонка растворителя от экстракта (упарка бензинового экстракта и отгонка следов растворителя); нейтрализация смолистых веществ водным раствором соды с получением препарата «Садовый».

Щепа (дробленка) поставляется в цех обессмоливания пневмотранспортом из цеха заготовки и дробления пневой древесины. Отделяясь от воздушного потока в циклоне, щепа попадает в бункер. Из бункера пластинчатым питателем технологическая щепа загружается в специальные корзины, которые передвигаются по сырьевому отделению с помощью карусельного конвейера. Корзины со щепой с помощью электроталей доставляются в экстракторы, которые затем герметично закрываются. Днище и стенки корзин изготавливаются из металлической сетки, через отверстия которой могут проникать пары бензина. Через объемный мерник из промежуточной емкости в экстрактор с помощью поршневых насосов закачивается бензин.

Экстрагирование дробленки производится следующим образом: бензин через распределитель в верхней части орошает дробленку, проходит через нее и попадает в нижнюю часть экстрактора. Бензин начинает кипеть, пары бензина проходят через дробленку, прогревают ее до температуры 90° С и в верхней части экстрактора конденсируется на крышке. Конденсат стекает вниз и экстрагирует смолистые вещества, содержащиеся в древесине. Остатки не конденсировавшихся паров выносятся в наружный теплообменник, где полностью конденсируются и возвращаются обратно в экстрактор. Остатки не конденсировавшихся паров также после возвращения в экстрактор, также вступают в процесс экстрагирования. Длительность процесса составляет 3,5-4 часа. После окончания процесса экстракции прекращается подача греющего пара и в течение 30 минут удаляется экстракт из дробленки. Экс-

тракт стекает в кубовую часть и затем через фильтр, предназначенный для отделения древесной пыли, перекачивается в перегонный куб с помощью тех же насосов. После откачки экстракта прекращают подачу в конденсатор экстрактора охлаждающей воды. В нижнюю часть экстрактора подается острый пар для пропарки проэкстрагированной дробленки с целью удаления из нее остатков бензина. Пары бензина и воды конденсируются в теплообменнике, который включен в это время на прямую. Конденсат попадает в флорентину, где происходит отделение бензина от воды. Бензин отводится в емкость, а вода, пройдя дополнительную очистку, попадает в канализацию. Процесс пропарки дробленки происходит в течение 45 минут.

В перегонный куб закачивается бензиновый раствор экстрактивных веществ, после чего в змеевик, расположенный в нижней части куба, подается пар. Посредством змеевика происходит нагрев экстракта до температуры растворителя. В случае необходимости, для интенсификации процесса отгонки растворителя, в конце упаривания смолистых веществ можно подавать острый пар через барбатер. Пары бензина и воды отводятся в теплообменник, где конденсируются, а затем подаются в флорентину для дальнейшего отделения бензина от воды. Упаренный экстракт из перегонного куба подается в реактор-омылитель. Реактор оборудован мешалкой и рубашкой. В реактор подается пар для подогрева и окончательной отгонки растворителя. После того как бензин полностью отогнан проводят нейтрализацию смолистых веществ раствором соды. Для этого смолистые вещества предварительно охлаждают до температуры равной 40° С, подавая воду и постоянно перемешивая. Затем из реактора раствора соды подается порциями расчетное количество раствора Na_2CO_3 . Эта процедура длится в течение часа. Следует обратить внимание, что при температуре больше 50° С или при быстрой подаче большого количества соды возможно бурное вспенивание смеси и активное выделение углекислого газа. Затем температура поднимается до 50° С и при этой температуре происходит перемешивание в течении одного часа. После окончания перемешивания отбирается проба для определения рН-препарата. В случае рН меньше 9,4, в реактор подается необходимое для достижения указанной величины рН количество соды.

Препарат «Садовод» представляет собой густую массу со специфическим запахом, хорошо растворяющую в воде и предназначенную для защиты культурных насаждений в открытом грунте, теплицах, оранжереях от насекомых и вредителей. Препарат «Садовод» по обогреваемому трубопроводу в разливное отделение цеха, где разливает-



ся (фасуется) в потребляемую тару: стеклянные, полимерные банки и бутылки 250,500,1000 см³.

Обессмоленная щепа, уходящая на производство волокнистой связующей добавки, представляет собой щепу с размером 6х8х40 мм и влажностью 40 %, не содержащую в себе бензина. Дробленка после процесса обессмоливания через открывающееся дно корзины высыпается на пластинчатый питатель, с которого пересыпается на скребковый конвейер, посредством которого идет перемещение (транспортировка) щепы в цех получения древесноволокнистой массы.

Пневая дробленка, после экстракции, подается в бункер сварной конструкции, откуда дозатором отбирается в двухшнековый аппарат, где после переработки волокна лишаются наружных стенок без существенного укорочения и степень помола равна 10-12° ШР.

Результаты анализа технологических схем показывают, что двухшнековые (двухвинтовые) аппараты можно применять для предварительного размола сульфатной, небеленой целлюлозы, обработки макулатурной массы, размола отходов сортирования древесной массы, а также использовать на первой ступени размола щепы из древесных включений торфяной залежи (без операции пропарки после обессмоливания или с предварительной обработкой паром давлением 1,2 МПа и температурой 170 – 190° С).

В последние годы на стадии предварительного размола волокнистых полуфабрикатов высокой концентрации за рубежом широко используют главным образом двухвинтовые аппараты (фротопульперы). Фротопульпер состоит из следующих основных частей: корпуса, валов с подающими витками размалывающих червяков, верхней крышки с загрузочной воронкой, боковой крышки, лопастных винтов, механизма регулирования загрузочного отверстия. Размалываемый волокнистый материал подхватывается подающими витками и поступает в зону обработки. В рабочем зазоре между витками размалывающих червяков происходит интенсивная обработка волокон под действием сил сжатия и сдвига. Возникают значительные силы трения волокон друг о друга и о металлические поверхности внутри аппарата. В отличие от дисковых мельниц, где преобладают значительные срезающие усилия, в данном аппарате основное значение имеют нормальные силы при незначительном сдвиговом воздействии на волокна в межвитковом зазоре. Такое воздействие приводит к эффективному разделению полуфабриката на отдельные волокна без существенного их укорочения. Микрофотографии, выполненные на электронном микроскопе, показывают, что после обработки на фротопульпере волокна лишаются наружных стенок, интенсивно скручиваются и частично расщепляются.

Масса после фротопульпера подается в шнековый питатель дисковой мельницы МД – 1Ш5 на вторую ступень размола, затем поступает в массный бассейн. Для разбавления массы до концентрации 3,5% и снятия латентности в бассейн подается вода, имеющая температуру не менее 70°C. Далее масса по трубопроводу подается в цех горшков. При использовании волокнистой массы в производстве упаковки и плит различного назначения необходима третья ступень размола – мельница МД-00 и сгуститель массы.

Возможность получения длинноволокнистой массы из древесных включений торфяной залежи позволяет использовать данное исходное сырье в качестве связующей добавки для производства формованной продукции и плит различного назначения на основе торфа и древесных отходов добычи торфяного сырья.

При разработке и подготовке к эксплуатации торфяных месторождений извлекается большое количество древесных включений, которые обычно не находят квалифицированного применения и только частично используются как технологическое топливо. Целесообразность комплексного использования древесных включений торфа для производства целлюлозы, картона, арболита, торфодревесных, древесно-стружечных и древесно-волокнистых плит и другой продукции очевидна и подтверждена лабораторными и промышленными экспериментами. Решение данного вопроса позволяет отказаться от дорогостоящих материалов целлюлозно-бумажной промышленности и дает возможность использовать собственное сырье торфопредприятий, находящее в настоящее время весьма ограниченное применение. Такой подход к использованию древесных включений торфа отвечает актуальным требованиям безотходной и ресурсосберегающей технологии, так как применение пневой древесины для промышленных нужд снижает миллионы кубометров деловой древесины.

Переработка древесных включений торфа, являющихся побочным продуктом его добычи, позволяет соблюдать несколько основных требований, являющихся основополагающими при создании новых рациональных технологий и оборудования: безотходность, ресурсосбережение (замена деловой древесины вторичной и отходами лесной и деревоперерабатывающих отраслей); снижение металлоемкости и энергоемкости оборудования), компактность и малогабаритность линий с многовариантной компоновкой оборудования, экологичность производства и выпускаемой продукции.

Библиографический список

1. Кудимов Л.П. Кусков Ю.Д. Сафонов К.Е. *Технология и комплексная механизация подготовки торфяных месторождений к разработке.*– М.: Недра, 1974.



2. Жигульская А.И., Самсонов Л.Н. Варианты технологической схемы производства связующих добавок для торфяных горшочков. Горный информационно-аналитический бюллетень.-2002.-№3.



УДК 628.543:621.7

УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ: КАРБОНАТА БАРИЯ, ХЛОРИДА БАРИЯ И ОТРАБОТАННОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУЛЬФАТА БАРИЯ

Сагинова Л.Г., Макаров В.М.

Ярославский государственный технический университет

В данной статье описывается способ утилизации карбоната бария и хлорида бария путем перевода карбонат- и хлорид - ионов в сульфаты при добавлении в реакционную смесь отработанной аккумуляторной серной кислоты. В качестве конечного продукта образуется мелкодисперсный порошок белого цвета сернокислого бария.

