

**Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»**

**Збірник наукових праць
Національного гірничого університету**

№ 46

**Дніпропетровськ
2015**

УДК 622 (06)

Засновник та видавець
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Рік заснування – 1999

Збірник наукових праць НГУ. — Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2015 — № 46 — 188 с.

Наведено результати теоретичних і експериментальних досліджень з різних аспектів гірничої справи, розглянуто проблеми відкритої і підземної розробки родовищ корисних копалин, охорони праці і безпеки робіт на гірничих підприємствах, проблеми екології, маркшейдерії, геології, геоінформатики, електропостачання й автоматизації виробничих процесів у гірничій промисловості, висвітлені питання експлуатації гірничо-транспортного устаткування на шахтах, рудниках і кар'єрах.

Матеріали збірника призначені для наукових та інженерно-технічних працівників, які спеціалізуються в галузі гірничої справи .

Збірник друкується за рішенням вченої ради НГУ
(протокол № 3 від 24.03.2015 р.)

Комп'ютерна верстка і набір – Е.С.Козій

Збірник зареєстровано у державному комітеті телебачення і радіомовлення України.
Свідоцтво про реєстрацію КВ № 9030 від 04.08.2004 р .

© Державний ВНЗ « НГУ », 2015

Редакційна Рада збірника:

акад. НАН України, д.т.н., проф. Г.Г. Півняк
д.т.н., проф. П. І. Пілов
д.т.н., проф. О.С. Бешта
д.т.н., проф. О. М. Шашенко
к.т.н., доц. В.В. Ішков

Редакція:

головний редактор – к.т.н., доц. В.В. Ішков
заступник редактора – д.т.н., проф. С.Ф. Власов
відповідальний секретар – н.с. В. В. Задорнова

Експертно-редакційна колегія:*Відкрита розробка*

РКК Дриженко А. Ю. – д.т.н.,
проф. Четверик М. С. – д.т.н.,
проф. Прокопенко В. І. – д.т.н.,
проф. Симоненко В. І. – д.т.н.,
доц. Собко Б.Ю. – д.т.н., г.н.с.

Збагачення корисних копалин

Пілов П. І. – д.т.н., проф.
Младецький І. К. – д.т.н., проф.
Полулях О. Д. – д.т.н., проф.
Франчук В. П. – д.т.н., проф.
Мостика Ю.С. – д.т.н., проф.
Горобець Л.Ж. – д.т.н., проф.

Екологічна безпека

Зберовський О.В. – д.т.н., проф.
Шапарь А.Г. – д.т.н., проф.
Колесник В.Є. – д.т.н., проф.
Долгова Т.І. – д.т.н., проф.
Горова А.І. – д.б.н., проф.

Підземна розробка РКК

Бондаренко В. І. – д.т.н., проф.
Кузьменко О. М. – д.т.н., проф.
Пономаренко П.І. – д.т.н., проф.
Бузило В.І. – д.т.н., проф.
Ковалевська І.А. – д.т.н., проф.

Маркшейдерія

Четверик М. С. – д.т.н., проф.
Халимендик Ю.М. – д.т.н., проф.
Шашенко О.М. – д.т.н., проф.
Петрук Є.Г. – д.т.н., проф.
Назаренко В.О. – д.т.н., проф.

Шахтне і підземне будівництво

Шашенко О.М. – д.т.н., проф.
Пономаренко П.І. – д.т.н., проф.
Роєнко А.М. – д.т.н., проф.
Сдвіжкова О.О. – д.т.н., проф.
Соболев В.В. – д.т.н., проф.

Геотехнічна і гірнична механіка

Садовенко І.О. – д.т.н., проф.
Бондаренко В.І. – д.т.н., проф.
Шашенко О.М. – д.т.н., проф.
Власов С.Ф. – д.т.н., проф.
Новікова Л.В. – д.т.н., проф.
Москальов О.М. – д.т.н., проф.

Геологія та геофізика

Приходченко В.Ф. – д.геол.н., проф.
Додатко О.Д. – д.г.-м.н., проф.
Бусигін Б.С. – д.т.н., проф.
Тяпкін К.Ф. – чл.-кор., д.г.-м.н., проф.
Баранов П.М. – д.геол.н., проф.

*Гірничі машини.**Динаміка і міцність машин*

Франчук В.П. – д.т.н., проф..
Самуся В.І. – д.т.н., проф..
Заболотний К.С. – д.т.н., проф..
Ширін Л.Н. – д.т.н., проф..
Кіріченко Є.О. – д.т.н., проф.

Буріння свердловин

Кожевников А.О. – д.т.н., проф..
Власов С. Ф. – д.т.н., проф..
Москальов О.М. – д.т.н., проф..
Симанович Г.А. – д.т.н., проф..
Франчук В.П. – д.т.н., проф.

Електротехнічні комплекси і системи

Півняк Г. Г. – проф., д.т.н., проф..
Шкрабець Ф.П. – д.т.н., проф.
Випанасенко С.І. – д.т.н., проф.
Бешта О.С. – чл.-кор., д.т.н., проф.
Мещеряков Л.І. д.т.н., проф.

Автоматизація технологічних процесів

Ткачов В.В. – д.т.н., проф.
Бешта О.С. – чл.-кор., д.т.н., проф.
Кочура Є.В. – д.т.н., проф.
Слесарєв В.В. – д.т.н., проф.
Алексєєв М.О. – д.т.н., проф.

Охорона праці

Голінько В.І. – д.т.н., проф.
Бойко В.О. – д.т.н., проф.
Зберовський О.В. – д.т.н., проф.
Шкрабець Ф.П. – д.т.н., проф.
Колесник В.Є. – д.т.н., проф.

Адреса редакції:

49005, Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19,
НГУ, Ішкову В.В. тел./ факс 726-77-04,
46-90-92, E-mail: zberovskya@mail.ru

Требования к оформлению статей в «Сборник научных трудов НГУ»

Требования к оформлению статей для опубликования в «Сборник научных трудов НГУ»

С учетом нормативных требований к оформлению печатных статей, рекомендаций Книжной Палаты Украины от 07.09.04 № 1291/11 и постановления ВАК Украины от 21.03.2008 № 1-04/5 «Про затвердження нових вимог до періодичних наукових фахових видань» к опубликованию в специализированном «Сборнике...» принимаются статьи, содержащие новые научные и практические результаты исследований авторов, которые ранее не публиковались и отвечают профилю «Сборника...». Структура научной статьи должна содержать следующие элементы: постановка проблемы; анализ последних достижений и публикаций, в которых заложено решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья; формулирование целей статьи (постановка задачи); изложение основного материала исследований с полным обоснованием полученных научных результатов; выводы по данному исследованию; список использованных источников.

Рекомендуемая структура статьи:

- **вступление** – постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими программами; анализ последних достижений и публикаций в которых заложено решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья (до 40 строк);
- **формулирование целей статьи** (постановка задачи) (до 20 строк);
- **изложение основного материала исследований** с полным обоснованием полученных научных результатов (5-8стр.);
- **выводы** по данному исследованию с указанием новизны, теоретической и практической значимости полученных научных результатов, перспективы дальнейшего развития в данном направлении (до 30 строк);
- **список литературы** – ссылки на литературные источники (не более 5), как правило, приводятся во вступлении при анализе последних достижений и публикаций на которые опирается автор.

Текст статьи (на русском, украинском или английском языках) объемом 6-10 стр., включая таблицы, графики и рисунки, подается в редакцию на электронном носителе и с распечаткой 1 экз. на листах формата А4. Текст следует набирать шрифтом Times New Roman 14 пунктов в редакторе Microsoft Office Word, все поля по 2 см и оформить следующим образом:

- * УДК – вверху слева, без отступов;
- * Инициалы, фамилия автора – следующая строка, выравнивание по правому краю;
- * Название статьи - заглавными буквами, жирно, выравнивание по центру; переносы и аббревиатура недопустимы;
- * Аннотация (до 5 строк) на русском, украинском и английском языках, размер 12 пт, отступ первой строки 0,5 см ;
- * Текст форматируется с выравниванием по ширине и междустрочным интервалом -1,0; отступ первой строки 1,2 см; абзацные отступы и интервалы – недопустимы; расстановка переносов автоматическая, номера страниц не проставляются.

* *Простые формулы* в тексте набираются курсивом с помощью символов редактора Word, *сложные формулы* должны быть выполнены в приложении Equation Editor, соблюдая размеры, приведенные на рис. ⇨

* Таблицы, графики и подписи к ним располагаются непосредственно в тексте и внедряются в документ как объекты, если они были созданы в Excel и др. приложениях.

* Рисунки должны быть в черно-белом изображении и вставлены в текст в местах ссылки на них. Подписуемая подпись имеет вид: Рис. 1. Схема...

* Список литературы приводится в порядке ссылок в тексте, в соответствии с ДСТУ ГОСТ 7.1:2006, размером 12 пт.

Размеры	
Обычный	14 пт
Крупный индекс	12 пт
Мелкий индекс	11 пт
Крупный символ	16 пт
Мелкий символ	12 пт

Образец набора

УДК 550.83

© И.В. Петрова

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАРПАТ ИЗ КОСМОСА

Приведены результаты геологической дешифровки материалов космических геофизических съемок Карпат.
Наведено результати геологічного дешифрування матеріалів космічних геофізичних зйомок Карпат.
Results of geological photointerpretation of materials of space geophysical surveys of Karpat are considered.

По материалам космических геофизических съемок получают разнообразную геолого-геофизическую информацию

Список литературы

1. Ландау Л.Д. Статистическая физика. Серия 1. Теоретическая физика. Т. V. –М.: Наука, 1979.-268 с.
2. Архипов Ю.Р. Программное обеспечение для обработки геофизической информации// Горный журнал.-2002.-№11.-С.10-15

В редакцию «Сборника...» необходимо подать:

1. Электронный вариант и распечатанную **справку об авторах**:

Фамилия, имя, отчество; место работы (полное название организации и её почтовый адрес); должность; ученая степень; номера контактных телефонов, E-mail.

2. **Экспертное заключение** о возможности опубликования материалов в открытой печати.

3. **Выписку** из протокола кафедры /лаборатории, отдела/ отражающую: общий характер статьи (работа фундаментального или прикладного значения, экспериментальная (результаты моделирования, данные промышленных испытаний...), теоретическая (описание нового метода расчёта...) и т.п.; соответствие материалов паспорту выбранной специальности (шифр); личный вклад автора; новизну полученных результатов; рекомендации к публикации.

Телефоны для справок:

т. (0562) 46-90-92 **Ишков Валерий Валерьевич - гл. редактор**

т. (067) 636-16-18 **Зберовский Александр Владиславович**

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ УРОЛИТОВ ЖИТЕЛЕЙ ГОРОДА ДНЕПРОПЕТРОВСКА

Приведены первые результаты исследований морфологии уролитов жителей города Днепрпетровска. Предложена типизация уролитов по особенностям их морфологии.

Наведено перші результати досліджень морфології уролітів жителів міста Дніпропетровська. Запропонована типізація уролітів за особливостями їх морфології.

The first results of studies of morphology nephrolyth residents of Dnipropetrovsk. A typing nephrolyth on the specifics of their morphology..

Актуальность. Определение минерального состава и структуры уролитов необходимо врачам урологам для обоснованного назначения лечебных и профилактических действий пациенту. Существующие украинские и мировые стандарты диагностики и лечения больных уролитиазом предусматривают обязательное минералогическое исследование уролита для каждого больного.

В то же время сейчас в Украине выполнение подобных исследований носит инициативный и эпизодический характер, что приводит к росту количества заболеваний и их тяжести.

История проблемы. Мочекаменная болезнь, известна с древних времён. Об этом свидетельствует информация о находках уролитов в египетской мумии (4800 г. до н.э.), а также в захоронениях в Индии (1728-1686 г.г. до н.э.). Ещё Гиппократ в 430-347 г.г. до н.э. отмечал наличие уролитов в мочевых путях греков. В Александрии (150 лет до н.э.) была проведена хирургическая операция по удалению уролита из мочевого пузыря. Позднее мочекаменная болезнь устанавливалась у римлян, в средние века – у жителей Италии, Франции, Германии. Известный философ и врач Авиценны писал о распространении мочекаменной болезни в арабских странах и в Средней Азии.

Мочекаменная болезнь является одним из распространенных заболеваний в урологической практике, которое вызвано различными внешними и внутренними факторами и имеет тенденцию к росту, так как прогресс человечества неуклонно ведет к изменению социальных условий жизни, изменению характера питания, а рост промышленности – к загрязнению окружающей среды и увеличению неблагоприятных экологических факторов. Распространенность мочекаменной болезни в Украине носит эндемический характер, но в среднем варьирует до 0,4% – 0,5% от общего числа урологических больных.

Причины и механизмы уролитотобразования в настоящее время изучаются на высоком научном уровне с использованием электронной микроскопии и сложных биохимических и структурных рентгенологических исследований [7].

Но до настоящего времени вопросы этиологии, патогенеза, диагностики и профилактики уролитиаза остаются до конца неизученными и во многом спорными.

Отмечается необходимость исследования строения и состава органо-минеральных агрегатов и разработки новых методов лечения и профилактики заболеваний мочекаменной болезни в связи с ухудшением экологической обстановки в крупных промышленных регионах, способствующей росту заболеваний, которые связаны с патогенным минералообразованием в организме человека. Поэтому в последнее время отмечается интерес к изучению состава патогенных биоминеральных агрегатов и условий их формирования.

Вопросы изучения уролитов относятся к категории междисциплинарных исследований, они находятся на стыке двух наук – биоминералогии и урологии.

Последние достижения. Весьма значительная по объёму и глубине проработки информация об изучении органо-минеральных агрегатов в организмах и растениях приведена в работах А.А. Кораго [5], О.А. Головановой [1], Ф.В. Зузука [3] и других исследователей.

В литературе отмечалось [6], что биоминералогия, как наука развивается достаточно медленно. Это объясняется тем, что объекты изучения биоминералогии представляют собой довольно сложные органо-минеральные образования. Кроме того, долгое время изучением подобных образований занимались исследователи (биологи, медики и др.), не обладающие специализированными знаниями в области минералогии, кристаллографии, химии.

В Украине первые минералого-петрографические исследования уролитов проводились в середине 70-х годов прошлого века на кафедре минералогии и петрографии Национального горного университета, а в 1979 году опубликована первая статья по этой теме [2].

В 1976 году А.А. Кораго [4] сформулировал основные особенности объектов исследования биоминералогии. Впоследствии Н.П. Юшкин [8] предложил выделить особую область исследований и назвать её медицинской минералогией. Было рекомендовано отнести к этой области исследований проблемы изучения конструктивных и патологических минералов и минералообразующих процессов в организме человека.

Объектом исследования являлись уролиты извлеченные у больных жителей г. Днепропетровска в результате хирургической операции .

Целью данной работы является исследование особенностей морфологии уролитов.

Методика работы. Результаты определения состава уролита должны являться обязательным компонентом алгоритма диагностики и лечения пациентов с мочекаменной болезнью, несмотря на трудоемкость исследования [5]. Примером может служить решение вопроса о выборе терапии при сочетании инфекции мочевыводящего тракта и мочекаменной болезни. В этом случае без анализа уролита невозможно установить первичность инфекции по отношению к литогенезу. В случае, если основой уролита является струвит, причиной камнеобразования будут являться уреазопродуцирующие микроорганизмы; если же уролит состоит из других соединений, инфекцию следует рассматривать как осложнение мочекаменной болезни.

Изучение состава уролитов необходимо как для диагностики, так и для назначения адекватной схемы консервативного и оперативного лечения моче-

каменной болезни, особенно в случаях наследственного и рецидивного камнеобразования. Существующие мировые стандарты диагностики и лечения больных уролитиазом предусматривают обязательное исследование уrolита для каждого больного с мочекаменной болезнью.

На первом этапе изучались внешние макроскопические признаки уrolита (цвет, форма, размер) и анализировалась морфология поверхности. Морфологию и минеральный состав уrolита на этом этапе изучали с помощью кристалломорфологического метода на бинокулярном микроскопе МБС-10.

На втором этапе, используя поляризационно-оптический метод, детализировали минеральный состав уrolита и оценивали взаимоотношения между отдельными зернами минералов. Для этого готовили шлифы, которые исследовали на поляризационном микроскопе МИН 8.

При выявлении сложного состава вещества исследование дополняли результатами рентгеновского фазового анализа, позволяющего на основе дифракции провести качественный и количественный анализ поликристаллических материалов с определением их составляющих.

Изложение результатов. Форма уrolитов представляет собой различные поверхности вращения, друзовидные, щетковидные и коралловидные агрегаты, а так же их комбинации. Основные типы внешнего вида исследованных уrolитов приведены на рисунках 1 и 2. Очень часто поверхность образцов имела каверны различной формы и величины и была покрыта многочисленными или единичными кристаллами. Размер образцов изменялся от 0,3 до 2,5 см., цвет от белого до черного, но преобладают различные оттенки желтого и розового цвета.