Поиск путей совершенствования технологий в области переработки техногенных отходов становится все более актуальным с развитием традиционных и новых отраслей промышленности. Повышенного внимания требуют технологии утилизации отходов первого класса опасности, к которым относятся отход регенерации щелочных аккумуляторов карбонат бария и отход соляных ванн термического производства сульфид бария.

В процессе эксплуатации щелочных батарей железнодорожного подвижного состава электролит поглощает из воздуха углекислый газ, который образует углекислые соли щелочных металлов (карбонаты). Наличие карбонатов в электролите снижает ёмкость аккумулятора и ускоряет его саморазряд. Отработанный электролит собирается в ёмкости и подвергается регенерации, которая заключается в обработке электролита гидроксидом бария ($\text{Ba}(\text{OH})_2$), в результате чего образуется белый осадок карбоната бария (BaCO_3). На Северной железной дороге ежегодно образуется около 100 т данного вида отхода.

Отход соляных ванн термического производства образуется на машиностроительных заводах при смене и очистке от окалина и других загрязнений ванн закалки стальных изделий. Является твердым

крупнокусовым материалом и состоит из водорастворимой части (в основном в виде хлористого бария) и водонерастворимой части (в виде феррита и оксида бария) в соотношении, близком 1:1. Примерное количество данного вида отхода по Ярославской области составляет 60 т.

Химический состав карбоната и хлорида бария представлен в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Химический состав отхода регенерации щелочных аккумуляторов

Компонент	Содержание, %
BaCO ₃	95,8
Fe в пересчете на металл	0,07
Ni в пересчете на NiO	0,067
Cd в пересчете на CdO	0,035
Массовая доля веществ, не растворимых в HCl	0,1
Кислота серная	-

Таблица 2

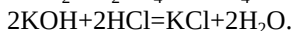
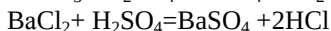
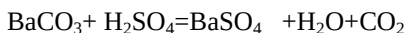
Химический состав отхода соляных ванн термического производства

Компоненты	Содержание, %		
	Растворимой в воде части	Нерастворимой в воде части	
		Магнитной фракции	Немагнитной фракции
Feобщ	Следы	15,5	0,21
Ba	26,5	2,54	23,3
Хлориды	14,9	-	-
K	0,08	-	-
Na	0,08	-	-
Ca	0,16	-	0,18
Вещества, нерастворимые в HCl	-	5,22	4,99
Итого	41,72	23,26	28,68

На кафедре ОТП (Охрана труда и природы) Ярославского государственного технического университета разработан способ утилизации вышеуказанных отходов с получением сульфата бария путем перевода карбонат- и хлорид- ионов в сульфаты при добавлении в реакционную смесь отработанной аккумуляторной серной кислоты. Первоначально в реакционную смесь подавались карбонат бария и отработанная аккумуляторная серная кислота в стехиометрическом соотно-



шении. Максимальный выход сульфата бария BaSO_4 72 % наблюдался при увеличении содержания отхода H_2SO_4 до 126 % от стехиометрии. С целью полного перевода BaCO_3 в BaSO_4 в реакционную смесь добавляли растворимую часть отхода соляных ванн термического производства BaCl_2 . Полнота прохождения реакции достигалась за счет разрушения кристаллических агломератов под воздействием соляной кислоты



Полученный сернокислый барий является мелкодисперсным порошком белого цвета, может быть использован как сырье для ряда производств химической, лакокрасочной, резинотехнической, электротехнической, асбестотехнической промышленности и как утяжелитель буровых растворов.



УДК 628.543:621.7

ПОЛУЧЕНИЕ ПИГМЕНТОВ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ХРОМИРОВАНИЯ

Сагинова Л.Г., Макаров В.М.

Ярославский государственный технический университет

В данной статье описывается способ получения пигментов из отработанных электролитов хромирования при отделении от них посторонних металлов (железа, цинка, меди) путем последовательного отделения последних в виде гидроксидов. Конечным продуктом является оксид трехвалентного хрома, который содержит в своем составе небольшое количество ионов шестивалентного хрома, что позволяет использовать продукт в качестве антикоррозионного пигмента.

Гальваническое производство является одним из крупнейших потребителей цветных металлов. Наиболее опасным источником загрязнения окружающей среды являются отработанные концентрированные растворы (электролиты и травильные растворы). Сбросы отработанных растворов по объему составляют 0,2-0,3 % от общего объема сточных вод гальванического производства, а по массе сбрасываемых загрязнений составляют 70 %. В настоящее время отработанные растворы практически не перерабатываются.

Как правило, отработанные электролиты, содержащие соли тяжелых металлов, и травильные растворы гальванического производства смешивают, подвергая обработке гидроксидом кальция или другими реагентами без утилизации компонентов. В результате чего получается шлам из гидроксидов металлов и сульфата кальция, который складывается на поверхности и в недрах земли и является стабильным источником загрязнения окружающей среды. [1]

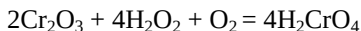
В Ярославском государственном техническом университете разработана технология утилизации отработанных электролитов хромирования в пигменты. Объектами исследования являлись хромосодержащий отход гальванического производства АСО «Вымпел» (г Рыбинск) и отход гальванических ванн хромирования и цинкования ОАО «Славич» (г. Переславль-Залесский), химический состав которых представлен в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Химический состав жидкого хромосодержащего отхода гальванического производства АСО «Вымпел»

Определяемый компонент	Содержание компонента, г/дм ³
Хром (III)	36
Хром (VI)	77
Железо	37,5
Цинк	1,5
Хлориды	0,3
Сульфаты	1,0

Присутствие в составе отходов железа, цинка, меди может негативно сказаться на качестве получаемого продукта - оксида трехвалентного хрома. Поэтому для получения более чистого пигмента необходимо произвести отделение посторонних металлов. В составе отхода АСО «Вымпел» содержится хром с валентностью 3 и 6. Первым этапом является перевод хрома 3-хвалентного в хром с валентностью 6 путем добавления избытка перекиси водорода при подогреве в кислой среде.



Осаждение железа и цинка проводили последовательным подщелачиванием раствором гидроксида калия сначала до pH=5,5 для осаждения железа, затем до pH=9 для осаждения цинка.

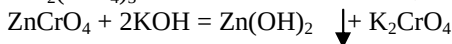
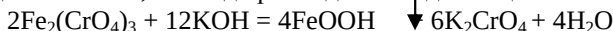


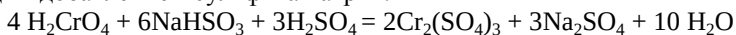


Таблица 2

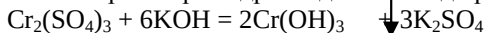
Химический состав отходов гальванических ванн хромирования и цинкования ОАО «Славич»

Определяемый компонент	Содержание компонента
Влажность	7,2 %
Массовая доля веществ, нерастворимых в HCl	8,3 %
Содержание элементов в пересчете на металл:	
Хром (VI)	15,1 г/дм ³
Железо	7,0 г/дм ³
Цинк	1,0 г/дм ³
Медь	0,1 г/дм ³
Кальций	14,2 г/дм ³
Натрий	3,0 г/дм ³
Содержание хлоридов в пересчете на Cl ⁻	12,0 г/дм ³
Содержание сульфатов в пересчете на SO ₄ ²⁻	4,1 г/дм ³

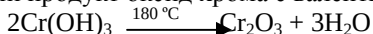
Осадки отделялись последовательно от жидкой фазы, и восстановление хрома шестивалентного в трёхвалентный производилось реагентным методом при подкислении раствора серной кислотой с последующим добавлением сульфита натрия.



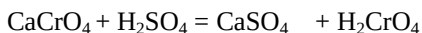
Осаждение гидроксида трёхвалентного хрома проводилось подщелачиванием раствора гидроксидом калия до pH=8.



Осадок промывали и просушивали. В результате получался конечный продукт оксид хрома с валентностью 3.



Отходы ванн хромирования и цинкования ОАО «Славич» отличаются от предыдущего отхода тем, что содержат в своем составе катионы кальция, поэтому они отделялись в виде сульфата кальция в кислой среде.



Отделение железа и меди проводилось по вышеприведенным реакциям.

В результате эксперимента был получен ряд пигментов, различных по цвету в зависимости от технологических операций (таблица 3).

Таблица 3

Физико-химические показатели пигментов, полученных на основе оксида хрома III

Условия проведения эксперимента	Цвет	Влажность, %	Содержание веществ, %		Содержание Zn в водной фазе после получения пигмента, %
			Водорастворимых солей	Хрома (IV)	
Отделение Са	Болотный	0,2	1,0	0,43	0,02
Отделение Са и Fe	Светло-зеленый	0,2	0,8	0,21	0,04
Отделение Са, Fe и Zn	Зеленый	0,2	0,6	0,19	0,85

Присутствие шестивалентного хрома позволяет использовать полученные оксиды не только в качестве зеленого пигмента, но и в качестве антикоррозионного пигмента.

[1] Инженерная защита окружающей среды. Под общей редакцией Ю.А. Бирмана, Н.Г. Вурдовой: - М.: изд-во АСВ, 2002 – 296 стр. с иллюстрациями.