По особенностям морфологии выделено пять типов уrolитов. Уrolиты первого типа имеют друзовидную поверхность, представленную многочисленными мелкими кристаллами. В шлифах проявляется направленность роста кристаллов от центра уrolита к периферии. Мельчайшие кристаллы нередко нарастают на ребрах и вершинах крупных кристаллов, давая начало дендритообразованию; реже наблюдается прорастание кристаллов с образованием двойников. Некоторые кристаллы, расположенные в промежутках между крупными кристаллами, несут на себе следы растворения (округлые вершины, сглаженные ребра).

Окончательное формирование таких агрегатов происходит в условиях нахождения их в полости почки в свободном, не прикреплённом состоянии, когда минералообразующий раствор периодически воздействует на разные участки уrolита.

Уrolиты второго типа характеризуются «почковидной» поверхностью. Размер отдельных «почек» может быть различным, – от нескольких микрометров до нескольких миллиметров в поперечнике.

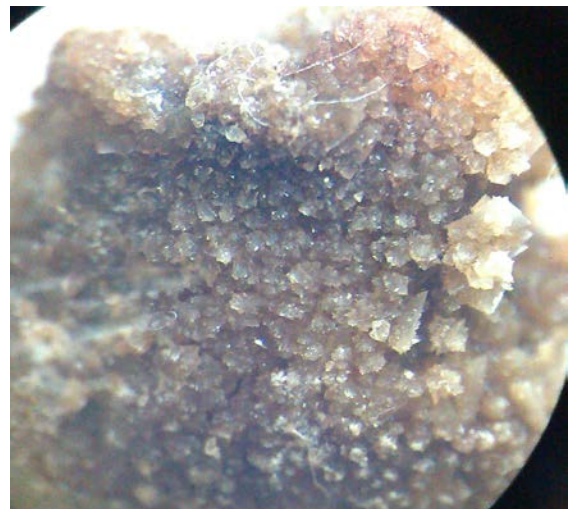


Рис. 1. Внешний вид уролитов



Рис. 2. Внешний вид уролитов

Третий тип уролитов характеризуется сочетанием признаков морфологии уролитов первых двух типов, и такая морфология поверхности названа нами комбинированной.

Особую группу этого типа представляют агрегаты с более сложной морфологией. К ним отнесены образования, возникающие вследствие последовательного или одновременного формирования поликристаллической и полисферолитовой форм поверхности. Например, кристаллы вевеллита нередко являются центрами роста сферолитов. Так отмечаются полностью сформированные сферолиты, над поверхностью которых видны выступающие вершины кристаллов вевеллита.

Поверхность уролитов четвертого типа интенсивно изрезанная, «бужтообразная».

Уролиты пятого типа относятся к коралловидным, они обладают неровной поверхностью, сложенной мелкозернистой массой различных минералов. Их форма не поддается отнесению к определенным типам геометрических тел, часто это цилиндрической формы агрегаты с отклонениями длинной оси от прямого направления с многочисленными ответвлениями.

Выполненные исследования позволяют сформулировать следующие основные выводы: внешний вид уролитов очень разнообразен, их форма представляет собой различные поверхности вращения, друзовидные, щетковидные и коралловидные агрегаты, а так же их комбинации. По особенностям морфологии выделено 5 типов форм уролитов.

Список литературы

1. Голованова О.А., Россеева Е.В., Франк-Каменецкая О.В. Аминокислотный состав камней мочевой системы человека // Вестник СПбГУ. Сер. 4. 2006. Вып. 2. – С. 123–127.
2. Доморацкий Н.А., Агафонов Н.В., Куцевол Л.И. Минеральный состав мочевых конкрементов // 8 Научно практическая конференция урологов Днепропетровской области. – Днепродзержинск, 1979. – С. 57 – 68.
3. Зузук Ф.В. Внутреннее строение почечных камней, состоящих из аморфного органического вещества, содержащего фосфаты // Уральский геологический журнал. 2001. № 2(20). – С. 117–124.
4. Кораго А.А. Жемчуг Северо-Запада СССР / Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, 1976, ч. 105, вып. 3, с. 282—294.
5. Кораго А.А. Введение в биоминералогия // СПб: Недра, 1992. – 280 с.
6. Мак-Коннелл Д. Биоминералогия фосфатов и физиологическая минерализация. Фосфор в окружающей среде // М.: Мир, 1977. – С. 462–481.
7. Ракин В.И., Каткова В.И. Кристаллизация одноводного оксалата кальция (вевеллита) в гелевой среде // Минералогия и жизнь: Материалы к Межгосударственному минералогическому семинару. Сыктывкар, 1993. – С. 54–55.
8. Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии. – Л.: Недра, 1977. – 290 с.

*Рекомендовано до публікації д.г.н. Барановим П.М.
Надійшла до редакції 22.01.2015*

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН ТРЕЩИНОВАТОСТИ В УГЛЯХ И ПОРОДАХ КРАСНОАРМЕЙСКОГО, ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОГО, ЦЕНТРАЛЬНОГО, ЛУГАНСКОГО РАЙОНОВ ДОНБАССА

В данной статье рассмотрено изменение соотношения песчаников и других литологических разностей, слагающих угленосную толщу Донбасса (аргиллитов, алевролитов, углей, известняков) в вертикальном и латеральном плане. Полученные данные могут быть использованы как основа для выделения трещиноватых зон в углепородном массиве.

У даній статті розглянуто зміну співвідношення пісковиків та інших літологічних утворень, що складають вугленосну товщу Донбасу (аргілітів, алевролітів, вугілля, вапняків) у вертикальному і латеральному плані. Отримані дані можуть бути використані як основа для виділення тріщинуватих зон в вуглепородному масиві.

The change in the relation of sandstone and other lithologic differences, forming the coal-bearing strata of Donbass (mudstone, siltstone, coal, limestone) in the vertical and lateral plane is considered in the article. Received data can be used as a base for the definition of fractured zones in the rock mass.

Вступление. В итоге многочисленных исследований в настоящее время выявлены основные закономерности изменения мощности каменноугольных отложений Донбасса. К настоящему времени проведено много исследований, связанных с изменением мощностей осадочных толщ для решения различных проблем геотектоники, истории осадконакопления и катагенеза. Среди первых исследований в данной области следует отметить работы Н.С. Шатского (1924, 1937), А.З. Широкова (1938, 1955), Е.О. Погребницкого (1933), В.З. Ершова (1933, 1954). Закономерности изменения мощности Донецкого карбона в региональном плане рассматривали В.В. Белоусов (1944), С.Е. Верболоз (1952), А.Я. Дубинский (1956), Н.В. Логвиненко (1956), В.С. Попов (1957) и др. В итоге многочисленных исследований в настоящее время выявлены основные закономерности изменения мощности каменноугольных отложений Донбасса. Однако возникают все новые проблемы, которые необходимо изучать.

Цель работы. Исследовать изменение литологического состава пород среднего карбона по районам Донбасса и определить возможность влияния формирования зон трещиноватости от изменения литологического состава пород.

Изложение основного материала. Данные исследования были направлены на сопоставление изменения литологического состава пород по свитам среднего карбона Донбасса. Во внимание брали в основном отложения геолого-промышленных районов, расположенных в субширотном направлении с запада на восток в пределах Большого Донбасса (Красноармейский, Донецко-Макеевский, Центральный, Луганский угленосные районы).

В данных исследованиях основное внимание сосредоточено на изучении соотношения песчаников и других литологических разностей, слагающих угленосную толщу Донбасса (аргиллитов, алевролитов, углей, известняков), в верти-

кальном и латеральном плане, что может быть основой для выделения трещиноватых зон в углепородном массиве.

Кратко рассмотрим условия накопления осадков в Донецком бассейне. Накопление глинистых, песчано-глинистых и песчаных отложений происходило в условиях непрерывно прерывистого погружения в различных фациальных обстановках. Это обусловило разную форму залегания литологически различных пород: для углей, аргиллитов, алевролитов характерны преимущественно пластинчатые формы, для песчаных алювиально-дельтовых отложений – линзообразные тела. Изменения термодинамических условий в процессе погружения сопровождались непрерывным уплотнением глинистых, алевролитистых и песчаных отложений. Глины и алевролиты уплотнялись в наибольшей степени, их первоначальная мощность уже в стадию начального катагенеза уменьшилась в 6 – 8 раз, а песчаных – только в 2,0 – 2,5 раза [1, 2]. Непрерывное изменение объемов пород приводило к непрерывному возникновению напряжений, которые частично или полностью релаксировались пластическими деформациями аргиллитов, углей и алевролитов. Песчаные тела обладали наибольшей устойчивостью к внешним нагрузкам, они в наименьшей мере изменяли свою форму. Релаксация напряжений в них происходила, в основном, за счет межзернового скольжения и перераспределения твердой и жидкой фаз.

В условиях непрерывного погружения и накопления осадков дальнейшее неравномерное уплотнение пород на стадиях среднего - позднего катагенеза – сопровождалось физико-химическими процессами вторичного минералообразования. При этом пористость глинистых пород уменьшилась еще в 3 – 5 раз, а песчаных – только в 1,5 – 2,0 раза. Песчаные тела явились концентраторами напряжений, возникающих вследствие неравномерного уплотнения. Эти напряжения в песчаниках полностью снимались лишь в тех случаях, когда скорость их возникновения была меньше скорости релаксации, обусловленной межзерновым скольжением, вторичным минерало- и трещинообразованием.

В верхнем карбоне происходит обращение геотектонического цикла, опускание сменяется поднятием центральной части Донбасса. Самые нижние слои осадочных пород поднимаются и, подвергаясь объемному сжатию, сминаются в складки. Возникшие при этом тангенциальные напряжения распространяются к периферическим частям с убывающей интенсивностью [3].

Приведенный краткий очерк истории развития Донецкого бассейна свидетельствует о том, что образование структурных форм происходило в резко неоднородных породах по литолого-петрографическому составу и физико-механическим свойствам в течение длительного геологического времени и носило непрерывно-прерывистый характер.

О трещиноватости карбоновых пород Донбасса имеется много работ. Но изучению трещиноватости в региональном и локальном плане относительно литолого-структурного формирования трещин не уделялось должного внимания, тогда как выявление закономерностей развития и распространения их позволило бы обосновать прогноз зон формирования трещиноватости и связанного с ними выделения метана в горные выработки, газоносности трещиноватых пород и ряд других явлений. Так, в работе [4] авторы отмечают, что глубины развития от-

крытой трещиноватости колеблются в пределах 500 – 800 м и зависят от степени катагенеза и дислоцированности пород.

Пимоненко Л.И. [5] отмечает, что для Центрального района Донбасса, в целом, с глубиной нарушенность угольных пластов увеличивается на всех шахтах (им. Ю.А. Гагарина, «Комсомолец», им. В.И. Ленина, «Кочегарка» и др.), но характер ее увеличения не одинаков (рис. 1). На шахтах «Комсомолец» и им. В.И. Ленина, расположенных в центре тектонического блока, плотность проявления амплитудных разрывов относительно равномерна, а в окраинных частях блока, шахты им. Ю.А. Гагарина и «Кочегарка» выделяются интервалы резкого скачкообразного увеличения и уменьшения нарушенности угольных пластов.

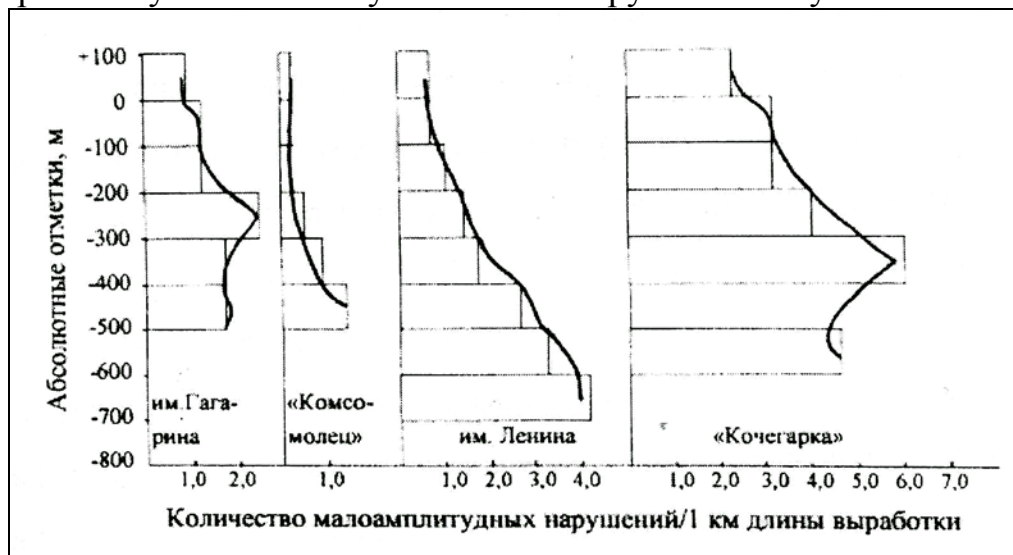


Рис. 1. Изменение плотности (шт/км) малоамплитудных нарушений с глубиной в Центральном районе Донбасса

В работе [6] при исследованиях изменения тектонической нарушенности на примере шахты им. Ю.А. Гагарина (Центральный район) на горизонтах 466, 515, 591 и 770 м, строились графики зависимости числа разрывов от их протяженности на различных глубинах разработки. Кривые построенные по расчетным данным, свидетельствуют о возрастании удельного веса малоамплитудной нарушенности с глубиной при разработке шахтного поля. Проведенные исследования для Селезневского промышленного района, которые были направленные на изучение и распространение малоамплитудной нарушенности [7], отмечают, что в целом для района наблюдается увеличение малоамплитудной нарушенности с глубиной (рис. 2).

В работе [8], при анализе развития закономерностей трещиноватости пород установлено, что зоны разрывных нарушений на всем протяжении в плане на глубину до 1000 м и более обладают высокой разноориентированной трещиноватостью и очень осложняют ведение горных работ. Трещиноватые зоны в песчаниках имеют значительную трещинную пустотность и раскрытие трещин. Это подтверждается большими по величине и продолжительности во времени водопритоками из указанных зон в выработки на глубине до 800 – 1000 м и более. Величины трещинной пустотности и раскрытие трещин в песчаниках с глубиной не снижается. Наличие зияющей трещиноватости в зонах разрывных нарушений на глубине 1000 м и более в условиях высокого горного давления подтвержда-

ет вывод ряда исследователей о периодической активизации в Донбассе тектонических подвижек, постоянно оживляющих трещиноватость.

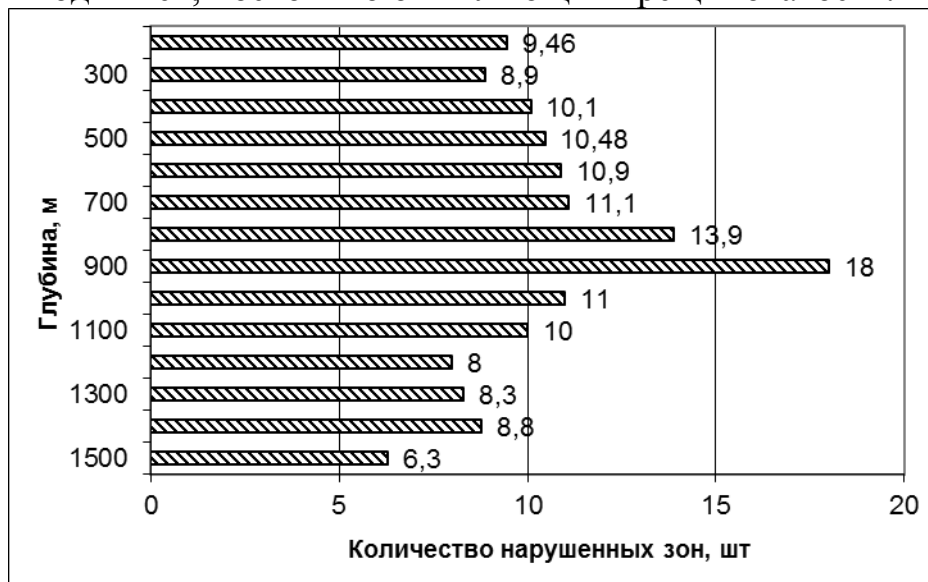


Рис.2. Изменение степени тектонической нарушенности горных пород с глубиной (Селезневский район)

По результатам проведенных исследований для Красноармейского геолого-промышленного района Донбасса, авторы работы [9] отмечают образование аномальной зоны, в которой интенсивно развиты многие типы внутрислойных разрывных нарушений. Проведенный детальный анализ показал, что причиной образования аномальной зоны является количественная и качественная изменчивость подстилающих пород. Механизм образования этой полосы основан на различной уплотняемости песчаных и глинистых осадков в процессе диагенеза. В данном случае в результате уплотнения глинистых пород вдоль кромки песчаного комплекса на стадии диагенеза произошли деформации пласта I_3 и значительной толщи перекрывающих его осадков. Образовавшаяся при этом трещиноватость в процессе эпигенеза трансформировалась в разрывные нарушения.