УДК 628.543:621.7

ФЕРРИТЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ КАК ПРОМОТОРЫ АДГЕЗИИ РЕЗИНЫ К ЛАТУНИРОВАННОМУ МЕТАЛЛОКОРДУ

Сагинова Л.Г., Макаров В.М., Ефимова Г.А.

Ярославский государственный технический университет

В данной статье описывается возможность применения в качестве промоторов адгезии резины к латунированному металлокорду гексаферритов бария, полученных при прокаливании при температуре 900 °С смеси отхода регенерации щелочных аккумуляторов (карбоната бария) и гальваношламов.

При креплении резины к металлу через слой латуни, являющейся сплавом меди и цинка, для усиления адгезионного взаимодействия между резиной и латунью в резиновую смесь вводят специальные добавки – промоторы адгезии. Наиболее часто применяемыми промото-



рами адгезии являются соединения металлов переменной валентности, в частности, кобальта, никеля, железа, меди [1]. Наиболее эффективными традиционно считаются соединения кобальта и никеля [2]. При креплении к металлу синтетических каучуков полезно присутствие некоторых соединений, деструктурирующих каучук (меди, кобальта, железа и др.). Хорошо соединяются с металлом резиновые смеси, содержащие большие количества оксида цинка [3].

Гальваношламы обычно не содержат соединений кобальта. Однако количество соединений никеля (в пересчете на оксид) в них может достигать двадцати и более процентов. Наряду с соединениями никеля гальваношламы содержат соединения железа, меди и ряда других металлов переменной валентности (цинк, хром), которые менее эффективно способствуют образованию дополнительных адгезионных связей на границе резина-латунь вследствие своей высокой каталитической активности [4,5]. Так как гальваношлам представляет собой многокомпонентную систему, можно ожидать синергетического эффекта при воздействии соединений металлов, составляющих гальваношлам, на адгезионное взаимодействие резины с латунью [3].

Согласно полученным дериватограммам, высушенный при 110 °С гальваношлам состоит преимущественно из гидроксидов металлов (железа, хрома, цинка, никеля, меди), при прокаливании при температуре выше 300 °С – из оксидов, при прокаливании при температуре более 900 °С – из ферритов общей формулы $\text{MeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ или $\text{Me}'_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, где Me и Me' – ион двух- или трехвалентного металла соответственно.

Таким образом прокаленные при температуре более 900 °С гальваношламы представляют смешанные ферриты, относящиеся к магнитомягким материалам, намагничивающимся до насыщения в относительно слабых магнитных полях напряженностью от 8 до 800 А/м, характеризующиеся высокой магнитной проницаемостью, низкой коэрцитивной силой, малыми потерями на гистерезис и вихревые токи.

При добавлении различными способами перед прокаливанием при температурах выше 1000 °С солей бария железосодержащие гальваношламы образуют гексаферриты бария ($6\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{BaO}$), являющиеся магнитотвердыми материалами, которые при намагничивании становятся постоянными магнитами. В качестве барийсодержащей соли нами использован отход, образующийся при регенерации электролита щелочных аккумуляторов. В рабочем режиме электролит КОН насыщается углекислым газом из атмосферы ($2\text{KOH} + \text{CO}_2 = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$). Регенерация проводится путем добавления гидроксида бария по реакции: $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = 2\text{KOH} + \text{BaCO}_3$, в результате которой выпада-

ет осадок, содержащий до 96 % BaCO_3 (отход первого класса опасности).

Изготовление гексаферритов бария из этого отхода является важным мероприятием по защите окружающей среды, поскольку отсутствуют полигоны для захоронения опасных промышленных отходов.

Исследование возможности использования прокаленного гальваношлама и гексаферрита бария из отходов проводилось с целью улучшить прочность связи резины с металлом в процессе эксплуатации изделий (в данном случае автопокрышек), не только используя физический и химический механизм взаимодействия резины и металла в зоне контакта, но и ориентируясь на магнитные свойства вышеуказанных промоторов адгезии, взаимодействующих с магнитным полем земли.

Магнитное поле Земли до расстояний, равных приблизительно трем радиусам Земли соответствует полю однородного намагниченного шара с напряженностью поля 33,4-55,7 А/м.

Для проведения экспериментов был взят гальваношлам после электрокоагуляционной очистки сточных вод гальванического цеха одного из машиностроительных заводов, содержащий в пересчете на гидроксид железа 51,7 %, никеля 0,25 %, меди 0,58 %, хрома 6,78%, цинка 9,98 %. С использованием гальваношлама и отхода регенерации электролита щелочных аккумуляторов при стехиометрическом соотношении $6\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{BaO}$ был также получен гексаферрит бария.

В качестве объекта исследования была также взята серийная брекерная резиновая смесь, применяемая для обкладки латунированного металлокорда. На основе данной резиновой смеси были приготовлены четыре образца: один контрольный, содержащий в качестве промотора адгезии нафтенат кобальта в количестве 1 масс.ч. на 100 масс.ч каучука СКИ-3, и три опытные, где нафтенат кобальта был заменен на 2 масс.ч. переработанного гальваношлама, состоящего из гидроксидов тяжелых металлов после прокаливания при 600 °С, ферритов – после прокаливания при 900 °С. Увеличение дозировки по сравнению с нафтенатом кобальта аргументировалось более трудной диспергируемостью неорганического ингридиента.

Из результатов, полученных на виброреометре «Монсанто», видно, что замена нафтената кобальта оказывает незначительное влияние на кинетику вулканизации резиновых смесей. При этом у опытных смесей наблюдается некоторое увеличение времени начала вулканизации.



При оценке физико-химических показателей выявлено незначительное снижение показателя напряжения при заданном удлинении. Однако прочность вулканизатов осталась на уровне серийной резины. Сопротивление раздиру опытных резин несколько выше, чем у серийной. Термостойкость опытных резин выше, причем более существенно при увеличении температуры обработки гальваношлама.

Старение вулканизатов проводилось в термокамере при 100 °С в течение 24, 48 и 72 часов. Согласно полученным данным опытные резины после 24 – часового старения показали лучшее сопротивление тепловому старению, как по изменению условной прочности, так и по относительному изменению при разрыве. При старении в течение 48 и 72 часов коэффициенты сопротивления тепловому старению не отличались у серийной и опытных смесей.

Динамический модуль и модуль внутреннего трения при знакопеременном изгибе у опытных резин находится на уровне серийной. При этом наибольшее значение динамического модуля при знакопеременном изгибе соответствует резине с гальваношламом, прокаленным при температуре 900 °С.

Прочность крепления к латунированному металлокорду при замене на термообработанный гальваношлам существенно возрастает как при испытании при 20 °С, так и при 100 °С, то есть при температуре, наиболее соответствующей условиям эксплуатации брекерной резины. Данное явление можно объяснить большей термостойкостью самой резины с гальваношламом, а также большей стойкостью к действию высоких температур адгезионного слоя между резиной и латунью, состоящего из сульфидов металлов (преимущественно меди и цинка).

Целесообразность применения гексаферрита бария в качестве промотора адгезии для латунированного металлокорда была оценена совместно с центральной заводской лабораторией ОАО «Ярославский шинный завод». Испытания гексаферрита бария проводились также в рецептуре брекерной резиновой смеси на основе 100 масс.ч. СКИЗ в сравнении с нафтенатом кобальта. Смесь изготавливалась в лабораторном резиносмесителе с введением серы на вальцах. С целью определения функций, которые могут выполнить модификаторы в резиновых смесях и вулканизатах, исследовали влияние гексаферрита бария на кинетику вулканизации и физико-механические характеристики вулканизатов. Содержание гексаферрита бария варьировали от 0 до 2 масс.ч.

Анализируя экспериментальные данные по кинетике вулканизации резиновых смесей, можно отметить, что с увеличением содержания гексаферрита бария (ГФБ) минимальный крутящий момент, харак-

теризующий начальную вязкость, растет. Оптимальное время вулканизации резиновой смеси снижается с увеличением содержания ГФБ, а скорость вулканизации растет.

Физико-химические испытания вулканизатов показали, что по комплексу прочностных свойств, твердости и эластичности по отскоку резины с ГФБ и нафтенитом кобальта отличаются незначительно.

Коэффициент теплового старения по условной прочности и сопротивлению раздиру резин, содержащих ГФБ, близок к сопротивлению тепловому старению резин, содержащих в своем составе нафтенат кобальта. Коэффициенты температуростойкости анализируемых резин имеют одинаковый характер.

Усталостная выносливость при многократных деформациях растяжения после старения у резин, содержащих ГФБ, выше, чем у эталона. Теплообразование находится на одном уровне.

Оценивали влияние ГФБ и его содержание на прочность связи резины с металлокордом 28 л 22/45 по Н-методу при 20 и 120 °С, а также после теплового, солевого и паровоздушного старения.

На основании полученных данных можно отметить, что введение ГФБ в резиновую смесь приводит к росту прочности связи резины с металлокордом по сравнению с резиной, не содержащей промоторов адгезии. Прочность связи резин с ГФБ после старения в течение 72 часов при 100 °С в солевой среде находится на уровне эталонной резины. В условиях паровоздушного старения резины, содержащие ГФБ, несколько уступают эталону, но превосходят резину, не содержащую промоторов адгезии.