В работе [10] отмечается, что на площади Донецко-Макеевского угленосного района, в целом, не следует ожидать существенного повышения степени нарушенности пластов малоамплитудными разрывами в направлении увеличения глубины их залегания. В зависимости от конкретных геологических условий на одних участках количество разрывов будет возрастать по мере увеличения глубины отработки, на других снижаться, а на третьих – оставаться без изменений. Таким образом, анализ литературных источников показал [4 - 10], что при рассмотрении образования нарушенности углей и пород в горном массиве авторами предлагаются различные теоретические и практические выводы о причинах их формирования. Следует отметить, что многие исследователи приходят к выводу, о возрастании объемов трещиноватых зон с увеличением глубины формирования.

Обобщив полученные данные и выполнив анализ литературных источников, рассмотрим данные изменения трещиноватости в стратиграфическом интервале $C_2^1 - C_2^7$ в региональном плане, с запада на восток. Для этого были построены схемы изменения литологического состава отложений свит среднего карбона для четырех геолого-промышленных районов: Красноармейского, Донецко-

Макеевского, Центрального, Луганского (рис. 3 – 6) На схемах представлено соотношение песчаников и других литологических разностей (алевролитов, аргиллитов, известняков, углей) по каждой свите среднего карбона.

При сопоставлении данных по развитию трещиноватости в Красноармейском геолого-промышленном районе, наибольшее ее развитие относится к свите C_2^6 . Песчанность в данной свите составляет 33% (см. рис. 3). В данной свите песчаные отложения менее развиты относительно выше и ниже расположенных свит (C_2^7 – 37% и C_2^5 – 45 %).

В Донецко-Макеевском геолого-промышленном районе исследовались шахта им. А.Ф. Засядько и шахта им. М.И. Калинина на наличие зон трещиноватости.

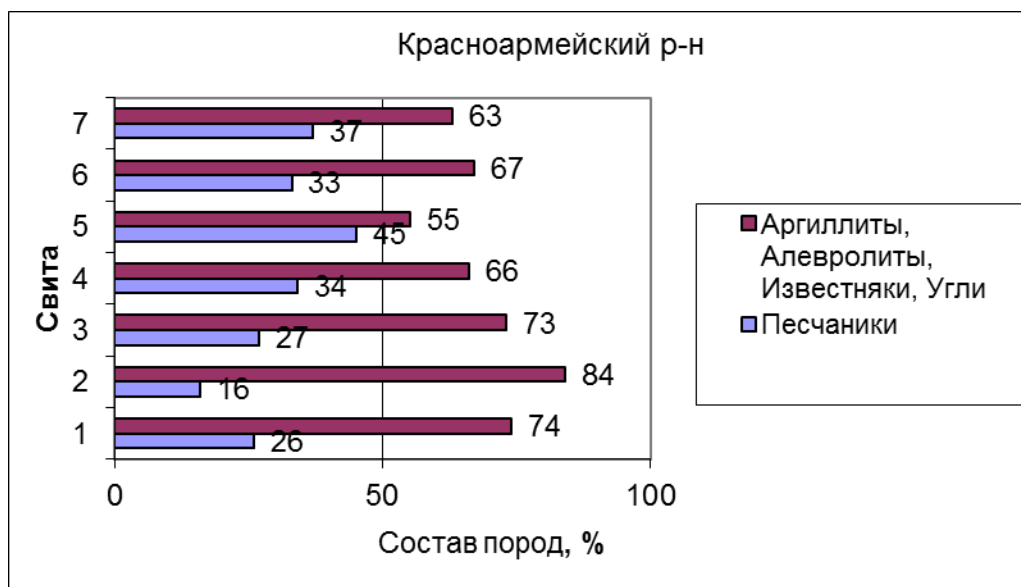


Рис. 3. Схема изменения литологического состава пород в Красноармейском районе

1 - C_2^1 , 2 - C_2^2 , 3 - C_2^3 , 4 - C_2^4 , 5 - C_2^5 , 6 - C_2^6 , 7 - C_2^7

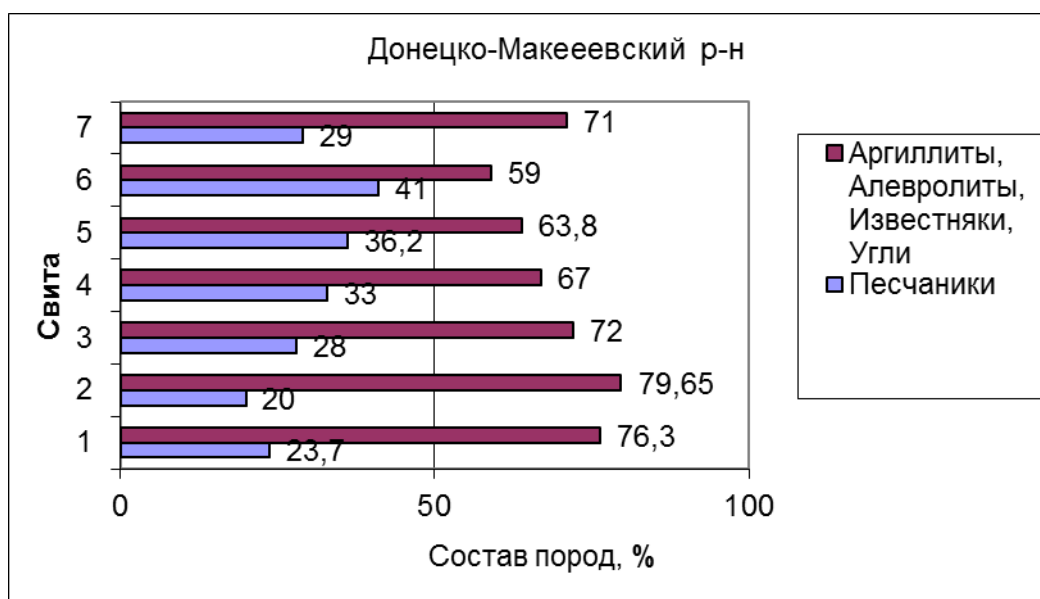


Рис. 4. Схема изменения литологического состава пород в Донецко-Макеевском районе

На шахте им. А.Ф. Засядько обрабатываются угольные пласты m_3 , l_1 , l_4 , k_8 . При анализе каротажных диаграмм установлены зоны развития трещиноватости, в большей или меньшей степени, по латерали и вертикали на рабочих пластах, что соответственно относится к свитам C_2^7 , C_2^6 , C_2^5 .

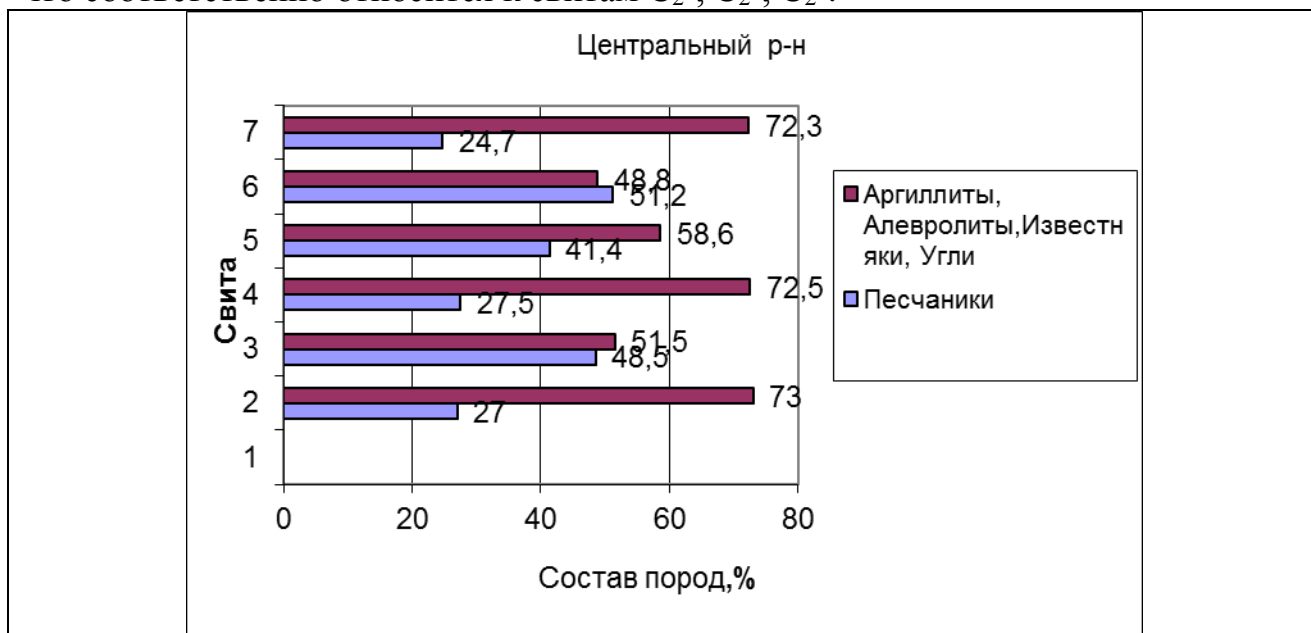


Рис. 5. Схема изменения литологического состава пород в Центральном районе

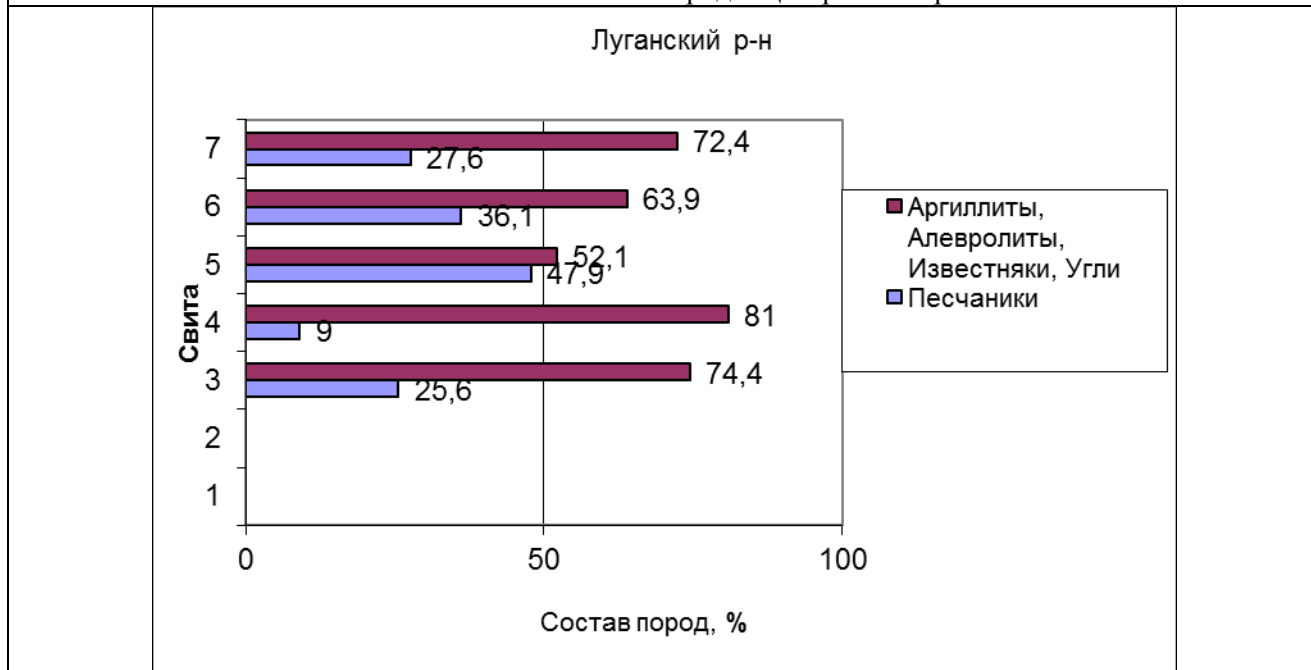


Рис. 6. Схема изменения литологического состава пород в Луганском районе

На шахте им. М.И. Калинина обрабатывается угольный пласт h_{10} . При анализе каротажных диаграмм установлена зона развития трещиноватости в районе обрабатываемого угольного пласта, что соответствует свите C_2^3 .

Таким образом, при сопоставлении данных, представленных на схеме (рис. 4), наблюдается, что в свите C_2^6 песчаные отложения составляют 41%. В данной свите песчаные отложения развиты в большей степени относительно выше и ниже расположенных свит (C_2^7 – 29 % и C_2^5 – 36,8 %). Песчаные отложения в свите C_2^3 составляют 28 %, сопоставление с выше и ниже расположенными свитами (C_2^4 – 33 % и C_2^2 – 20 %) показывает плавное уменьшение песчаности.

При сопоставлении данных по развитию трещиноватости в Центральном геолого-промышленном районе, наибольшее ее развитие относится к свитам C_2^7 , C_2^6 , C_2^5 , C_2^3 . Песчанистость в данных свитах составляет соответственно 24,7%; 51,2 %, 41,4 %, 27,5% (рис. 5). Как видно из рисунка, в свите C_2^6 песчаные отложения составляют 51,2 %, а в свитах, расположенных выше и ниже, песчаные отложения имеют значительно меньшую мощность (C_2^7 – 24,7 % и C_2^5 – 41,4 %). Свита C_2^3 имеет 48,5 % песчанистости, а отложения в свитах C_2^4 и C_2^2 – соответственно 27,5 % и 27 % песчанистости.

Выводы. Таким образом, анализ данных показал, что формирование зон трещиноватости в стратиграфическом интервале среднего карбона по исследуемым районам (Центральный, Донецко-Макеевский, Красноармейский, Луганский) происходит в следующих условиях.

1) Зоны локализации трещиноватости приурочены к свитам с более мощными песчаными отложениями и захватывают выше и ниже залегающие свиты.

2) Зоны локализации трещиноватости приурочены к свитам с менее мощными отложениями песчаника при условии, что они заключены между более мощных песчаных отложений выше и ниже расположенных свит.

Возможно, такой механизм формирования зон трещиноватости связан с различной уплотняемостью песчаных и глинистых осадков. Установлено, что коэффициент сокращения мощности песчаников 1,1 – 1,2, а глинистых пород 2 – 6, т.е. мощность песчаников слабо менялась в периоды седиментация – диагенез – катагенез, в то время как глинистые осадки уплотнялись более чем в 2 раза относительно первоначальной мощности. В результате уплотнения глинистых пород относительно песчаного комплекса произошли деформации значительной толщи осадков. Образовавшаяся при этом трещиноватость трансформировалась в зоны разрывных нарушений.

Список литературы.

1. Уэллер, Д.М. Уплотнение осадков / Д.М. Уэллер // Проблемы в нефтяной геологии в освещении зарубежных ученых. - М.: Гостоптехиздат, 1961. - С. 84 – 132.
2. Чепиков, К.Р. Постседиментационные преобразования пород коллекторов / К.Р. Чепиков. - М.: Наука, 1972. – 90 с.
3. Забигаило, В.Е. Выбросоопасность горных пород Донбасса / В.Е. Забигаило, В.В. Лукинов, А.З. Широков. – К.: Наукова думка, 1983. – 288 с.
4. Панасенко, Г.П. О методике изучения трещиноватости в горных выработках угольных шахтах Восточного Донбасса / Г.П. Панасенко, В.Ф. Макляк // Лутугинские чтения: Тезисы докладов 3-й Геол. конференции. - Луганск, 1969. – С. 87 – 89.
5. Пимоненко Л.И. Тектонические основы прогноза горно-геологических условий разработки угольных месторождений: дис. ... докт. геол. наук: 04.00.16 / Пимоненко Людмила Ивановна. - Днепропетровск, 2005, - 470 с.
6. Яковцев, Е.А. О характере изменения тектонической нарушенности полей Донбасса с глубиной разработки. / Е.А. Яковцев, С.Н. Мартынова // Тр. Всесоюзного научно-исследовательского института горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ). – Л., 1974. – Сб. 94. Шахтная геофизика и геология. - С. 136 – 139.
7. Лисиця, В.Є. Особливості тектоніки та прогноз малоамплітудної порушенності шахтних полів Селезнівського геолого-промислового району Донбасу: автореферат дис. ... канд. геол. наук: 04.00.16 / В.С. Лисиця. - Дніпропетровск, 2005. - 18 с.

8. Смородин, Г.М. Разрывные нарушения в пределах Ровенского поднятия в Донбассе / Г.М. Смородин // Уголь Украины. – 1984. - №4. - С. 36 – 37.
9. Ващенко, В.И. Прогноз нарушенных зон угольных пластов с литологически неоднородной почвой / В.И. Ващенко // Уголь Украины. – 1988. - №2. - С. 38 – 39.
10. Нагорный, Ю.Н. Прогноз степени нарушенности пластов малоамплитудными разрывами на глубоких горизонтах / Ю.Н. Нагорный, А.А. Бельгард, В.Н. Нагорный // Уголь Украины. – 1984. - №4. – С. 36 – 37.

*Рекомендовано до публікації д. геол. н. Приходченко В.Ф.
Надійшла до редакції 20.01.15*

УДК 553.41:550.387

© К.О. Змиевская

АНАЛИЗ ЗОЛОТОРУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И УРОВНЯ НАБЛЮДАЕМОГО ЕСТЕСТВЕННОГО ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА СЕРГЕЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В работе приведены результаты анализа геологического строения вскрытых пород, проявления в них золоторудной минерализации и соответствующих уровней наблюдаемого естественного импульсного электромагнитного поля Земли на примере участка месторождения Сергеевское. Установлена зависимость между разрывными нарушениями, линейными корами выветривания, приуроченной к ним золоторудной минерализацией и пониженным уровнем естественного импульсного электромагнитного поля Земли.