На основании проведенных исследований техническим руководством ОАО «Ярославский шинный завод» было принято решение об изготовлении в производственных условиях опытной партии автопокрышек модели Я-469 размера 385/65-R22,5 (для прицепов), содержащих в брекерной резиновой смеси 1 масс.ч на 100 масс.ч. каучука СКИ-3 гексаферрита бария. Опытная партия автопокрышек успешно прошла стендовые испытания и была передана в эксплуатацию для определения ресурса ходимости по сравнению со статическими данными для данного типа автопокрышки.

В соответствии с актом эксплуатационных испытаний двенадцати автопокрышек средний пробег составил 121540 км.

Библиографический список

1. Жеребков С.К. Крепление резины к металлам.-М.: Химия, 1966.-347 с.;
2. Модифицирование резин с целью повышения прочности крепления к металлам// Агаянц Л.А., Лыдин Д.А. и др. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1982.-8 с.;



3. Салыч Г.Г., Сахарова Е.В. Совершенствование качества резинометаллордных изделий путем применения промоторов адгезии.- М.? ЦНИИТЭнефтехим, 1988.-72 с.
4. Herbum C. etal. Adhes, 1981.- Vol. 1, N3. – P/ 141-147.
5. Ф.Ф. Кошелев, А.Е. Корнев, Н.С. Климов. Общая технология резины, издую 3-е. Пер. и доп. – М.: Химия. 1968.-560 с.



УДК 628.511

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЕЙ

Чистяков Я.В., Козлов А. Н., Махнин А.А., Володин Н.И.

Ярославский государственный технический университет, Россия

Рассматривается исследование газодинамического процесса сепарации мелкодисперсной пыли в инерционно-центробежном пылеуловителе методами вычислительного эксперимента. Математическое моделирование осуществляется в двумерной оссимметричной постановке методом крупных частиц. Принимались следующие основные допущения: 1) объемная доля К-фазы невелика, в связи с чем соударениями частиц пренебрегалось; 2) фазовые переходы отсутствуют.

Защита воздушного бассейна от загрязнений промышленными выбросами является в настоящее время одной из важнейших проблем, затрагивающей в той или иной степени все страны мира. Поэтому вопросам газоочистки сейчас уделяется исключительно большое внимание.[1-3]Одними из наиболее распространенных техногенных загрязнителей атмосферного воздуха являются различного рода пыли, содержащиеся в отходящих вентиляционных и промышленных газах. Анализируя используемое пылеулавливающее оборудование можно констатировать, что наиболее часто для сухой очистки отходящих газов в промышленности применяются циклоны. Однако у циклонов есть один существенный недостаток, они обеспечивают эффективность очистки до 80% только для пыли с размером частиц более 20 мкм, а при улавливании тонкодисперсной пыли их эффективность снижается до 40-60%[4-5].Нами разработан и изготовлен новый высокоэффективный пылеуловитель, совмещающий в своей работе процес-

сы центробежной и инерционной сепарации пыли. Такое сочетание позволяет значительно повысить степень улавливания мелкодисперсных частиц из потоков вентиляционных и отходящих технологических газов. Конструкция инерционно-центробежного пылеуловителя описана в работе [6,7].

Для изучения процесса сепарации твердых частиц в исследуемом пылеуловителе в качестве твердой фазы были использованы белая сажа марки БС-120 ($\delta = 10-15$ мкм; $\rho = 200$ кг/м³), синтетическое моющее средство - СМС ($\delta = 15$ мкм; $\rho = 500$ кг/м³) и химически осажденный мел ($\delta = 3-6$ мкм; $\rho = 2200$ кг/м³). Основными факторами, характеризующими процесс сепарации твердых частиц в пылеуловителе, являются степень очистки газового потока (эффективность) и величина гидравлического сопротивления аппарата. Зависимость гидравлического сопротивления ΔP (мм вод. ст.) пылеуловителя от скорости газа на входе в аппарат w (м/с), изучалась на реальных газовых смесях. Установлено резкое возрастание гидравлического сопротивления пылеуловителя при скорости газа свыше 22 м/с, поэтому считаем, что увеличение скорости газового потока выше этого показателя не целесообразно. Зависимости эффективности очистки газового потока от его скорости на входе в аппарат при улавливании пыли белой сажи, синтетического моющего средства и химически осажденного мела отражены на рис 1. Как видно из графика, степень очистки газового потока в исследуемом пылеуловителе от пыли химически осажденного мела выше степени очистки от пыли белой сажи, синтетического моющего порошка. Это объясняется более высокой плотностью мела.

Анализируя зависимость эффективности очистки газовых потоков в исследуемом пылеуловителе от их скорости (рис 1), можно сделать вывод, что оптимальное сочетание максимальной эффективности пылеулавливания и достаточно низкого гидравлического сопротивления пылеуловителя (не выше 60 мм вод.ст) достигается при скорости газового потока во входном патрубке равной 15 - 20 м/с.

При проектировании рассматриваемых пылеулавливающих установок требуется разработка математической модели этого процесса и проведение газодинамических расчетов с целью оптимизации параметров конструкции и прогнозирования степени очистки запыленного потока. При выводе уравнений, описывающих движение двухфазного рабочего вещества в пылеуловителе, принимались следующие основные допущения: объемная доля твердой фазы невелика, в связи с чем соударениями частиц пренебрегалось, что является достаточно обоснованным; гидродинамические силы, действующие на движущиеся частицы, определялись посредством коэффициента, учитывающего



размер и форму частиц; фазовые переходы отсутствуют. Наиболее эффективной для инженерных расчетов и корректной математической моделью сплошной среды является модель, рассматривающая течение

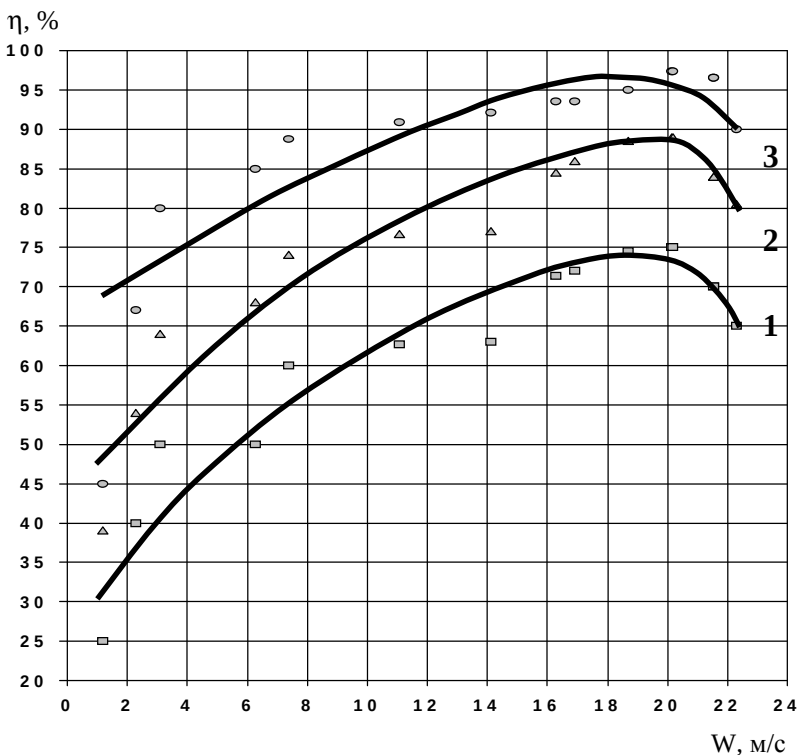


Рис 1. Зависимость степени очистки газового потока η (%) от скорости газового потока на входе в аппарат W (м/с) при улавливании: 1 - пыли белой сажи; 2 - пыли синтетического моющего средства; 3 - химически осажденного мела

сплошной среды как "движение взаимопроникающих континуумов". При этом к основным уравнениям механики сплошной среды добавляются уравнения движения твердой фазы и закон взаимодействия фаз. В совокупности эти уравнения однозначно определяют значения неизвестных параметров: давления газовой среды, скоростей, температур и концентраций газа и частиц. С помощью разработанной программы [8] выполнены вычислительные эксперименты по исследованию процесса сепарации мелкодисперсной пыли в пылеуловителе.

Сравнение теоретически определенной степени очистки запыленного потока с экспериментальными данными показало удовлетворительное согласование результатов (рис 2).

η , %

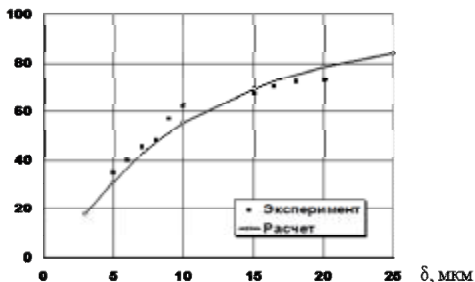


Рис 2. Зависимость степени очистки η (%) газового потока от размера частиц d (мкм) для пыли плотностью 200 кг/м^3 .

Выводы

1. Экспериментально доказано, что разработанный инерционно-центробежный пылеуловитель высокоэффективен в работе, особенно для мелкодисперсных материалов, компактен, отличается простотой конструкции, не имеет движущихся частей и в ряде случаев может быть использован в качестве второй ступени очистки к имеющимся циклонам.