В роботі наведено результати аналізу геологічної будови розкритих порід, прояву в них золоторудної мінералізації і відповідних рівнів та природного імпульсного електромагнітного поля Землі на прикладі ділянки родовища Сергіївське. Встановлена залежність між розривними порушеннями, лінійними кораами вивітрювання, приуроченої до них золоторудної мінералізації і зниженим рівнем природного імпульсного електромагнітного поля Землі.

This paper presents the results of analysis of the geological structure of crushed rocks, manifestation of the gold mineralization and appropriate levels of observed natural impulse electromagnetic field of the Earth on the example of the area of the field Sergeevskoe. The dependence between the faults disturbances, linear weathering, timed to them gold mineralization and lowered level of natural impulse electromagnetic field of the Earth.

Вступление. Выполненные ранее исследования по уточнению тектонического строения участка Сергеевского месторождения (выделения разрывных нарушений и приуроченных к ним линейных кор выветривания) с использованием метода естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ), позволили сформулировать задачу исследований. Установить связь между уровнем наблюдаемого поля в зонах разрывных нарушений и линейных кор выветривания, данными о геологическом строении и золоторудной минерализацией.

Данная задача представляется перспективной в плане установления дополнительного прогностического признака для выявления зон золоторудной минерализации.

Цель исследования - установить связь золоторудной минерализации в зонах разрывных нарушений и линейных кор выветривания с уровнем регистрируемого в их пределах ЕИЭМПЗ на участке Сергеевского месторождения.

Изложение основного материала исследования. Участок исследования расположен в пределах Сергеевского золоторудного месторождения, находящегося в пределах Сурской структуры Солонянского рудного поля, в непосредственной близости от Девладовского разлома (Среднеприднепровский мегаблок, Украинского щита).

В геологическом строении месторождения принимают участие метабазалты и метадолериты аполлоновской толщи AR3a, а также метадациты сурского комплекса AR3sr, являющиеся составляющими Сергеевского субвулканического тела.

Западной границей месторождения является Южно-Петровский разлом северо-западного простирания. Субмеридиональные разломы – Центральный и Восточный, контролируют развитие габброидов сергеевского комплекса. Северо-Сергеевский разлом субширотного простирания является наиболее поздним и контролирует внедрение Сергеевского субвулканического тела. К узлам пересечения Северо-Сергеевского разлома с Центральным и Восточным разломами приурочено золотое оруденение.

На поверхности кристаллических пород развита площадная кора выветривания, сложенная метавулканогенными образованиями, которая перекрыта осадочными отложениями палеогенового и четвертичного возрастов (суглинками, глинами, песками).

Кроме того, в пределах месторождения развиты линейные коры выветривания, имеющие локальное распространение и прослеживающиеся вдоль ослабленных зон тектонических нарушений и контактов литологических разновидностей пород, образующие в разрезе узкие линейные впадины, более широкие в зонах региональных разломов [2, 3, 4].

Для решения сформулированной задачи, был рассмотрен участок в центральной части Сергеевского месторождения, между разведочными профилями 16, 16а, 17, 17а, 18. На его площади были выполнены наблюдения естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). Площадка исследования представляет собой неправильный четырехугольник со сторонами: ширина: 240х240 м; длина: 500х493 м (рис. 1).

Всего, пройдено 27 профилей субширотного направления. Профили располагались параллельно друг другу на расстоянии 20 м. Шаг наблюдений составлял 20 м. Вынесение опорных скважин и профилей наблюдений на дневную поверхность центральной части участка выполнялось с помощью тахеометра Topcon GTS 235, и GPS – навигатора Garmin GPS MAP 78 s.

Методика проведения съемки, полученные результаты наблюдаемого ЕИЭМПЗ участка Сергеевского месторождения приведены ранее [1].

По результатам наблюдения была построена схема плотности потока

ЕИЭМПЗ (в условных единицах, у.е.). На полученной схеме участка плотность потока электромагнитного поля изменяется от 1 до 20 у.е. (рис. 2). Наиболее характерной особенностью для участка исследований является линейность выделенных структур.

Среди выделенных, доминируют структуры субширотного направления, что находит свое объяснение в непосредственном влиянии Девладовского и Северо-Сергеевского разломов. Зоны разрывных нарушений характеризуются пониженными значениями поля, в нашем случае, менее 9 у.е. [1].

По данным полевых наблюдений (геологической документации) [2, 3], на участке исследования были проанализированы 100 метровые интервалы описания вскрытых геологоразведочными скважинами пород, с указанием золоторудной минерализацией (г/т) и соответствующими центру выделенной зоны значениями уровня ЕИЭМПЗ (у.е.).

Всего, были рассмотрены данные 59 скважин, расположенных в пределах участка исследования. В 55 из них вскрыты различные типы внедрения кварцсодержащих пород с включениями золота, которые, в свою очередь, были разделены на три группы.

В первую группу отнесены породы с выраженными кварцевыми жилами, мощностью от 0,3 до 1,4 м (8 скважин, что составляет 14,6 % от общего числа проанализированных скважин). Группа представлена кварц-карбонатными жиллообразными телами с арсенопиритом и кварц-карбонат-сульфидной жилой с золотом. Кварцевые жилы выполнены кварц-карбонатными жиллообразными телами с различной дополнительной минерализацией.

Во вторую группу отнесены породы с выраженным кварцевым прожилкованием и прослоями, мощностью от 0,5 до 1,2 м. Всего рассмотрено 27 скв., что составляет 49 % от общего числа. Слагающий ее комплекс пород представлен кварц-карбонатным прожилкованием в metabазальтах.

В третью группу входили породы с интенсивным окварцеванием, предположительно, метасоматического характера, что составляет 36,4 % (20 скв. от общего числа). Данная группа характеризуется следующим комплексом пород: окварцованные метадациты и metabазальты, хлорит-пирит-альбит-кварцевые сланцы. Окварцевание наблюдается в метадацитах и metabазальтах с различными типами минерализации.

В каждой из выделенных групп были обнаружены и детально рассмотрены интервалы с единичными случаями ураганных значений содержания золота. На полученную зависимость между содержанием золота и уровнем наблюдаемого поля они не оказывают влияния.

Затем, для каждой из выделенных групп, были рассчитаны осредненные значения поля и золоторудной минерализации, а также построен график связи уровня ЕИЭМПЗ и осредненного содержания золота в скважинах (рис. 3).

В первой группе скважин (выраженные кварцевые жилы) наблюдаемый уровень ЕИЭМПЗ составляет 8 у.е. Эти фрагменты участка характеризуются относительно повышенными плотностными характеристиками пород. Среднее содержание золота в породах этой группы - 18,3 г/т.

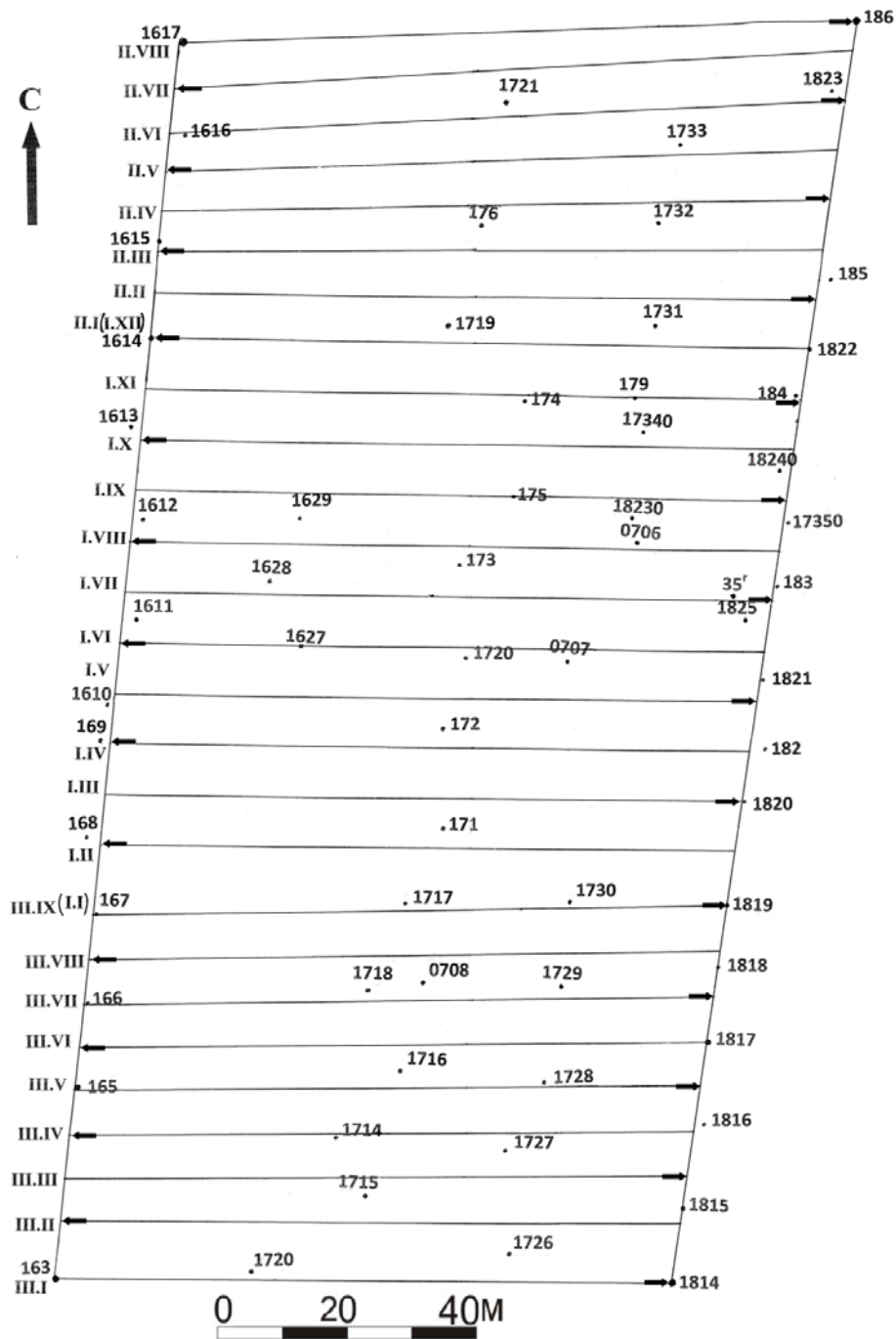


Рис. 1 Схема расположения профилей наблюдения ЕИЭМПЗ на участке Сергеевского месторождения

- 17350, 0707, 171 - буровая скважина и ее номер
- ↔ I.IV, II.VI, III.VII - номер профиля и направление хода

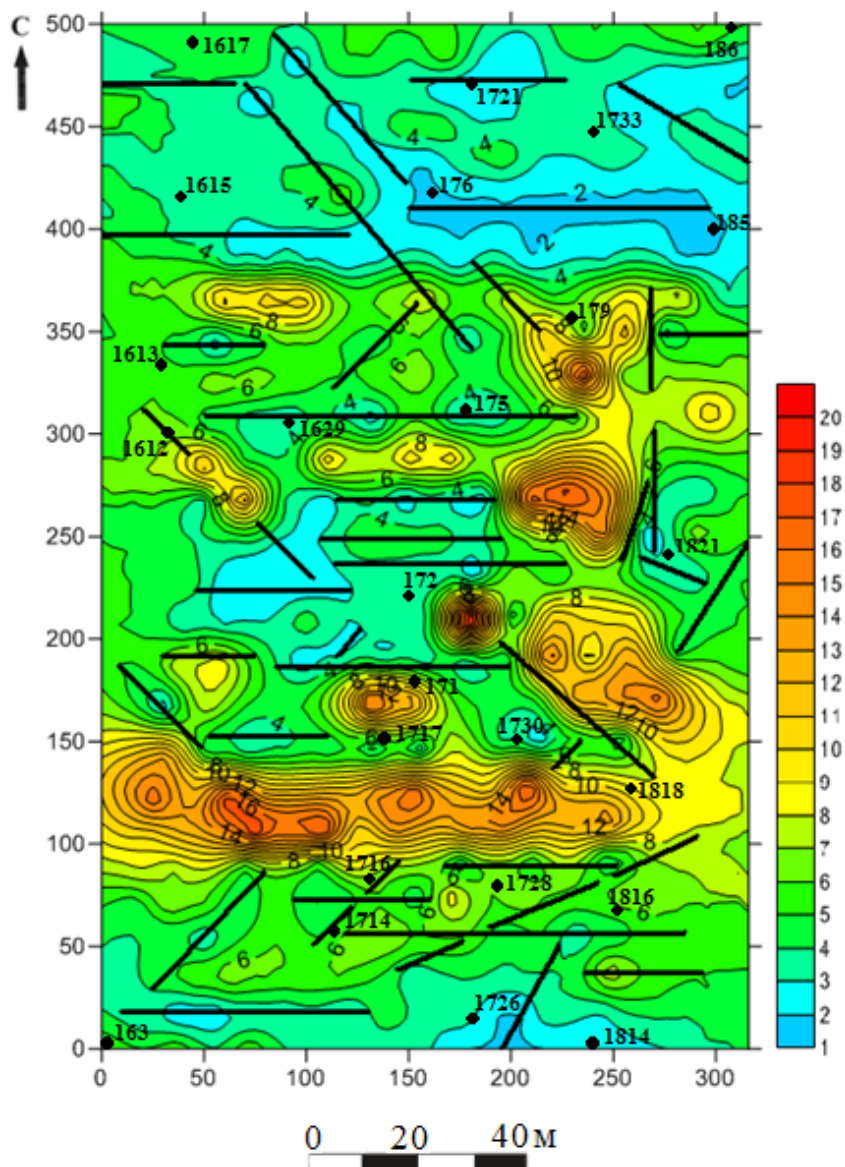



Рис. 2 Схема плотности потока ЕИЭМПЗ с выделенными на ней тектоническими нарушениями высоких порядков и линейными корами выветривания на участке месторождения Сергеевское

 Изолинии плотности потока магнитной составляющей ЕИЭМПЗ, в условных единицах, у.е.

 Оси выявленных тектонических нарушений

Во вторую группу отнесены интервалы скважин с выраженными кварцевыми прожилками, характеризуемые уровнем ЕИЭМПЗ 5 у.е. Среднее содержание золота в породах этой группы - 8 г/т.

Третья группа скважин, представленная породами с окварцеванием, характеризуется уровнем ЕИЭМПЗ 6 у.е. Среднее содержание золота в породах этой группы - 9 г/т.



Рис. 3 График взаимосвязи уровня поля ЕИЭМПЗ (у.е.) и среднего содержания золота в скважинах (г/т) для выделенных групп пород
 $y=0,94x+0,270; r=0,982$

где: x – уровень поля ЕИЭМПЗ (у.е.), y – осредненное значение содержания золота (г/т), r – коэффициент корреляции.

Выводы:

1. Проявления повышенной золоторудной минерализации выделенных трех групп тяготеют к зонам разрывных нарушений высоких порядков и линейных кор выветривания, которые характеризуются пониженными значениями уровня ЕИЭМЗ ≤ 9 у.е.

2. Установленная линейная зависимость между степенью золоторудной минерализации и уровнем ЕИЭМПЗ в зонах разрывных нарушений и линейных кор выветривания выражается уравнением: $y=0,945x+0,270; r=0,982$.

3. Полученная зависимость дает возможность предложить дополнительный прогностический признак для выявления зон повышенной золоторудной минерализации.

Список литературы

1. Додатко, А.Д. Детализация тектонических особенностей участка Сергеевского месторождения с использованием метода естественного импульсного электромагнитного поля Земли / А.Д. Додатко,
2. К.О. Змиевская, Н.А. Козарь // Научный вестник НГУ. – Днепропетровск, 2013. - №1. – С. 5 - 10.
3. Дыщук, М.Ю. Сергеевское месторождение золота (Украинский щит, Среднее Приднепровье)/М.Ю. Дыщук // Благородные и редкие металлы: Сборник информационных материалов 3-й Международной конференции “Благородные и редкие металлы. БРМ-2000”, Донецк, 19-22 сентября, 2000. – С. 88.
4. Фоций, Н.В. Золотое оруденение Приднепровской ГЗО (Украинский щит) / Н.В. Фоций, Н.А. Козарь, М.Ю. Дыщук // Благородные и редкие металлы: Сборник информационных материалов 3-й Международной конференции “Благородные и редкие металлы. БРМ-2000”, Донецк, 19-22 сентября, 2000. – С. 60.
5. Сукач, В.В. Типизация золоторудных объектов Солоньянского рудного поля / В.В. Сукач, Л.В. Исаков, М.Т. Цима // Научный вестник НГУ. – Днепропетровск, 2005. - № 9. – С. 10-15. – Библиогр.: 104 с.