2. В сопоставимых условиях процесс пылеулавливания мелкодисперсной пыли в разработанном аппарате более чем в 1,5 раза эффективнее разделения пылевоздушных смесей в обычном циклоне, и степень очистки составляет от 75 % до 97,3 % при скорости воздушного потока 15 - 20 м/с.

Библиографический список

1. Очистка промышленных газов от пыли. М.: Химия, 1981. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю.
2. Мокрая очистка высокотемпературных газообразных выбросов стекольного и цементного производств // Экотехнология и ресурсосбережение. 1995. №1. Губарь В.Ф.
3. Способы борьбы с промышленными пылевыми выбросами (Первая Всероссийская научно-техническая интернет-конференция "Современные проблемы экологии и безопасности", Том 3, ТулГУ, 2005, С.3-5) Чичура Т.М., Чистяков Я.В.,
4. Обеспыливание в промышленности / Пер. с польск. Р.Е. Мельцера. М.: Стройиздат, 1969. Зайончковский Я.



5. Обеспыливание промышленных газов, Тула 1999. Соколов Э.М., Володин Н.И., Пискунов О.М., Санаев Ю.И., Варьяш П.Г.
6. Высокоэффективный инерционный пылеуловитель ИПВС(Сборник лучших студенческих научных работ городского конкурса «Ярославль на пороге тысячелетия» ,Ярославль 2006,с99-104) Чистяков Я.В
7. Конструкция инерционно-центробежного пылеуловителя для очистки промышленного воздуха от пыли (Перспективные полимерные композиционные материалы. Альтернативные технологии. Переработка. Экология. Доклады международной конференции «Композит-2007» 3-6 июля 2007г., Саратов, с. 495-498) Сугак А.В., Чистяков Я.В., Володин Н.И.
8. Математическая модель процесса сепарации твердых частиц в пылеуловителе-классификаторе (Труды 20-й международной научной конференции «Математические методы в технике и в технологиях», Ярославль 2007 г., с. 203-206) Чистяков Я.В., Володин Н.И., Сугак А.В.



УДК 502.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ПУНКТОВ СБОРА МЕДИЦИНСКИХ ОТХОДОВ

Бородина Е.А., Симанкин А.Ф.

Тульский государственный университет, Россия

Описано пагубное влияние медицинских отходов, факторы потенциальной опасности медицинских отходов для населения. Рассмотрены медицинские учреждения Тульской области как источников образования медицинских отходов.

Медицинская деятельность является одним из самых распространенных и необходимых на планете. До недавнего времени об утилизации медицинских отходов никто не имел понятия: их до сих пор по привычке отправляют на свалку, сжигают или выгружают в непредусмотренные для этого территории и придают захоронениям, тем самым засоряя окружающую среду и нанося огромный вред экологии.

В Туле и Тульской области насчитывается более 400 учреждений, образующих медицинские отходы, среди них: аптеки, амбулатории, здравпункты и медпункты, больницы детские, больницы инфекционные, больницы областные, больницы психиатрические, больницы туберкулезные, поликлиники детские, поликлиники стома-

тологические, родильные дома. Все эти вместе взятые учреждения образуют 1,6 тонн медицинских отходов в сутки.

Пока в нашем городе не существует отлаженного механизма переработки медицинских отходов. И, к сожалению, все отходы, независимо от их места сбора, с помощью так называемых «серых схем» в конечном итоге направляются на полигон ТБО. Хотя это делать категорически запрещено, из-за возможности присутствия в данных отходах биологического материала, способного вызвать различные заболевания.

В 1 г бытовых отходов содержится 0,1-1 млрд. микроорганизмов. В медицинских отходах это число возрастает до 200-300 млрд. Количество "производимых" медицинскими учреждениями отходов имеет тенденцию к интенсивному росту, а вследствие увеличения номенклатуры применяемых средств - к вариабельности состава. Еще в 1979 г. Всемирная организация здравоохранения отнесла отходы медицинской сферы к группе особо опасных и указала на необходимость создания специализированных служб по их уничтожению и переработке.

Среди факторов потенциальной опасности медицинских отходов для персонала ЛПУ, населения и окружающей среды выделяют следующие:

1. риск инфекционного заражения при контакте с инфицированным материалом, оказавшимся в составе отходов, особенно при нарушении целостности кожных покровов (ранения острыми инфицированными предметами). Вероятность инфекционного заражения через места повреждения кожного покрова или слизистой в результате манипуляций с острыми предметами особенно значима для инфекций с гемо-контактным путем передачи. В процентном отношении риск заражения в зависимости от фактора травматизации распределяется следующим образом: иглы - 79 %, порезы - 24 %, разбрызгивание -4,3 %.

2. риск физического поражения, связанный с повреждениями кожных покровов и слизистых оболочек острыми предметами, имеет значение не столько сам по себе (как травма), сколько в связи с возможным инфицированием организма через рану, царапину, прокол.

3. риск токсического поражения связан с выполнением операций по химической дезинфекции больничных отходов, а с контактом с удаляемыми из ЛПУ токсичными отходами.

4. риск радиоактивного поражения вследствие контакта с радиоактивными отходами.



5. экологический риск, связанный с поступлением больничных отходов в окружающую среду и их дальнейшей диссеминацией в воздушной, водной среде и почве.

Но до сих пор проблемы обращения с медицинскими отходами, включающими в себя системы сбора, удаления, обезвреживания и переработки в России находятся на стадии разработки проектов технологических схем, новых методологий. Практически в учреждениях здравоохранения потенциально инфицированные отходы (выделения больных, остатки пищи, отработанный перевязочный материал, использованный одноразовый инструментарий – системы для переливания растворов, шприцы, скальпели, зонды, катетеры, интубационные трубки и т.п.) обезвреживаются химическими дезинфектантами, являющимися сильными окислителями, содержащими, в основном, активный хлор. Жидкая и полужидкая часть отходов сбрасывается в канализацию, твердая – вывозится на свалку вместе с бытовыми отходами. Распознаваемые части тел из хирургических отделений, плаценты из родовспомогательных и гинекологических стационаров сдаются в кремацию лишь при наличии такой возможности. Население скапливает у себя лекарственные средства, которые затем выбрасывает наравне с твердыми бытовыми отходами в придомовые мусоросборники. Все это свидетельствует о том, что, несмотря на ряд принятых в последние годы Российским законодательством нормативных актов, не отлажена система сбора и переработки токсичных отходов и не определен порядок обращения с таким специфическим видом отходов, как медицинские. Попадая с твердыми бытовыми отходами на свалку, такие отходы резко увеличивают токсичность образующегося фильтрата, который попадает в подземные воды и атмосферу.

Медицинские отходы загрязняют атмосферу, почву, воздух, что оказывает значительное влияние на здоровье населения. Они увеличивают уровень внутрибольничной заболеваемости в стационарах. Кроме того, медицинские отходы – источник инфекций с парентеральным путем передачи, что подтверждают случаи инфицирования гепатитом В и ВИЧ-инфекцией как медицинского персонала, так и случайного населения.

Исходя из сказанного, необходимо особое внимание уделять не только процессам утилизации МО, но и обращению с ними на этапах сбора и хранения.



УДК: 622.4

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТОННЕЛЕЙ ПО ГАЗО-ПЫЛЕВОМУ ФАКТОРУ

Кобылкин А. С.

Московский государственный горный университет

На сегодняшний день при строительстве тоннелей увеличивается нагрузка на вентиляцию за счет различных технологических операций, зачастую эффективность вентиляции недостаточна для обеспечения безопасных условий труда.

Проветривание подземных выработок является необходимым условием при ведении работ под землей. Содержание вредных газов и пыли в воздухе горных выработок не должно быть выше предельно допустимых. Содержание кислорода в воздухе должно составлять не менее 20 % по объему, диоксида углерода не должно превышать 0,5 % на рабочих местах и 0,75 % – в выработках на общей исходящей струе воздуха.

Воздух, поступающий из атмосферы в выработки, претерпевает в них существенные изменения: теряет часть кислорода, загрязняется вредными и горючими газами и пылью, увлажняется и в определенных случаях нагревается, в результате чего может стать малоприспособленным для дыхания людей. Кроме того, воздух вместе с другими компонентами может образовывать взрывоопасные смеси. Чтобы обеспечить санитарно-гигиенические и безопасные условия труда в выработках, в них необходимо производить непрерывное обновление воздуха [1].

В тупиковых выработках, при ведении технологических операций вентиляция не всегда может обеспечить безопасные условия труда по газо- пылевому фактору.

Это может быть связано с интенсификацией производственных процессов, применением более производительной технологии, новых высокопроизводительных машин и механизмов, что сопровождается повышенным пылеобразованием.

Так при механизированной проходке тоннелей на шахтах Мосметростроя применяется одновременно более 10 проходческих комбайнов. Повышение темпов проходки сопровождается значительным ростом запыленности воздуха на рабочих местах, что приводит к необходимости дополнительных средств пылеподавления. Концентрация



пыли в зоне дыхания рабочих достигает 25 мг/м^3 (ПДК составляет 8 мг/м^3) Анализ опыта эксплуатации проходческих комбайнов в условиях Мосметростроя показал:

1. Применение типовой орошающей системы затруднено из-за высокой обводненности забоев.

2. Установленные стационарные вентиляционные установки часто не обеспечивают необходимый аэродинамический режим в зоне работы комбайна, что вынуждает применять передвижные вентиляторы непосредственно у конца воздухопровода.

3. Максимальное отставание среза воздухопровода от плоскости забоя не должно превышать 2 м, что не может быть обеспечено применением типовых металлических звеньев длиной 4 м.

4. Использование вентиляторов местного проветривания (ВМП), установленных непосредственно на комбайне или вблизи него, осложняется из-за их высоких шумовых характеристик [2].

Основными неблагоприятными производственными факторами являются пыль (цемент, известь, гипс, асбест, нерудные строительные материалы), газы и пары (лакокрасочные материалы, растворители, нефтепродукты, мастики, клеи, смолы), шум и вибрация, генерируемые строительными ручными машинами, метеорологические условия, физические перегрузки, нервно-психические перегрузки при работе на высоте, физические перегрузки при подъеме и перемещении тяжестей.

При электросварочных и газорезательных работах воздух в основном загрязняется сварочным аэрозолем, оксидами цинка, углерода, марганца, фтористым водородом.

В структуре заболеваемости с временной утратой трудоспособности у строителей преобладают болезни органов дыхания, опорно-двигательного аппарата, периферической нервной системы, кожи.

Одной из основных технологических операций, производимых при строительстве подземных сооружений, является сварка. Согласно классификации опасных и вредных производственных факторов системы стандартов безопасности труда сварочные работы относятся к химически опасным и вредным факторам [3].

Сварочные аэрозоли (СА) представляют собой сложные газо-аэрозольные смеси химических веществ, выделяющихся при дуговых, плазменных и других высокотемпературных газопламенных способах сварки, наплавки, резки и напыления металлов. Дисперсная фаза или твердая составляющая СА (ТССА) состоит из мельчайших частиц перенасыщенных паров металлов и других веществ, входящих в состав сварочных, присадочных, напыляемых материалов и основного металла, которые конденсируются за пределами зоны высокотемпературного на-

грева. Газовая составляющая СА (ГССА) представляет собой смесь газов, образующихся при термической диссоциации газо-шлакообразующих компонентов этих материалов (СО, СО₂, НF и др.) или же за счет фотохимического действия ультрафиолетового излучения дугового разряда (плазмы) на молекулы газов воздуха (NO, NO₂, О₃).

Химический состав СА зависит от состава сварочных, присадочных, напыляемых материалов (электроды, проволоки, ленты, флюсы, порошки и др.), состава основного (свариваемого, направляемого либо разрезаемого) металла, режимов сварки, наплавки, резки, напыления, состава защитных газов и газовых смесей.

Частицы ГССА – полидисперсны, имеют размеры от тысячных долей мкм до 0,4-0,6 мкм и более, неоднородное морфологическое строение (многослойны, многоядерны). Газы ГССА способны адсорбироваться на поверхности твердых частиц, захватываться внутрь их скоплений. При этом локальные концентрации газов, адсорбированных на частицах ГССА, могут существенно превышать их концентрации непосредственно в ГССА.

В табл. 1 представлены наиболее характерные компоненты СА и их ПДК при электрогазосварочных работах (резка, сварка металла) при монтаже арматуры, металлоконструкций, постоянного технологического оборудования

Таблица 1

Наиболее характерные компоненты СА и их ПДК

№ п/п	Наименование вещества и химическая формула	Величина ПДК мг/м ³	Класс опасности
1	Озон О ₃	0,1	1
2	Сварочный аэрозоль	-	
3	диЖелеза триоксид Fe ₂ O ₃	-/6*	4
4	Марганец при его содержании: - до 20 % - от 20% до 30%	0,6/0,2* 0,3/0,1*	2 2
5	Углерода оксид СО	20	-
6	Азота диоксид NO ₂	2	3
7	Азота оксид (в пересчете на NO ₂) NO	5	3

*) максимальное значение / среднесменное значение



Проанализировав основные вредности при ведении технологических операций, состав СА, были произведены замеры воздуха рабочей зоны. Данные замеров приведены в табл. 2.

Таблица 2

Превышение ПДК при выполнении технологических операций

Наименование определяемого ингредиента, мг/м³	Результат исследования мг/м³								ПДК, ОБУ В мг/м³	Погрешность замеров	Превышение ПДК в
	Р.т. 1 в 0,5 м от источника в зоне дыхания				Р.т. 2 в 2,0 м от источника						
	1	2	3	4	5	6	7	8			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Марганец в св. аэрозоле	2,67	2,69	2,70	2,71	2,68	2,70	2,67	2,70	0,6	20	4,5 раз
Железо в св. аэрозоле	11,2	11,2	11,2	11,5	11,1	10,8	10,7	10,3	6,0	20	2 раза
Сварочный аэрозоль	18,0	18,9	18,8	18,6	18,1	18,2	17,9	17,9	-	25	
Окислы азота	6,72	6,72	6,72	6,72	3,84	3,84	3,84	3,84	5,0	25	1,3 раза
Оксид углерода	23,3	23,3	23,3	23,3	11,6	11,6	11,6	11,6	20,0	25	1,15 раз
Озон	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1	0,1	25	

Исходя из проведенного анализа данных замеров воздуха рабочей зоны, можно сделать вывод о том, что наиболее вредными технологическими операциями являются сварка, резка металлов, операции, при которых выделяется большое количество пыли (чеканка швов БУСом и др.). Наибольшую опасность при сварке представляют такие вещества как: марганец в составе СА, железо в составе СА, окислы азота и оксид углерода. Так как их содержание в зоне дыхания рабочего превышает ПДК в два и более раз. Из этого следует, что вопросом о состоянии безопасности технологических процессов при строительстве тоннелей, нужно заниматься. Одним из путей решения этой проблемы может быть интенсификации проветривания выработок, при помощи пульсирующей вентиляции.

Библиографический список

1. «Рудничная атмосфера» М.Н. Бодягин, М: - 1993г.: Сборник научных трудов: «Проблемы аэрологии горных предприятий».
2. «Проветривание забоев при строительстве тоннелей с помощью комбайнов избирательного действий», Дремов В.И., Кирич Б.Ф., Форсюк А.А., М: Сборник научных трудов: «Проблемы аэрологии горных предприятий».

3. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности ГОСТ 12.0.003-74.



УДК 624.19:622.882

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТОННЕЛЯ НА ЕГО БЕЗОПАСНУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ ПРИ ПОЖАРЕ

Сологуб О. В.

Московский государственный горный университет, Россия

Приведен статистический материал по пожарам, произошедшим в транспортных тоннелях мира. Рассмотрено влияние такого фактора как конструктивные особенности тоннеля в частности формы поперечного сечения на заполнение пожарными газами атмосферы сооружения. Определены коэффициенты, отражающие это влияние в зависимости от различных форм сечений.

Как во всем мире, так и в России сейчас все больше внимания уделяется подземному строительству различных сооружений, а также их эксплуатации. Среди таких сооружений особое значение имеют транспортные тоннели. Только в Москве в последние годы были сданы в эксплуатацию несколько уникальных тоннелей, к примеру, Лефортовский, Серебряноборский, тоннели метрополитена и др. [1].

Каждый тоннель является уникальным объектом, результатом большой работы инженеров, строителей, ученых. Но главное требование к таким сооружениям – их безопасная эксплуатация.

Как показал анализ аварийных ситуаций, происходящих в транспортных тоннелях мира при их эксплуатации, наибольшую опасность представляют пожары. Пожар характеризуется быстрым развитием, высокой температурой, заполнением сооружения токсичными газозоодушными смесями, принимает длительный характер. Так, например, в 2000 году в австрийском тоннеле Капрун пожар унес жизни 155 человек, в 2001 году при пожаре в тоннелях Сен Готтард (Швейцария) и Глеймалм (Австрия) погибло 36 человек[2].

На безопасность человека при пожаре в автодорожном тоннеле оказывают влияние совокупность большого количества факторов, а также такого фактора, как конструктивные особенности тоннеля, в ча-



стности, формы поперечного сечения. Рассмотрим его влияние подробнее.

Поперечные сечения автодорожных тоннелей имеют самые разнообразные формы. На рис.1 представлены основные варианты, чаще всего используемые при проектировании тоннелей на территории Российской Федерации. Так, например, Лефортовский тоннель имеет форму сечения 1, сочинские Краснополянский и Мацестинский тоннели – 4, а Серебряноборский – 5.

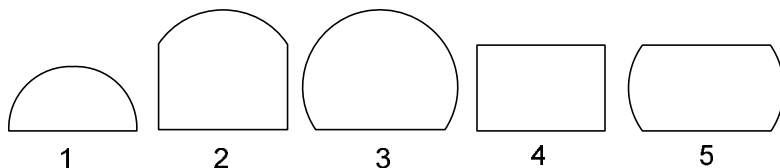


Рис.1. Варианты форм поперечных сечений автодорожных тоннелей

Форма поперечного сечения тоннеля зависит главным образом от способа строительства. При проходке тоннельными механизированными комплексами тоннели, как правило, приобретают формы 1, 2, 3, 5, так при использовании буровзрывного способа строительства – форму 2, 4.