6. Берзенин, Б.З. Геологическая карта докембрийских образований Приднепровского и Приазовского районов Украинского щита (с палеозойским обрамлением), М 1:200 000. Министерство геологии СССР, ЮУ ПГО «Южургеология», НГРЭ, 1988 г.

*Рекомендовано до публікації д. з. н. Барановим П. М.
Надійшла до редакції 23.12.14*

УДК 551.14; 553.81

© Н. Г. Вунда, Т. М. Вунда, А.Б. Москаленко

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ НА УЧАСТКАХ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ ЛУНДА-НОРТЕ РЕСПУБЛИКИ АНГОЛА

Рассмотрены проблемы и критерии шлихо-минералогических методов поиска новых месторождений алмаза на территории алмазоносных районов Анголы. Приведены данные химического анализа ильменитов и гранатов, которые могут быть эффективно применены при поиске алмазных месторождений.

Розглянуті проблеми і критерії шліхо-мінералогічних методів пошуку нових родовищ алмазу на території алмазоносних районів Анголи. Приведені дані хімічного аналізу ільменітів і гранатів, які можуть бути ефективно застосовані при пошуку діамантових родовищ.

Problems and criteria of shlikho-mineralogical methods of search of new fields of diamond in the territory of diamondiferous regions of Angola are considered. Provided data of chemical analysis of ilmenites and garnets which can be effectively applied by search of diamondiferous deposit diamond fields .

Введение. На территории республики Ангола, в основном там, где встречаются россыпные месторождения алмазов, фиксируются отложения свит Калонда и Калахари. Они служат основными коллекторами для накопления минералов индикаторов алмазов и самих алмазов. В данной работе рассмотрены основные морфологические особенности этих минералов.

В районе Лунда Норте, в северо-восточной части Анголы, выявлено более 300 кимберлитовых тел, в основном, в долинах рек Чикапа и Луашимо. Наиболее крупные трубки, с промышленными содержаниями алмазов – Катока, Камафука-Камазамбо, Камачия и Камутуе. Возраст кимберлитов по данным определений Rb-Sr и K-Ar методов – 80–120 млн. лет [1]. В трубках развиты брекчированные и массивные разности кимберлитов с различной степенью алмазности. В верхних частях большинства кимберлитовых тел установлены отложения кратерной фации – туфы, туффиты, туфопесчаники. Таким образом, эрозионный срез кимберлитовых трубок этого района незначителен.

В геолого-структурном отношении район расположен на западном склоне щита Кассаи. Геологические образования здесь представлены докембрийскими кристаллическими комплексами фундамента и перекрывающими разновозрастными отложениями чехла. Из магматических пород на площади обнажены архейские-раннепротерозойские интрузии кислого, основного состава и алмазо-

носные кимберлиты мелового возраста. Тектонические нарушения здесь представлены разломами различной ориентировки. Преобладают разрывы субмеридионального и северо-восточного направлений.

Формулирование целей и задач исследования. Поиск месторождений алмазов интересен как с научной точки зрения, так и с практической, поскольку необходимо, во-первых, определить источник алмазов, во-вторых, обеспечить страну потенциальными месторождениями.

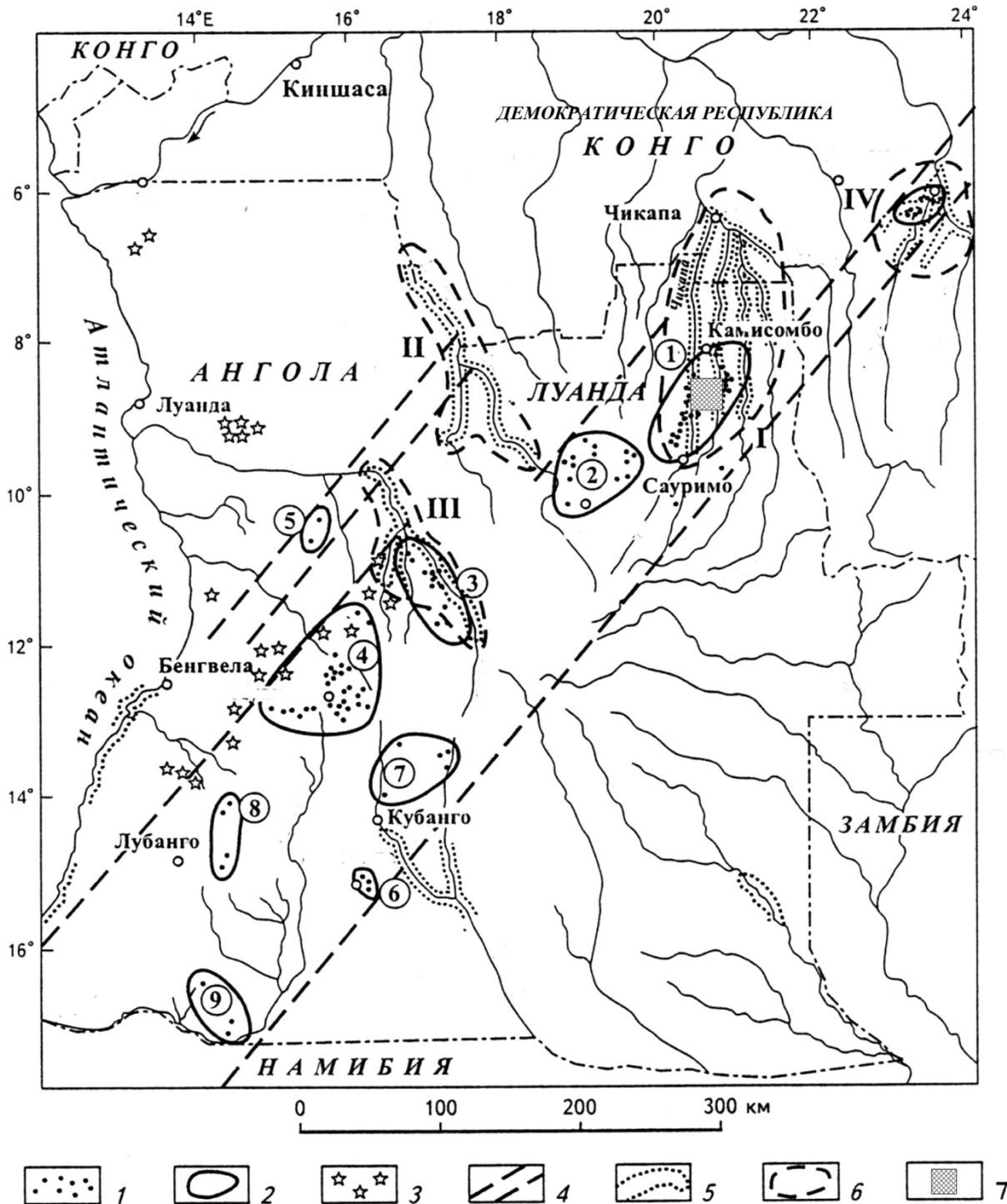


Рис. 1. Схема расположения площади поисков на территории Анголы.

Показано расположение проявлений кимберлитов и россыпей алмазов в Анголо–Конголезской алмазоносной провинции. Условные обозначения: 1 – кимберлитовые трубки; 2 – обобщенные контуры кимберлитовых полей: 1 – Лунда–Норте, 2 – Кванго–Кукумби, 3 – Кванза, 4 – Кунене–Катумбела, 5 – Лонга, 6 – Кассинга, 7 – Кубанго, 8 – Лубанго, 9 – Кунене; 3 – карбонатиты и щелочные комплексы; 4 – кимберлитоконтролирующая зона Лукапа; 5 – аллювиальные россыпи алмазов; 6 – границы алмазоносных районов: I – Лунда–Норте; II – Кванго; III – Кванза–Бизэ; IV – NT Бужи–Майи (ДР Конго); 7 – территория поискового участка

Изложение основного материала исследований. Территория исследований находится в непосредственной близости от коренных месторождений алмазов – трубок Катока и Чиузу, а также содержит в пределах своих границ трубку Дондинья, обнаруженную в 2007 г. в долине р. Чикапа. Несмотря на развитие старательских выработок, в пределах кратера этого тела, алмазы в породах кратера из отобранных крупно объемных проб обнаружены не были. В отвалах горных выработок визуально наблюдались остроугольные, обломочные зерна граната и значительное количество ильменита.

Перекрывающие отложения в этом районе представлены песками свит Калонда и Калахари.

Меловые отложения платформенного чехла в районе работ представлены континентальными осадками свиты Калонда. Породы свиты Калонда, как правило, залегают в депрессиях и другого рода понижениях древнего рельефа и по происхождения относятся к эоловым, речным и озерным отложениям. Они распространены в долинах рек Чикапа, Луашимо, Сомбо, Чиумбе. Отложения свиты образовались непосредственно после внедрения кимберлитов. Возрастной диапазон ее – от апта до турона включительно. Содержит горизонты алмазоносных конгломератов и является главным источником россыпных алмазов Анголы.

Разрез свиты начинается с полимиктовых конгломератов (мощность 1-5 м), на которых залегают косослоистые кварц-полевошпатовые фиолетовые песчаники с линзовидными прослоями красных аргиллитов и межформационных конгломератов с алмазами. Конгломераты представляют собой «отложения сухих рек», образованные в условиях пустынного климата с редкими, но обильными дождями.

Завершается разрез красноцветными аргиллитами. Внутри свиты отмечаются многочисленные локальные несогласия. Мощность свиты 60 м. Отложения залегают субгоризонтально, подстилающая их поверхность имеет слабый наклон (1,3 м на 1 км) к северу. Обломочный материал отложений свиты – континентальный, с признаками незначительной его транспортировки и эоловой обработки. Цемент обломочных пород песчаный, иногда карбонатный. Из аксессуаров встречаются минералы, характерные для кимберлитов: пироп, пикроильменит, хромдиопсид.

Континентальные отложения серии Калахари занимают, в основном, водораздельные пространства, реже, вскрываются в верховьях левых и правых притоков основных водотоков. Залегают с размывом на подстилающих поро-

дах. Мощность отложений серии Калахари составляет 50-150 м. В составе серии выделяются нижняя свита «полиморфные песчаники» (эоцен-миоцен) и верхняя свита «охристые пески» (миоцен-плиоцен).

Свита «полиморфные песчаники» серии Калахари установлена в долинах и на водоразделах рек Луэле, Чикапа, Луо, Луашимо, Сомбо и Чиюмбе. Она объединяет в различной степени литифицированные пески и песчаники белого, желтого, фиолетового, реже красного цвета. Песчаники от тонко до крупнозернистых, существенно кварцевые по составу. В основании разреза – брекчии с халцедоном, обломками латеритов, базальные конгломераты. Базальные конгломераты алмазонасные. Они обычно светло-фиолетового или желтого цвета, состоят из окатанных или полуокатанных обломков кварца и халцедона в аморфно-кремнистом, либо халцедоновом цементе.

Свита «охристые пески» серии Калахари имеет площадное распространение. Она сложена тонкими кварцевыми песками со значительным содержанием глины и гидроокислов железа. Снизу вверх по разрезу типичный охристый цвет пород меняется от красного до желтого. В песках кроме кварца отмечаются зерна циркона, рутила, турмалина, ставролита, кианита. Переход от подстилающих «полиморфных песчаников» отчетливый и выражен сменой плотных пород «рассыпчатыми». На отдельных участках в основании свиты залегают конгломераты (мощностью первые метры) с мелкой галькой кварца, халцедона, с обломками песчаников надсерии Карру.

Отложения свиты Калонда в базальной своей части характеризуются ставролит-магнетит-ильменитовой с пикроильменитом, хромитом и пиропом (по мере убывания содержания) ассоциацией. Очень редко встречается дистен. Эти минералы представляют три основные группы пород – метаморфических (ставролит, ильменит, дистен), базитовых (ильменит, магнетит) и кимберлитовых (МСА). Среди МСА наиболее высокие содержания пикроильменита, затем следует хромит, реже встречается пироп.

Пикроильменит характеризуется наличием первичных шипастых (наждачных) поверхностей, иногда по всему контуру зерна.

Гранулометрический спектр довольно широкий – от 0.5 до 1.0, иногда 2.0 мм.

Хромиты представлены зернами с реликтами кривогранных кристаллографических форм и магматической коррозией на поверхности многих зерен.

Пиропы довольно широкой цветовой гаммы со слабой гипергенной коррозией, без заметных следов механического износа. Отдельные зерна имеют (предположительно) первичную округлую форму.

Отложения свиты Калахари характеризуются ставролит-ильменитовой с дистеном ассоциацией. Пикроильменит, хромит и пироп редки, магнитной фракции почти нет (видимо магнетит окислен). Выход тяжелой фракции, по сравнению с осадками Калонда, более низок. МСА мелкие, корродированные [2].

Отложения руслового аллювия дают наиболее высокий выход тяжелой фракции. Они характеризуются ставролит-ильменитовой с дистеном, редкими альмандином и турмалином, ассоциацией. Хромит и пироп встречаются довольно редко, они мелких размеров, корродированные и с примазками лимони-

та. Содержания пикроильменита довольно значительные с широким гранулометрическим спектром. На многих зернах отмечаются реликты первичных наждачных поверхностей, часто покрытых корочками лимонита и глинистых минералов. В подобных пробах обнаруживаются зерна алмазов, иногда представленные и сростками двух и более кристаллов по шпинелевому типу. Кристаллы характеризуются иногда наличием включений и корочками лимонита [3].

Выводы Облик МСА и зерна алмаза из руслового аллювия свидетельствует о том, что поступили они сюда из отложений свит Калонда и Калахари. Непосредственный размыв кимберлитов водотоками сразу зафиксирован характером МСА в аллювии, а именно наличием индикаторных минералов прямого размыва (хорошей сохранности) и присутствием мелких алмазов. Эти признаки, возможно, будет, скорее всего, отмечать уже в полевых условиях.

Базальные горизонты свиты Калонда являются очень информативным древним коллектором, по которому можно делать определенный прогноз, хотя вектор направления поисков однозначно определить сложно. Характер МСА из изученных проб данного коллектора свидетельствует о том, что кимберлитовые тела, питавшие его, находятся относительно не далеко.

Свита Калахари имеет наименее важное прогнозно-поисковое значение.

Список литературы

1. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. М: Изд-во Недра, 1998. 555 с.
2. Богатиков О.А., Гаранин В.К., Кононова В.А., Кудрявцева Г.П., Васильева Е.Р., Вержак В.В., Веричев Е.М., Парсаданян К.С., Посухова Т.В. Архангельская алмазоносная провинция (геология, петрография, геохимия и минералогия). М.: Изд-во МГУ, 1999. 524 с.
3. Гаранин В.К., Вержак В.В., Гаранин К.В. Проблемы поиска алмазных месторождений на территории Зимнего Берега Архангельской алмазоносной провинции и пути их решения // Известия Вузов Геология и разведка. 2007. № 6. С. 41–49.

*Рекомендовано до публікації Барановим П.М.
Надійшла до редакції 14.01.2015*

УДК 553.81:553.068.5 (477.54+477.46)

© О.А. Терешкова

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РОССЫПЕПРОЯВЛЕНИЙ АЛМАЗОВ В ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Приведены результаты решения актуальной научной задачи обоснования роли палеогеографического фактора в формировании россыпей алмазов райгородской толщи Украинского щита, решенная на основании комплекса методов исследований и предназначенная для прогнозирования месторождений алмазов в пределах Центрального алмазоперспективного района.

Наведено результати вирішення актуальної наукової задачі обґрунтування ролі палеогеографічного чинника у формуванні розсіпів алмазів райгородської товщі Українського щита, яка вирішена на

підставі комплексу методів досліджень і призначена для прогнозування родовищ алмазів в межах Центрального алмазоперспективного району.

Data are given about solution of topical research task for substantiation the role of paleogeographic factors in the formation of alluvial diamonds of Raygorodskay strata in the Ukrainian shield. Task was solved on the basis of the complex of methods designed for the forecast of diamond deposits in the Central district prospective for diamonds.

Вступление. Данная работа является продолжением серии публикаций [1, 2, 3], посвященных всестороннему изучению райгородской толщи Украинского щита (УЩ) в связи с ее потенциальной алмазоносностью.

Интерес к территории Украины, как перспективной на поиски алмазов, возник в середине прошлого века после первых находок кристаллов в аллювиальных отложениях р. Базавлук, после чего практически во всех районах УЩ и его склонов проводились работы по поиску коренных источников алмазов. Одним из наиболее перспективных на кимберлит-лампроитовые источники, с хорошо проявленными региональными и локальными критериями потенциальной алмазоносности считается центральный район УЩ, в пределах которого проводятся исследования (КП «Кировгеология») и выявлено ряд потенциально алмазоносных структур, сложенных породами кратерных, в отдельных случаях и проявлениями жерловых фаций; в некоторых из них обнаружены кристаллы алмазов и высокобарические минералы-спутники. Несмотря на большой объем проведенных работ, направленных на поиск коренных источников, месторождения алмазов в центральной части УЩ до настоящего времени не найдены. Считается, что в связи с находками алмазов и их минералов-спутников в палеогеновых отложениях центральной части УЩ, а именно в бучакских и райгородских породах, необходимо скорректировать прогнозно-поисковые работы на алмазы, направив их в сторону поиска фанерозойских россыпей и россыпепроявлений, которые могут иметь как самостоятельное значение, так и способствовать обнаружению коренных источников алмазов. Бурение новых скважин в рамках этих работ дало возможность получить дополнительный материал для исследований пород райгородской толщи сотрудниками Государственного ВУЗ «Национальный горный университет» и Днепропетровского национального университета (М.В Рузина, В.Л. Стефанский, О.А. Терешкова и др.), которые на протяжении ряда лет проводят всестороннее изучение райгородской толщи с целью обоснования ее перспектив на алмазы.