Как было сказано выше, высокая опасность эксплуатации автодорожных тоннелей связана с тем, что замкнутое пространство сооружения при возникновении в нем пожара или аварии, связанной с задымлением, позволяет продуктам горения быстро заполнять атмосферу подземного сооружения. Для безопасности людей при возникновении аварий в тоннелях предусмотрены аварийные или эвакуационные выходы, расстояние между которыми должно быть не более 300 м в соответствии со СНиП 32-04-97 [3]. Это максимальное расстояние, однако, будет неоднозначным и с точки зрения пожарной безопасности по газовому фактору зависит от формы поперечного сечения тоннеля.

Образовавшиеся при пожаре токсичные газы, характеризующиеся высокой температурой, стремятся заполнить пространство у кровли тоннеля, при этом их концентрация в этой области значительно выше, чем у дорожного полотна. Форма поперечного сечения тоннеля отражает характер заполнения токсичными газами атмосферы тоннеля. По мере остывания продукты горения имеют тенденцию к снижению к дорожному полотну и постепенно заполняют все пространство. При вариантах форм 1, 2, и 3, имеющих относительно форм 4 и 5 меньший объем у кровли тоннеля для заполнения пожарными газами, концен-

трация токсичных газов на уровне человека будет выше. Это означает, что при превышении концентраций газов ПДК, человек имеет меньший запас времени, при котором нет угрозы здоровью и жизни.

Влияние формы можно выразить через величину h (рис.2), характеризующее степень заполнения тоннеля токсичными газами в поперечном разрезе от кровли до уровня, на который заполнился тоннель токсичными газами.

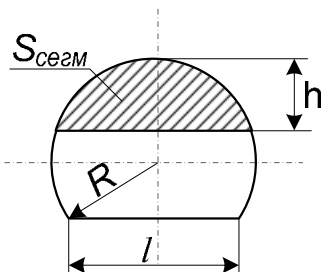


Рис.2. Поперечное сечение тоннеля при заполнении его токсичными газами у кровли

На рис.2 рассмотрен пример с формой 3, так как расчет расстояния h для этой формы и для всех остальных, кроме случая прямоугольного сечения, выполняется по одним и тем же формулам:

$$h = \left(\frac{S_{сегм}}{x} \right)^{\frac{1}{1,44}}, \quad (1)$$

где $S_{сегм}$ - площадь сегмента круга (рис.2); x – коэффициент, величина которого зависит от радиуса R тоннеля и определяется по формуле:

$$x = 0,0169 \cdot R^2 + 0,0093 \cdot R - 0,0223 \quad (2)$$

$$R \in [3, 4, \dots, 10]$$

Для удобства введем коэффициент k – коэффициент заполнения тоннеля газами при пожаре, равный отношению величин h различных форм к h_n для прямоугольной формы. Коэффициент, характеризующий прямоугольную форму h_n , принят за 1. При этом рассматриваются такие относительные размеры поперечных сечений тоннелей, ширина дорожного полотна (величина l на рис.2) которых и высота при сопоставлении с прямоугольным сечением одинакова. Это объясняется тем, что сравниваемые тоннели рассчитаны на одинаковую пропускную способность автотранспорта.

Коэффициенты для остальных форм тоннеля определяются относительно прямоугольной формы по формуле:



$$k=h/h_n \quad (3)$$

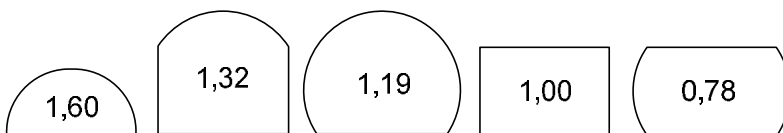


Рис.3. Коэффициенты k для различных форм поперечного сечения автодорожного тоннеля

Таким образом, используя данные коэффициенты при различных формах поперечного сечения тоннеля, можно рассчитать величину вертикального заполнения тоннеля токсичными газами h . Это необходимо учитывать при выборе определенного варианта формы поперечного сечения тоннеля на этапе проектирования сооружения. Подобные расчеты и данные коэффициенты показывают, что наиболее безопасным вариантом формы поперечного сечения является форма 5 с коэффициентом 0,78 относительно прямоугольника и при условии проектирования тоннелей одинаковой пропускной способности. Конечно, высота тоннеля и др. его конструктивные особенности также являются важными характеристиками для определения самого безопасного варианта эксплуатации тоннеля при пожаре.

Библиографический список

1. «Tribune». ITA newsletter № 28, May 2004. P.23;
2. Аварийные ситуации при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей и метрополитенов/ С.Н. Власов, Л.В. Маковский, В.Е. Меркин и др. – М.: ТИМР, 1997;
3. СНиП 32-04-97 «Тоннели железнодорожные и автодорожные».



СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
<u>СТРОИТЕЛЬСТВО, СТРОИТЕЛЬНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ И КОНСТРУКЦИИ</u>	
Гурылева В. Л., Тамаров В.В. Проблемы и перспективы развития индивидуального жилищного строительства	5
Сибирцева Н.Б., Потапенко А.Н., Кладиев А.Н. Особенности контура коррекции по уровню автоматизированной системы загрузки сепараторной цементной мельницы	14
Семашко С.В., Щербаков А.С. Некоторые особенности оценки состояния мостовых сооружений в современных условиях	17
Самедов А. М., Вапничная В.В., Мани Ага Давудий Джольфи Нарушение устойчивости сооружений от кратковременно действующих динамических нагрузок	23
Трещев А.А., Божанов П.В. Изгиб пластин под действием водородосодержащей среды за пределами упругости	30
Рябов Г.Г., Рябов Р.Г. Некондиционное глинистое сырье для стеновой керамики	39
В.М. Леонов Расширение возможностей электромагнитной обработки двухкомпонентных сред	46
Вовк А.А., Вовк О.А., Бузыла А.А. Степень влияния реальных условий протекания упругих деформаций в сейсмических волнах на их параметры движения	50
Самсоненко Г.И., Кораблин И.М. Безопасная эксплуатация несущих строительных конструкций зданий на заводах по производству цемента	57

	<i>Стр.</i>
Мигунов В.Н., Овчинников И.И. Моделирование во времени процесса нейтрализации бетона в поперечных трещинах железобетонных конструкций за счёт диффузии кислых газов	61
Мигунов В.Н., Овчинников И.И. Экспериментальное моделирование процесса длительного влияния агрессивной газовой среды производственных зданий на долговечность обычных железобетонных конструкций и коррозию арматуры	66
Мисников О.С., Черткова Е.Ю. Модификация дисперсных материалов гидрофобными добавками на основе торфа	72
Прудков Е.Н., Кузьмина С.В., Богданчикова А.С., Рыбакова Е.Н. Светопрозрачные полимерсиликатные композиционные строительные материалы, модифицированные дисперсными и наноматериалами	80
Самсоненко Г.И. Общая методика решения задач термоупругого изгиба тонких прямоугольных пластин из анизотропных разнсопротивляющихся материалов	84
Аржанухина С.П. Основные эксплуатационные свойства противогололедных материалов на основе безводного хлористого кальция	88
Требукова Н.С., Потапенко А.Н., Семернин А.Н. О возможности компьютерного моделирования процесса прес-сования керамических изделий с коррекцией на основе экспериментальных исследований	96
Кочетков А. В., Кокодеева Н. Е., Степанов М. В., Бушуев М. А. Конструирование и дизайн геоимплантат	103

	<i>Стр.</i>
Божанов П.В., Забелин А.Н., Рыбальченко С.А. К исследованию напряженно деформированного состояния оболочек из дилатирующего материала за пределом упругости	110
Кузнецов С.М., Кузнецова К.С., Серов М.Ю. Организационно-технологическая надежность работы строительных машин	117
Герасимов В.В. Михальченко О.Ю., Кузнецов С.М., Сироткин Н.А. Проектирование ресурсосберегающих производственных зданий	120
Купленов Н.И., Вакунин Е.И., Коряков А.Е., Кораблин И.М. Применение воздушного душирования в горячем цехе производства кирпича	126
Трещёв А.А., Чигинский Д.С. Анализ определяющих соотношений нелинейных разносопротивляющихся материалов, находящихся в условиях термомеханического нагружения	130
Зиборов Л.А., Теличко В.Г. Некоторые вопросы прочности бетона в-25 в сложном напряженном состоянии	138
Козлова Л. С. К вопросу о кручении призматических стержней, находящихся под действием линейного давления	142
Сорокина В.В., Сорокин М.Ю. Исследование и выбор рациональной конструкции кавитатора	149
Пономарева Т. Т. Линеаризация статически определимых соотношений задач в цилиндрической системе координат	152

	<i>Стр.</i>
Трещёв А.А. , Муравлев А.Б. Решение задачи о плоском деформированном состоянии тол- стостенной бесконечной круговой трубы бесконечной длин- ны из ортотропного разнсопротивляющегося материала	158
Ромашин Д.А., Трещев А.А. Изгиб круглых пластин из ортотропного нелинейно-упругого разнсопротивляющегося материала	165
<u>ГЕОЭКОЛОГИЯ</u>	
Гендлер С.Г., Домпальм Е.И., Котомина А.Ю., Могильный М.В., Введенский Р.В. Особенности проведения экологического мониторинга при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей	175
Волков А.В. Основания прогнозирования экологических ситуаций: интер- претация параметров гармонической модели ритма	183
Стовпник С.Н., Денисова Л.В. Эколого-технологические риски при безтраншейных способах в условиях городской застройки	193
Пашкевич М.А., Моисеева К.А. Мониторинг состояния подземных и поверхностных вод в зоне воздействия хранилищ нефтесодержащих отходов ООО «Ки- неф»	197
Пашкевич М.А., Левчук И.Р. Применение современных аналитических методов при реше- нии спектра задач по изучению техногенных образований	202
Шкуматов А.Н. Повышение экологической безопасности буровзрывных работ на горнодобывающих предприятиях Украины	208