Цель работы – на основании результатов литолого-фациальных, петрографических и палеогеографических исследований обосновать условия формирования алмазовмещающих фаций райгородской толщи для прогнозирования как россыпных, так и коренных месторождений алмазов в Центральном алмазоперспективном районе УЩ.

Изложение основного материала исследований. Для достижения цели исследования был решен ряд задач, а именно проведена систематизация и анализ накопленного материала по геологии и алмазоносности райгородской толщи УЩ; изучены вещественный состав и строение райгородской толщи; уточнено ее стратиграфическое положение [2] и проведены палеогеографические исследования палеоценовых образований Ингульского мегаблока УЩ.

Для выполнения поставленных задач был использован комплекс полевых и лабораторных методов: отбор штучных проб, изучение керна поисковых скважин; петрографические и минераграфические исследования, выполненные при непосредственном участии автора для изучения вещественного состава основных разновидностей комплекса пород райгородской толщи; рентгеноструктурный, термический анализы для изучения тонкодисперсных минеральных фаз и выявления различных генераций основных породообразующих минералов; палеонтологический и палеогеографический методы для обоснования стратиграфического положения и геологической обстановки формирования пород райгородской толщи и связанными с ними россыпепроявлениями алмазов.

В результате проведенных исследований детально изучен керновый материал скважин, пробуренных вблизи сел Грузское и Лесное (южная часть района исследований), представляющий как райгородскую толщу, так и выше- и ниже- лежащие образования в понижении фундамента Кировоградского района [2, 3]. Как указывалось ранее [1] в строении толщи выделены две пачки: нижняя – мощностью 11-16 м и верхняя – 42-54 м. Установлено, что по текстурно-структурным особенностям они относятся к литифицированным смешанным отложениям обработанной и необработанной тефры и резургентного материала (остроугольные и слабо окатанные, с зонами обжига и без них обломки, глыбы кристаллических и осадочных пород).

По количественному соотношению вулканической и осадочной (от 80 до 20 %) составляющей выделяются осадочно-пирокластические (нижняя пачка) и пирокласто-осадочные (верхняя пачка) отложения. Практически вся райгородская толща характеризуется обилием органических остатков, представленных ядрами, детритом и обломками морских бентосных беспозвоночных и редко углефицированными обломками флоры и по внутренним и внешним характеристикам, установленные породы в составе райгородской толщи относятся к генетической группе прибрежно-морских отложений (рис. 1).

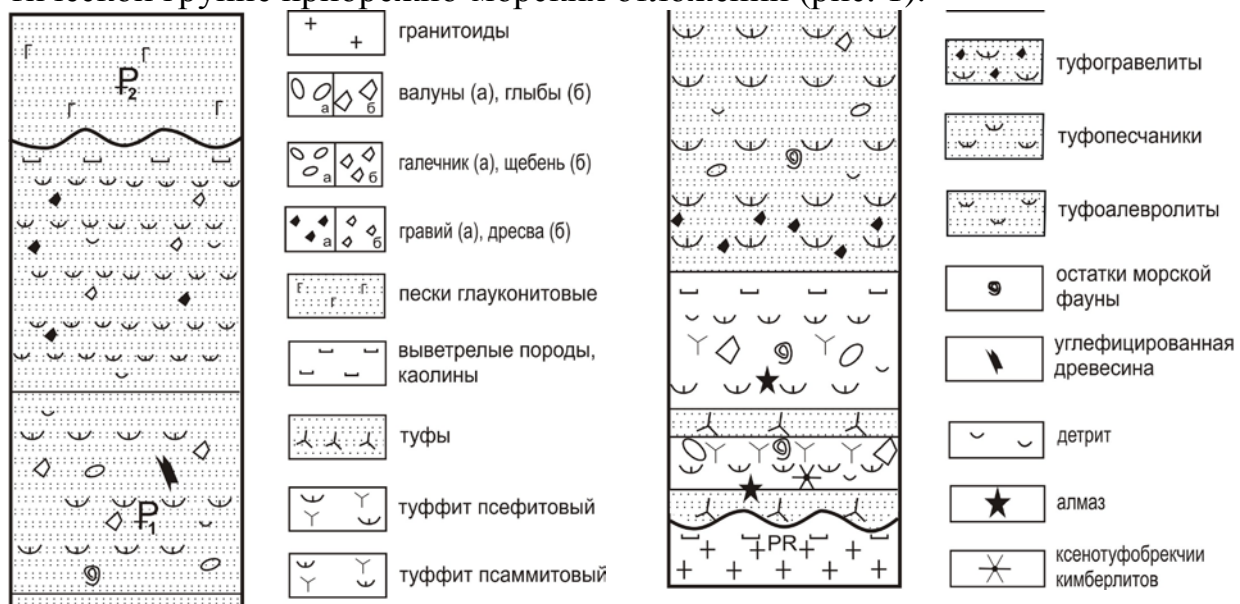


Рис. 1. Сводный разрез прибрежно-морских отложений райгородской толщи Грузского и Лесного алмазоперспективных участков (с учетом данных КП «Кировгеология»)

Породы райгородской толщи северной части их распространения отличаются по составу и строению от вышеописанных и залегают субгоризонтально на коре выветривания кристаллических пород фундамента и лишь на небольших участках на мезо-кайнозойских отложениях. Мощность толщи колеблется в пределах 10-20 м, в отдельных местах (в понижениях рельефа) до 43 м. Перекрыты породы толщи отложениями бучакской, обуховской свит, лузановской серии и четвертичного возраста [1, 2, 3 и др.].

Райгородская толща и вмещающие породы Тясминской депрессии изучена по выходам пород в обнажениях, расположенных в бортах р. Тясмин, Сухой и Сырой Ташлык вблизи сел Лузановка, Копейчана, Лебедевка, Яровое.

В связи с отсутствием фауны и по текстурно-структурными особенностями, установленные образования Тясминской депрессии отнесены нами к континентальным отложениям райгородской толщи Ингульского мегаблока Украинского щита [3]. В отложениях райгородской толщи в обнажении у с. Лебедевка определены флюидизатно-эксплозивные образования. Данные образования аналогичны алмазонасыщенным ровненскитам, установленным ранее Г.М. Яценко в пределах Ингульского мегаблока УЩ.

В связи с предполагаемой перспективностью райгородской толщи на россыпи алмазов одним из важных аспектов является обоснование особенностей формирования, как самих пород толщи, так и установленных в них россыпепроявлений.

По геологическим данным, полученным КП «Кировгеология», единичные алмазы и их минералы-индикаторы найдены в пределах Грузского, Лесного и Оситняжского участков. В составе райгородской толщи в пределах этих участков установлены ксенотуфобрекчии кимберлитов (лампроитов). По геофизическим данным здесь выделены отрицательные гравияномалии, контролируемые эксплозивные структуры мезо-кайнозойского этапа тектонической активизации [1].

В пределах распространения райгородской толщи установлены признаки многостадийного щелочно-ультраосновного магматизма в виде вулканогенных ксенотуфобрекчий с лампроитовыми включениями в Зеленогайской структуре и Черкасское проявление туфоподобных псевдолейцитовых лампроитов [2].

В составе вулканогенно-терригенной райгородской толщи Кировоградской площади исследований установлены остатки морских организмов, минералы гидрогенного происхождения, что в сочетании с особенностями строения и состава пород дает право предполагать образование толщи в прибрежно-морских условиях (зона литорали), а находки алмазов в ее породах прогнозировать формирование литоральных россыпей и россыпепроявлений.

Считается, что основными литолого-фациальными условиями, обуславливающими возможность концентрации алмазов, является литология и гранулометрический состав пород. Так в прибрежно-морских россыпях алмазы концентрируются в гравийно-галечниково-валунном материале. Связано это с гидродинамическими процессами в области литорали – в зоне энергетически напряженного сопряжения моря и суши. Эта зона выступает в качестве барьера, задерживающего поток обломочного материала, поступающего с материка, где

происходит разделение привнесенных минералов на рудные и породообразующие ассоциации. Породообразующие минералы в виде взвешенной фракции осадка удаляются в более глубокие части морского бассейна, а оставшиеся тяжелые фракции минералов и крупнообломочный материал подвергаются дифференциации с последующей концентрацией в прибрежной зоне.

В россыпях Сибири и Южной Африки установлена прямая зависимость содержания алмазов от грубообломочного состава вмещающих алмазы пород. Однако считается, что литоральные (прибрежно-морские) алмазоносные россыпи образуются редко, что связано с редкой встречаемостью источников этого минерала и не связано со спецификой россыпеобразующего процесса в литоральной зоне. Напротив, этот минерал не только подвижен, но и гипергенно устойчив и достигает литорали не разрушаясь. В настоящее время известна лишь одна промышленная литоральная россыпь алмазов в Юго- Западной Африке. Установление россыпепроявлений алмазов может способствовать также обнаружению их коренных источников.

Таким образом, одним из неперенных литолого-фациальных условий, подтверждающих потенциальную алмазоносность райгородских образований, является наличие в составе толщи грубообломочного материала, представленного гравийно-галечниково-валунными отложениями прибрежно-морского генезиса. Это подтверждается геологическими данными – алмазы и их минералы-спутники ранее установлены в нижней части разреза райгородской толщи, представленной вулканогенно-осадочными грубообломочными отложениями (рис. 1).

Степень алмазоносности также зависит от литологии подстилающих пород, для морских и озерных россыпей наиболее благоприятными являются подстилающие плотные породы. Райгородские отложения Кировоградского района залегают на плотных породах кристаллического фундамента.

Наличие перерывов в осадконакоплении, связанных со сменами тектонических режимов, вызвавших движение блоков и формирования различных фациальных условий, является необходимым фактором, контролирующим россыпеобразование. Насыщенность формаций алмазами зависит от длительности эпох выветривания и продолжительности высвобождения из них алмазов.

Длительные перерывы в осадконакоплении и процессы корообразования наблюдались на территории распространения райгородской толщи центрального района УЩ на протяжении от докембрия до кайнозоя.

В результате анализа палеогеографии в палеозое–кайнозое по палеогеографическим картам Украины и Молдавии [4] автором оценена палеогеографическая обстановка территории исследований и установлено, что начиная с рифея, когда Восточно-Европейская платформа (ВЕП) была почти полностью покрыта мелководным морским бассейном, территория исследований представляла собой суходол.

Далее, в результате воздымания УЩ, в кембрии и вплоть до мелового периода территория исследований представляла собой возвышенный суходол (рис. 2, а, б). Существует гипотеза [5], в соответствии с которой на территории УЩ в палеозое существовал довольно мощный осадочный чехол, а в среднем

девоне начался быстрый снос материала с УЩ на северо-восток в Днепровско-Донецкую впадину (ДДВ) и на юг в Добруженское и Северокрымское окраинные моря Палеотетиса. В раннем карбоне на УЩ развивалась мощная каолиновая кора выветривания, продукты которой сносились в смежные области осадконакопления. Денудация этих пород завершилась в триасе, когда Украинское поднятие занимало довольно высокое орографическое положение.

Кимберлитовый магматизм позднего девона – раннего карбона, приуроченный к зонам глубинных разломов УЩ и его склонов должен был проявиться в условиях мощного платформенного чехла. Денудация этого чехла в последующее время привела, по-видимому, к уничтожению верхних частей кимберлитовых трубок [5].

В пределах Щорсовского и Лелековского (с. Лелековка) алмазоперспективных участков С.Н. Цымбал, С.Г. Кривдик, Н.Н. Кирьянов и др. установили дайки слюдяных кимберлитов протерозойского возраста, в одной из них зафиксированы мелкие кристаллы алмаза. Данные кимберлиты могут выступать коренными источниками алмазов протерозойского возраста, которые в результате процессов гипергенеза высвобождались из коренных пород и переотлагались в понижениях фундамента в период от протерозоя до кайнозоя. В связи с этим можно предположить, что источниками мелких алмазов кимберлитового генезиса, установленных в четвертичных россыпях прибрежной части Днепра в районе исследований, могут, в том числе являться и протерозойские кимберлиты Щорского и Лелековского алмазоперспективных участков. Алмазы протерозойского возраста на данный момент в райгородских образованиях не установлены, однако, близость коренных источников к области распространения толщи позволяют предположить возможную аккумуляцию алмазов этого возраста в ее породах.

В юре море наступало с северо-востока, направление сноса сохранилось. Мезозойские отложения дроновской и серебряковской свит раннего-среднего триаса, орельской свиты средней юры и смелянские слои раннего мела, которые перекрыты райгородскими отложениями, сохранились в северо-восточной части района исследований и были вскрыты скважинами в результате картировочных работ, проводимых ДП «Центрукргеология».

В позднем мелу произошла трансгрессия моря на территорию исследований, как с северо-востока, так и с юга, снос материала соответственно происходил в этих направлениях (рис. 2, в, г). Это подтверждается геологическими данными, полученными в результате картировочных работ ДП «Центрукргеология» – в пределах Сазоновской палеодолины сохранились мелководные и глубоко-водные морские отложения верхнемелового возраста – отложения бурымской свиты, которые подстилают райгородские отложения.

В палеоцене на территории исследований в соответствии с палеогеографической картой [4] сформировались палеодолины и палеодепрессии, по которым материал сносился, как в северо-восточном, так и в южном направлении. Древний водораздел проходил в районе г. Кировограда. Современные долины в основном не повторяют древние долины рек, но в случае использования современными реками древних долин полностью исчезают древние аллювиальные

отложения. Так предполагается, что бучакскими реками происходил размыв меловых отложений. По установленной фауне, возраст райгородской толщи прибрежно-морских фаций Кировоградского района определен как ранний палеоцен, что свидетельствует о наступлении морского палеобассейна этого времени в южной части района исследований. Райгородские отложения палеоценового возраста Кировоградского района сохранились в Кировоградско-Новомиргородской, Шестаковской и Сазоновской палеодолинах.

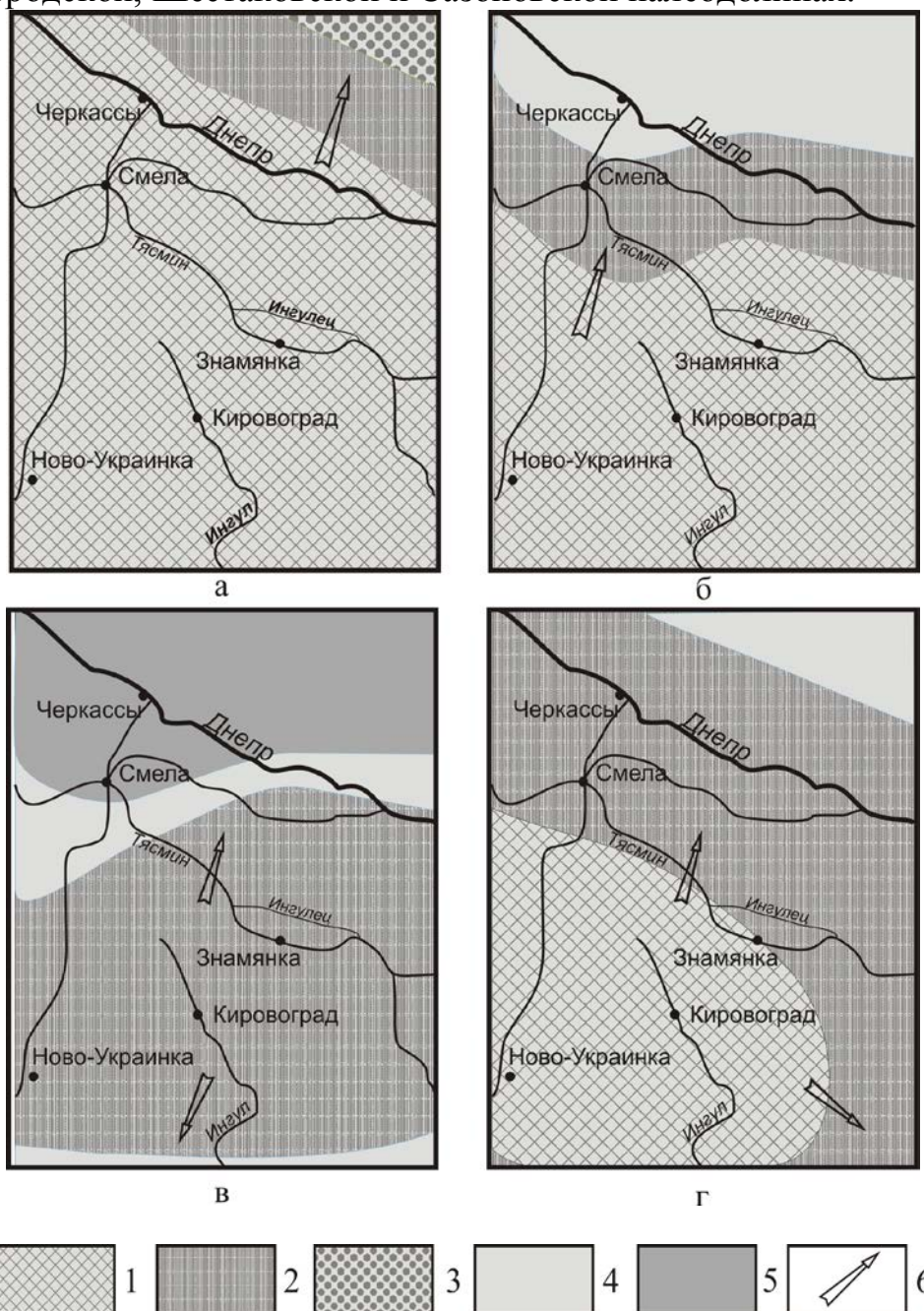


Рис. 2. Палеогеографическая обстановка на территории исследований в мезозое [4]: а – поздний триас, б – поздняя юра (средний и поздний келовей), в – поздний мел (турон-коньякский век); г – регрессия моря в поздней эпохе мелового периода (маастрихтский век). Условные обозначения: 1 – возвышенный суходол; 2 – пониженный суходол; 3 – аллювиальные равнины; 4 – мелкое море, 5 – относительно глубокое море; 6 – направление переноса обломочного материала

В каневское время эоцена аккумуляция осадков происходила в русловой части палеорек, а снос основной массы обломочного материала, вероятно, происходил в северо-восточном направлении. В эоцене образовались буцакские отложения русловой фации, сохранившиеся в приосевой части депрессий и палеодолин (рис. 3).

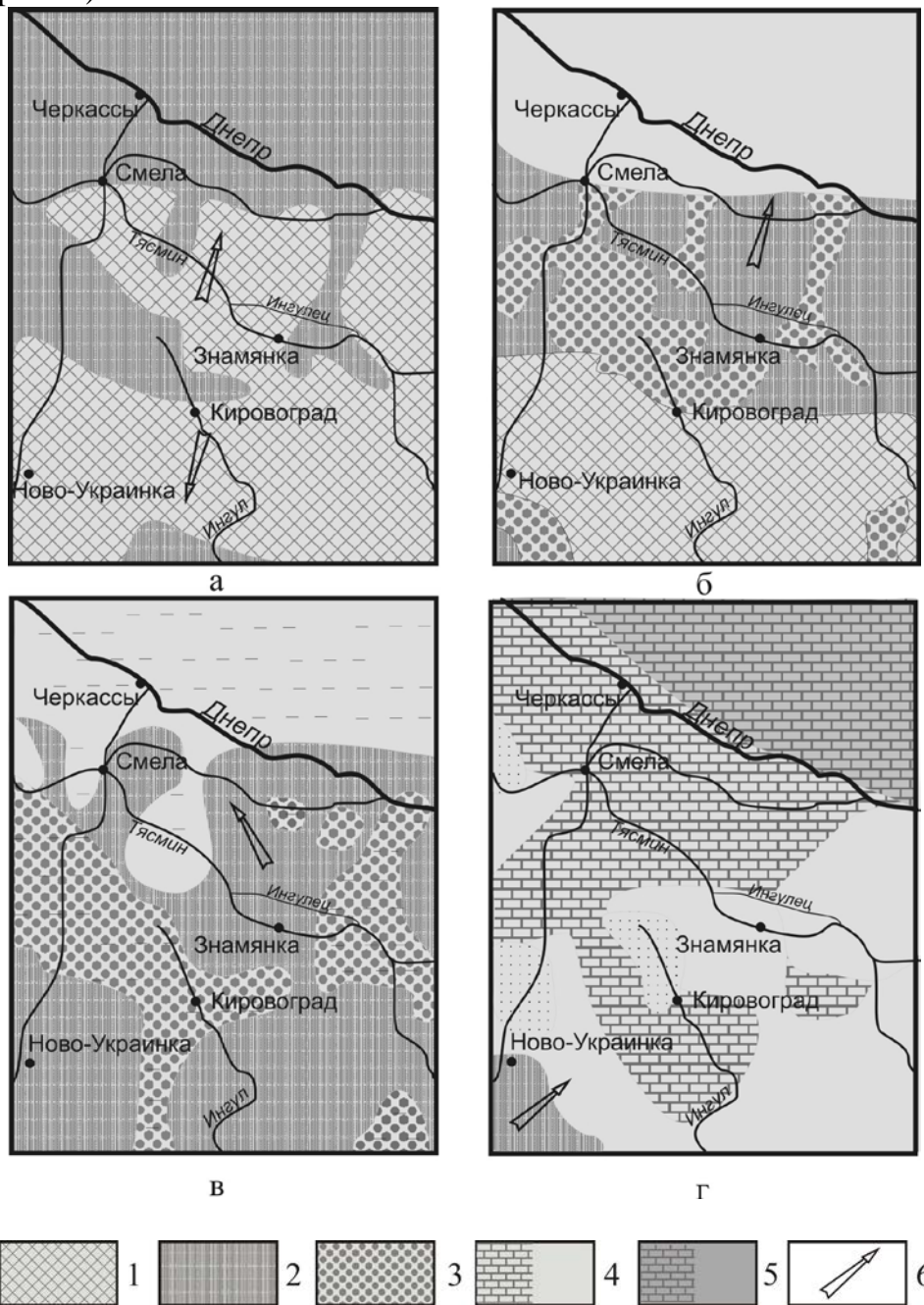


Рис. 3. Палеогеографическая обстановка на территории исследований в палеогеновый период [4]: а – палеоценовая эпоха, б – каневское время, в – буцакское время, г – киевское время. Условные обозначения: 1 – возвышенный суходол; 2 – пониженный суходол; 3 – аллювиальные равнины; 4 – мелкое море, 5 – относительно глубокое море; 6 – направление переноса обломочного материала

В результате всестороннего изучения пород райгородской толщи, литолого-фациального анализа и палеогеографических исследований автором построена палеогеографическая карта райгородского времени и обоснованы направления сноса и аккумуляции (рис. 4) алмазоносного терригенного материала как

в породах райгородской толщи, так и в бучакских отложениях палеогена центральной части УЩ.

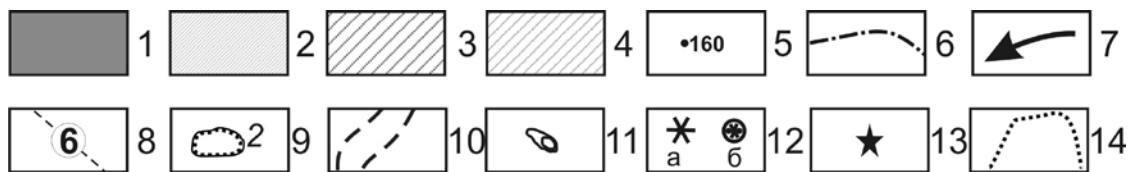
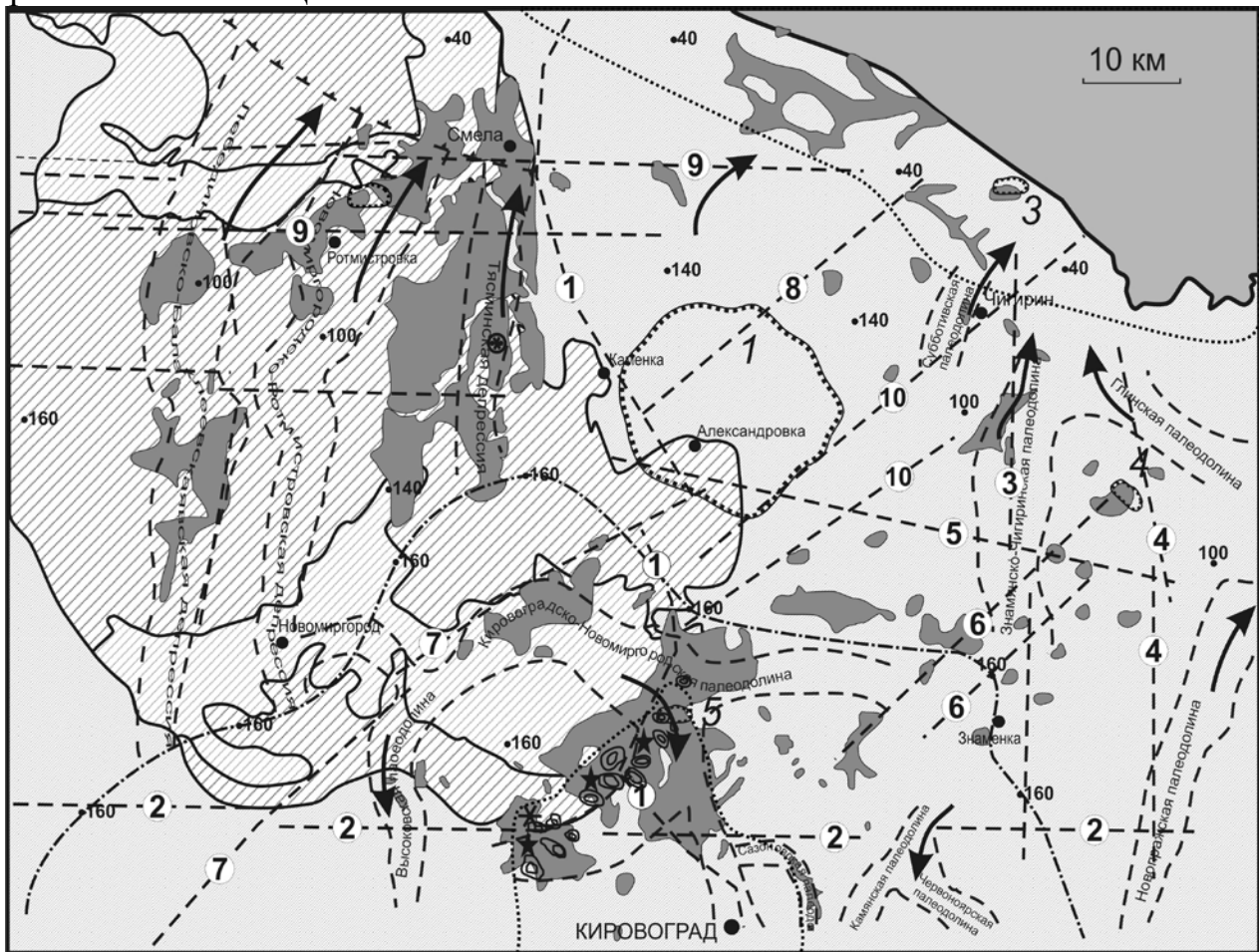


Рис. 4. Схема направлений переноса и областей накопления обломочного материала в пределах района исследований: 1 – райгородские отложения; 2 – кировоградские граниты Новоукраинского массива; породы Корсунь-Новомиргородского комплекса: 3 – граниты рапакиви, 4 – габбро, габбро-анортозиты; 5 – отметки рельефа фундамента; 6 – древний водораздел; 7 – направление переноса обломочного материала; 8 – разломы различных порядков (1 – Кировоградский, 2 – Субботско-Мошоринский, 3 – Знамянский, 4 – Ивановский, 5 – Цыбуливский, 6 – Марьевский, 7 – Глодосский, 8 – Косарско-Погореловский, 9 – Тимошевско-Галещинский, 10 – Чигиринский); 9 – взрывные структуры (1 – Болтышская, 2 – Ротмистровская, 3 – Адамовская, 4 – Зеленогайская, 5 – Оситняжская); 10 – границы палеодолин и палеодепрессий; 11 – контуры отрицательных гравияномалий, контролирующих взрывные структуры мезо-кайнозойского этапа тектонической активизации; 12 – места находок в райгородских отложениях: а – кимберлитов, б – флюидизатно-взрывных образований (с. Лебедевка); 13 – места находок эндогенных алмазов; 14 – предполагаемые границы морского бассейна.

Используя полученные данные можно предположить, что в прибрежно-морских условиях алмазы райгородской толщи и их минералы-спутники аккумуляровались в ее грубообломочных отложениях, которые позднее в результате регрессии палеоценового бассейна денудировались и переотлагались бучакскими реками, аккумуляруясь в отложениях русловой фации бучакского века.

Русловые алмазоносные россыпи представляют особый интерес, так как при сравнительно незначительной ширине протягиваются на многие километры. Наиболее богатые из них расположены в сравнительной близости к коренным источникам или промежуточным коллекторам, которыми могут являться райгородские отложения. Обычно вниз по течению реки, при удалении от источника, уменьшается содержание алмазов в россыпях и ухудшается степень их сохранности. Наибольшее число алмазов обычно заключено в фации горизонта руслового аллювия.

В прибрежно-морских райгородских отложениях установлены алмазы кимберлитового генезиса октаэдрического габитуса без «признаков древности», что свидетельствует о близости коренных кимберлитовых (лампроитовых?) источников алмазов в пределах Грузского, Лесного и Оситняжского алмазоперспективных участков, а возможными коренными источниками алмазов является эксплозивные структуры мезо-кайнозойского этапа тектонической активизации, которые вероятней всего располагались в мелководной прибрежной части морского палеобассейна, а за счет гидродинамических процессов, дифференциации и аккумуляции алмазоносного материала в зоне литорали сформировались россыпепроявления алмазов в райгородской толще палеоценового возраста.

Впоследствии в процесс так же включалась гидродинамическая переработка алмазовмещающего материала, осуществлявшаяся аллювиальной деятельностью магистральных рек района, с переотложением алмазов в породах бучакской серии палеогена.

Выводы. Основываясь на полученных результатах исследования, можно предположить, что перенос обломочного материала, включая кристаллы алмаза, происходил с возвышенных участков центральной части района исследований в северо-восточном и южном направлениях. Обломочный материал накапливался в понижениях фундамента, а именно в осевых частях палеодепрессий и палеодолин, в котловинах, а также в зоне литорали морского палеобассейна, что подтверждается геологическими данными. Алмазы и их минералы-спутники в породах райгородской толщи на данный момент установлены в пределах Зеленогайской котловины, а также в прибрежно-морских отложениях палеодепрессий Кировоградского района.

Источниками россыпеобразующих минералов, поступающих в зону литорали райгородской толщи, можно считать непосредственно перерабатываемые волноприбойной деятельностью коренные источники алмазов, локализованные в пределах береговой линии палеоценового мелководного морского бассейна, а также аллювиальный снос алмазоносного материала с континентального пространства территории исследований. На основании находок алмазов и их минералов-спутников в бучакских отложениях, райгородские породы можно рас-

смагивать в качестве промежуточных коллекторов по отношению к россыпепроявлениям алмазов, формировавшимися в более позднее время.

Список литературы

1. Терешкова О.А. Роль тектоно-магматического фактора в формировании алмазоносной райгородской толщи Украинского щита / О.А. Терешкова // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2014. – № 45. – С. 27–37.
2. Терешкова О.А. К вопросу о стратиграфии и генезисе райгородской толщи палеоцена Украинского щита в свете ее алмазоносности / О.А. Терешкова // Науковий вісник НГУ. – 2010. – № 2. – С. 44–47.
3. Літолого-петрографічна характеристика туфітів райгородської товщі палеоцену Грузької площі Кіровоградського району / Стефанський В.Л., Терешкова О.А., Однороженко Л.Ф. // Науковий вісник НГУ. – 2009. – № 10. – С. 58–63.
4. Атлас палеогеографічних карт Української і Молдавської РСР М 1:2500000 [під ред. Д.Є. Бондарчука]. – К.: Вид. Ак. наук Укр. РСР, 1960.
5. Литология осадочного чехла УССР (палеогеографические аспекты): Материалы IV Республиканского литологического совещания (Керчь, 29 сентября – 2 октября 1987 г.) / АН УССР. Институт геол. наук. – К: Наук. думка, 1991. – 296 с.

*Рекомендовано до публікації Барановим П.М.
Надійшла до редакції 14.01.2015*

УДК 553.8 : 556.3

© П.И. Пигулевский

О СОВРЕМЕННОЙ АКТИВИЗАЦИИ ДОКЕМБРИЙСКИХ ГЛУБИННЫХ РАЗЛОМОВ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Приведен краткий обзор некоторых особенностей тектонического строения Западно-Ингулецко-Криворожско-Кременчугской шовной зоны и Криворожско-Кременчугского глубинного разлома. Изложены результаты мониторинга за температурой подземных вод по скважине, расположенной в зоне влияния этого разлома. Показано, что Криворожско-Кременчугский глубинный разлом и вся шовная зона в определенные промежутки времени испытывают кратковременную активизацию. Сделано предположение, что и другие докембрийские разломы в это время могут переживать активизацию.

У статті наведений короткий нарис особливостей тектонічної будови Інгулецько-Криворізько-Кременчуцької шовної зони та Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому. Викладені результати моніторингу за температурою підземних вод в свердловині, розташованій у зоні впливу цього розлому. Показане, що Криворізько-Кременчуцький глибинний розлом і вся шовна зона в певні проміжки часу пізнають короточасну активізацію. Зроблене припущення, що й інші докембрійські розломи в цей час випробовують активізацію.