	<i>Стр.</i>
Гридина Е.Б., Гернер В.В., Ястребова К.Н. Решение проблемы самовозгорания породных отвалов на основе использования известковой суспензии на примере шахты «Воркутинская» ОАО «Воркутауголь»	216
Мовчан И.Б., Асянина В.Ю. Мониторинг нефтяных разливов в акваториях	221
Семашко С.В., Яковлева С. Л., Яковлева С. А. К вопросу о сохранении и улучшении состояния водных ресурсов тульской области	225
Вапничная В.В. Противофильтрационные свойства вертикального водозащитного экрана	229
Соколов Э.М., Панарин В.М., Цветкова Ю.В., Пушилина Ю.Н. Характеристика основных математических моделей атмосферной диффузии загрязняющих веществ и их роль в современном мире	237
Панарин В.М., Горюнкова А.А., Пушилина Ю.Н., Рошупкин Э.В., Ивановская Е.Н. Анализ современных систем мониторинга воздушной среды промышленных регионов	245
Гендлер С.Г., Ковшов С.В., Кузнецов В.С. Оценка влияния площадных источников на загрязнение атмосферы при применении различных способов пылеподавления	251
Панарин В.М., Горюнкова А.А., Пушилина Ю.Н., Рошупкин Э.В. Моделирование загрязнения атмосферы территории ясной поляны вредными веществами	258
Соколов Э.М., Панарин В.М., Горюнкова А.А., Пушилина Ю.Н., Телегина Н.А. Прикладные модели, используемые для прогноза загрязнения атмосферы и оценки его последствий	264

	<i>Стр.</i>
Смирнов Ю. Д., Иванов А. В. Проблема пылевого загрязнения атмосферы на предприятиях минерально сырьевого комплекса и рациональный путь ее решения	269
Шейнкман Л.Э., Даниленко А.Г. Оценка технологических рисков от стоков ОАО «НАК Азот»	276
Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Экологические проблемы на горнодобывающих предприятиях казахстана	282
Шейнкман Л.Э., Даниленко А.Г. Расчет ущерба водным объектам от стоков оао «нак азот» в случае аварии	290
Воробьев А.Е.Мадаева М.З. Исследование использования различных реагентов для пылеподавления на горнопромышленных дорогах	295
Гончарова Е.Н., Новицкий Л.В. Экологически безопасные строительные материалы, устойчивые к биоповреждению	300
Ковшов С.В., Котенков Н.А. Термобиологический комплекс реабилитации горнорабочих	304
Хусаинова Р.Г. О необходимости учета влияния температурного фактора при оценке производственного травматизма	309
Соколов Э.М., Левкин Н.Д., Камахина С.А., Жучкова А.И. Экспериментальные исследования влияния карьерных разработок на почвы прилегающих территорий	315
Вакунин Е.И., Курбатова М.В., Оценка воздействия горнодобывающего предприятия на окружающую среду (на примере оао «якутуголь», разрез «не-рюнгринский»)	318

	<i>Стр.</i>
Струков В.Б., Ефимова Н.С. Проблемы карстовой опасности и подтопления на территории Тульской области	326
Ермолович Е.А. Применение закладки выработанного пространства шахт и рудников: состояние, недостатки, возможности совершенство- вания для улучшения экологического состояния среды	330
Ларина М. В., Шипьянов Е.К., Рощупкин Э.В. К вопросу пожарной безопасности технических средств ох- ранно-пожарной сигнализации	334
Макаревич Е.Н. , Симанкин А.Ф. О проблемах водной эрозии в бассейнах и руслах малых рек	340
Рощупкин Э.В., Симанкин А.Ф., Пушилина Ю.Н. Результаты моделирования распространения оксида углерода по территории города Тулы	348
Мухина Н. Е. Методы детоксикации почв горно-промышленного региона	353
Коряков А.Е., Вакунин Е.И., Копылов А.Б. Пути снижения воздействия горных работ на состояние приле- гающих территорий	356
Симанкин А. Ф., Графутко Ю. Г. Исследования осушения шламов в естественных и искусствен- ных условиях	363
Чекулаев В.В., Симанкин А.Ф., Пискунов О.М. Исседование распространения тяжелых металлов в донных отложениях реки упа	366
Ионина М.А., Терехова Е.П. Антропогенное воздействие на процесс почвообразования	382

	<i>Стр.</i>
Соколов Э.М., Левкин Н.Д., Жучкова А.И., Камахина С.А. Исследования деградации почв вследствие загрязнения атмосферными выпадениями	386
Гавришев С.Е., Павлова Е.В., Пыталев И.А. Использование карьеров для размещения отходов предприятий в промышленных районах с целью обеспечения экологически рациональной геотехнологии	390
Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г.А., Тусупбекова С.Т., Свамбаев А.С., Свамбаев Е. А., Авдюков В.И. Токсикологические проблемы при переработке медных концентратов и влияние на экологию	397
Орынбек ., Свамбаев А.С. Токсическое влияние продуктивного раствора урана на биохимические показатели крови организма подопытных животных	402
Свиридова Т.С., Илюхина О.В. Математическая модель вертикального распределения ¹³⁷ CS в почвах нарушенной структуры	406
Рожков В.Ф. Вредное влияние породных отвалов угольных шахт на окружающую среду	409
Симанкин А.Ф., Береснева А.А. Исследование рассеивания и оседания твердых частиц на поверхности с учетом шероховатости поверхности рельефа	415
Орынбек А., Свамбаев А.С. Обеспечение охраны труда и экологической безопасности в скважинах при добыче урана подземным способом	422
Пальянова Н. В., Каплунов Ю.В., Задков Д.А. Оценка реструктуризации угольной промышленности на завершающем этапе	426

	<i>Стр.</i>
Комина Е.Н., Макаров В.М., Капустин С.М. Исследование проблемы загрязнения отходом зеленого масла окружающей среды	434
Комина Е.Н., Макаров В.М., Капустин С.М. Утилизация углеводов из подземных вод, загрязненных вследствие отдаленного воздействия сажевого завода на окружающую среду	441
Симанкин А.Ф., Горячева А.Н., Колесникова Е.В. Особенности выбора методики для изучения содержания и поведения нитратов в почве	448
Тусупбекова С.Т., Свамбаев Ж. А., Султанбеков Г.А., Орынбек А., Свамбаев А.С. Токсикологические особенности миграции радиоактивных элементов	455
Качурин Н.М., Титов Д.Ю., Стась Г.В. Обоснование расчетной зависимости определения воздухообмена по фактору поглощения кислорода пористым строительным материалом	462
Качурин Н.М., Титов Д.Ю., Стась Г.В. Математическая модель газовой ситуации в подземных камерах различного назначения по фактору радоновыделения	467
Шевелёв А.В., Ефимова Г.А., Лузев В.Ф., Макаров В.М. Нейтрализация кислых стоков в аппарате с магнитно-кипящим слоем	472
Айкынбаев А.Е., Мусина У.Ш. Экспериментальные исследования по получению биогаза из модельных и реальных твердых бытовых отходов	479
Мусина У.Ш. Переработка техногенных отходов и некондиционных видов сырья с получением реагентов с заданными физико-химическими свойствами для очистки природных и сточных вод	483

	<i>Стр.</i>
Гурылёва Н. Л. , Тимрот С. Д. Исследование реологических свойств композиций на основе нефтесодержащих отходов	488
Жигульская А.И. Экологически рациональная технологическая схема переработки торфа и его древесных включений	495
Сагинова Л.Г., Макаров В.М. Утилизации отходов: карбоната бария, хлорида бария и отработанной аккумуляторной серной кислоты для получения сульфата бария	501
Сагинова Л.Г., Макаров В.М. Получение пигментов из отработанных электролитов хромирования	503
Сагинова Л.Г., Макаров В.М., Ефимова Г.А. Ферриты на основе отходов как промоторы адгезии резины к латунированному металлокорду	506
Чистяков Я.В., Козлов А. Н., Махнин А.А., Володин Н.И. Применение вычислительного эксперимента для оптимизации параметров пылеуловителей	511
Бородина Е.А., Симанкин А.Ф. Оптимизация пунктов сбора медицинских отходов	511
Кобылкин А. С. Анализ состояния безопасности технологических операций при строительстве тоннелей по газо-пылевому фактору	518
Сологуб О. В. Влияние конструктивных особенностей тоннеля на его безопасную эксплуатацию при пожаре	522

Научное издание

6 я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭНЕРГЕТИКИ

Материалы конференции Том 2

Изд.лиц. ЛР №020300 от 12.02.97. Подписано в печать 20.10.10.

Формат бумаги 60х84 1/16. Бумага офсетная.

Усл. печ. л.31,5. Уч.-изд. л. 26,84. Тираж 100 экз. Заказ

Тульский государственный университет.

300600, г. Тула, просп. Ленина, 92.

Отпечатано в Издательстве

Тульского государственного университета.

300600, г. Тула, просп. Ленина, 95