Results of monitoring and interpretation of temperature parameter of underground waters in well placed in a zone of influence of the Krivorozhsko-Kremenchugsk fault of the mantle location are resulted. Evolution of modern geological processes in a Pre-Cambrian deep fault of the Ukrainian board is shown.

Введение. За прошедшие десятилетия накоплен значительный материал по мониторингу подземных вод, развернутому преимущественно в сейсмоактивных регионах для оценки сейсмической опасности территорий. Результаты гидросейсмологических исследований представлены в многочисленных публикациях зарубежных авторов [John D. Bredehoeft, John M. Farr, 1987; Paul Emily, Evelyn Roeloffs, Douglas Woodcock, Ivan Gall, Michael Manga, 2003, 2005, 2006; Jean E. Elkhoury, Duncan C. Agnew, 2005, 2006], советских, российских и украинских авторов [Монахов Ф.И., Киссин И.Г., 1980; Осика Д.Г., 1981; Вартанян Г.С., 1983; Багмет А.Л. и др., 1989; Любушин А.А. и др., 1997; Куликов Г.В.; Лущик А.В., Швырло Н.И., 2002, 2007; Волейшо В.О., 2006; Копылова Г.Н., 2006; Кочарян Г.Г., 2011]. В результате этих работ были выделены два основных аспекта гидрогеологических предвестников – гидрогеодинамический и гидрогеохимический. При этом на пороге XXI столетия с развитием базы микропроцессорной электроники начался новый этап в развитии гидрогеологических исследований, который основывается на высокоточной и непрерывной во времени регистрации изменений параметров режима подземных вод в скважинах под влиянием геодинамических процессов в литосфере. Повышение чувствительности измерительных датчиков дало возможность развить такую сеть наблюдений и в асейсмичном регионе, каким является Украинский щит (УЩ). При этом система мониторинговых наблюдений позволила получить интересную информацию о геодинамических процессах, которые проходят в докембрийском фундаменте УЩ.

Изучение режима подземных вод на Украинском щите. С октября 2007 года автором в Днепропетровской геофизической экспедиции (ДГЭ) «Днепрогеофизика» были начаты работы по изучению режима подземных вод (гидрогеодеформационного поля) в специально оборудованных для мониторинга скважинах [1-3]. Измерения выполняются автономными регистрирующими датчиками MiniDiver (производство Schlumberger) в скважине №14431 (г. Кривой Рог) глубиной 815 метров со статическим уровнем воды 106 метров (в 2009 г.) от дневной поверхности и в контрольно-градуировочной скважине на производственной базе инженерно-геофизического центра ДГЭ (г. Днепропетровск) глубиной 85 метров со статическим уровнем воды 17 м (в 2009 г.). С сентября 2009 по январь 2010 гг. и с апреля 2012 по настоящее время в скважине на базе Белозерской геофизической партии ДГЭ в пгт. Михайловка Запорожской области глубиной 220 метров и статическим уровнем воды 8 м. В г. Кривой Рог скважина расположена в зоне влияния Криворожско-Кременчугского глубинного разлома, в г. Днепропетровске и в пгт. Михайловка – в осадочном чехле, перекрывающем массивы архейских гранитоидов Среднеприднепровского мегаблока УЩ. Частота регистрации данных наблюдений с октября 2007 до июля 2008 гг. была запрограммирована на интервал в 20 минут, а в дальнейшем – на интервал 5 минут. Чувствительность ИД при регистрации уровня воды составляет 0,1 см, атмосферного давления – 1 мм. рт. ст., температуры – 0,01° С.

Особенности тектонического строения зоны Криворожско-Кременчугского глубинного разлома. ККГР рассматривается многими исследователями как разлом мантийного заложения, который отделяет с запада

Среднеприднепровский мегаблок от Западно-Ингулецко-Криворожско-Кременчугской шовной зоны (ЗИККШЗ) и прослеживается далеко за его границами [4]. Шовная зона состоит из трех структурно-формационных зон: – Западно-Ингулецкой (Кировоградской), которая прилегает с востока к Ингульскому мегаблоку; – Ингулецко-Криворожской, расположенной между Криворожско-Кременчугским и Ингулецким разломами; – Криворожско-Кременчугской, западной границей которой является Криворожско-Кременчугский глубинный разлом (рис. 1). Криворожско-Кременчугская зона разломов имеет длину 275 км, ширину – 7 км [5]. К ней приурочена Криворожско-Кременчугская структурно-формационная зона, которая пересекает УЩ в меридиональном направлении. Она достаточно хорошо изучена, поскольку в ее пределах находится наибольший в Европе докембрийский железорудный бассейн (Криворожский и Кременчугский).

ККГР очень хорошо выражен в геофизических полях и на аэрокосмоснимках. На всем своем протяжении он по-разному проявляется в изолиниях глубин залегания поверхности Мохоровичича. Данные глубинной сейсморазведки методом общей глубинной точки (геотраверс «Гранит», сейсмический профиль 02-88 ОГТ) показывают его генеральное падение на запад. Разлом трассируется через всю кору по смещению отражающих элементов и изменению петрологического состава в низах коры (по данным плотностного моделирования). Его углы падения изменяются от крутого ($75-80^\circ$) вблизи поверхности фундамента до относительно пологого в низах коры – $45-55^\circ$.

Тектонически ослабленные зоны в пределах ККГР были раскрыты в северной части Криворожской структуры при бурении Криворожской сверхглубокой скважины СГ-8. Согласно данным приведенным в монографии [6] при бурении скважины возникали аварии в интервале глубин 3612 - 3630 и 3816 - 3850 м, которые авторы связывают с наличием мощных тектонических зон, разно-ориентированных систем трещин, вдоль которых происходило обрушение пород при бурении. Результаты исследований состава и формы шлама (размером в 10 - 14 см) взятого с большого объема обрушенной породы, указывает на напряженное состояние горного массива. В главном стволе скважины СГ-8 установлено 26 тектонических зон с шириной от 5 до 15 см. Большинство зон разрушения находились в интервале глубин 3600 - 3850 м, где открытые щели составляли до 40% от общего интервала проходки (в других зонах – до 5 - 20%).

Вблизи забоя скважины (до отметки 5380 м) были также обнаружены зоны интенсивного катаклаза – измельчения и напряженного состояния геологической среды, связанные с Тарапаковским надвигом. На этих глубинах отмечено интенсивное образование пустот (до 8 - 12 см), которые вызывали обрушение ствола скважины, что и привело к ее закрытию на глубине 5432 м.

По результатам бурения были сделаны выводы, что к аварийным ситуациям при проходке скважины повлекли негативные геолого-динамические факторы, а именно, крутое падение пород ($58 - 80^\circ$) и наличие современных тектонических деформаций, которые формируют участки и зоны напряженного и разгруженного состояния. При этом зоны разгрузки являются мощными раз-

рывными тектоническими нарушениями. Напряженные участки имеют разные размеры, чаще встречается распределение напряжений асимметричного типа – постепенный ее рост в одном из интервалов и резкое снижение в конце участка.

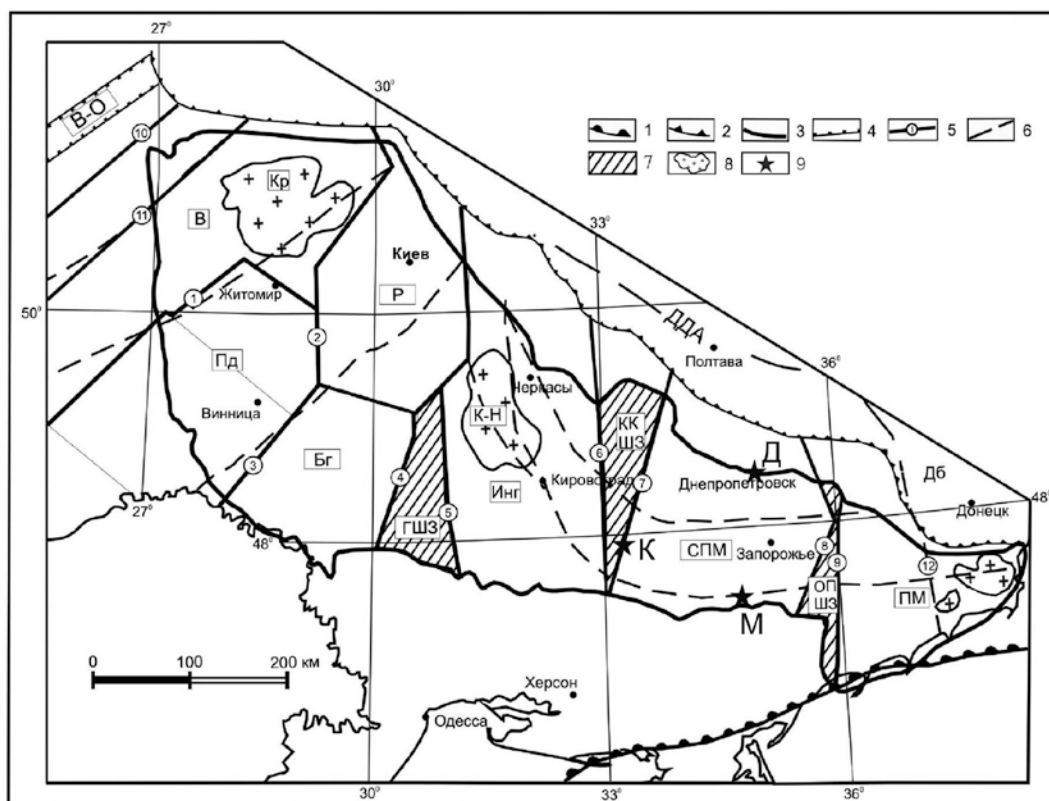


Рис. 1. Тектоническая схема Украинского щита по поверхности рифейского фундамента: 1 – граница Восточно-Европейской платформы; 2 – граница Днепровско-Донецкого авлакогена (ДДА); 3 – контуры Украинского щита; 4 – граница Волынско-Оришанской впадины (В-О); 5 – межмегаблоковые разломы (цифры в кружках): 1 – Тетеревский, 2 – Брусиловский, 3 – Немировский, 4 – Тальновский, 5 – Первомайский, 6 – Западно-Ингулецкий, 7 – Криворожско-Кременчугский, 8 – Орехово-Павлоградский, 9 – Западноприазовский (Азово-Павлоградский), 10 – Луцкий, 11 – Суцано-Пержанский, 12 – Новопавловско-Володарский; 6 – глубинные разломы по геологическим данным; 7 – шовные зоны (ГШЗ – Голованевская, ККШЗ – Западно-Ингулецко-Криворожско-Кременчугская, ОПШЗ – Орехово-Павлоградская); 8 – массивы (Кр – Коростенский, К-Н – Корсунь-Новомиргородский, В-Пр – Восточноприазовский); 9 – мониторинговые скважины: К – Кривой Рог; Д – Днепропетровск; М – Михайловка. Мегаблоки (буквы в прямоугольниках): В – Волынский; Под – Подольский; Р – Росинский; Бг – Бугский; Инг – Ингульский; СПМ – Среднеприднепровский; ПМ – Приазовский.

Зона ККГР почти на всем своем протяжении очень хорошо фиксируется по данным магнитотеллурического зондирования (МТЗ) как субвертикальный проводник. Разлом отделяет более проводящие образования с запада от него от высокоомных (до 10 000 Ом·м) на востоке. Анализ карт эффективного сопротивления и проводимости позволяет говорить о наличии в зоне разлома (в земной коре) протяженного субмеридионального проводника.

Современная активизация докембрийских разломов. С декабря 2007 г. по настоящее время при наблюдении за температурным режимом воды в скважине №14431 были зафиксированы моменты кратковременной активизации глубинных разломов зоны ЗИККШЗ и, в первую очередь, ККГР, при отсутствии каких-либо природных сейсмических процессов в этой зоне (рис. 2,3).

На рисунке 2 видно, что с начала декабря 2007 г. отмечается общий тренд повышения температуры воды, осложненный отдельными всплесками, от 11,26 – 11,27 °С до 11,30 – 11,31 °С в конце декабря и до 11,36 °С – во второй половине марта 2008 г. После чего, наступает замедление ее роста с выходом на относительно стабильные значения температуры в 11,40 °С – во второй половине июля 2008 г. В первой половине 2009 г. отмечается снижение фоновой температуры воды до 11,39 °С, а в 2010 г. и первой половине 2011 г. относительное повышение до отметок 11,41 – 11,42 °С.

Что касается всплесков температуры воды, то можно предположить, что в 2008 году напряженно-деформационные процессы в ККГР имели только сжимающий характер различной силы. В 2009 году были зарегистрированы 2 момента его активизации (раскрытия) по температурному режиму: первый начался 8 июня в 3 часа 40 минут и закончился 2 августа в 1 час 25 минут; второй начался 11 ноября в 22 часа 00 минут и закончился 29 ноября в 2 час 30 минут. Как видно на рис. 2 и 3, первое событие было слабоинтенсивным и проявилось в повышении температуры не более чем на 0,06-0,07°С. Второе событие было более интенсивным. При этом повышение температуры в отдельные отрезки времени (импульсы) составляло 0,6-0,8°С и достигало абсолютных отметок в 11,95 и 12,2°С. В 2010 году были зафиксированы 3 момента его активизации: первый начался 23 февраля в 10 час 05 мин и закончился 26 февраля в 20 час 10 мин; второй начался 19 мая в 5 час 15 мин и закончился 24 мая в 1 час 50 мин; третий начался 20 июля в 12 час 35 мин и закончился 31 июля в 12 час 15 мин. На рис. 2 и 3 видно, что импульсное повышение температуры достигало значений, соответственно 11,62°С, 11,69°С и 11,53°С, что может быть связано с увеличением мантийного потока флюидов в земную кору по раскрытому разлому. После относительного «затишья», которое продлилось с октября 2010 г. до первых чисел июня 2011 г., виден очередной всплеск на рис. 2, который начался 3 июня в 11 час 15 мин и закончился 11 июня в 13 час 35 мин. Максимальные отметки в 11,71 – 11,72 °С зарегистрированы 4 июня 2011 г., после чего значения температуры снижаются до 11,54 °С и с последующим плавным понижением и выходом 17 июня в 14 час 20 мин на устойчивую отметку в 11,41 °С.

В октябре 2010 г. (рис.2, 3) температурный показатель воды установился на стабильной отметке 11,41°С, чего не отмечалось на протяжении предыдущих трех лет наблюдений. Через два месяца после реализации катастрофического землетрясения вблизи о. Хонсю (Япония), которое состоялось 11 марта 2011г., снова возобновились слабые колебания температуры воды в пределах ±0,01-0,02 °С (рис. 2).

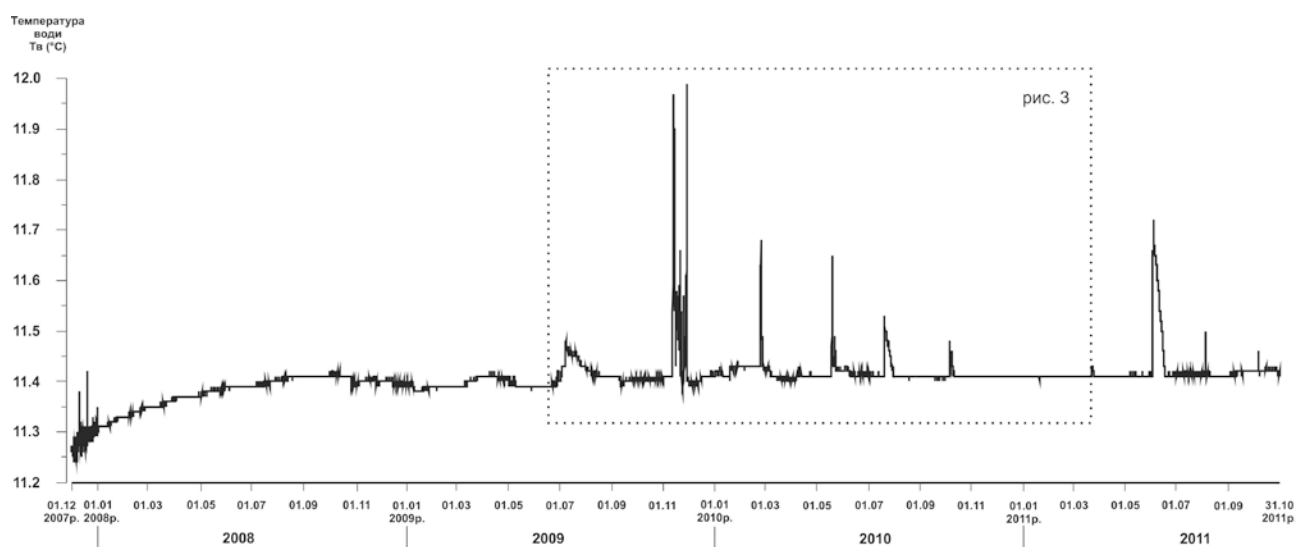


Рис. 2. График мониторинговых наблюдений за температурой подземных вод в скважине №14431 (выборка с интервалом в 60 минут)

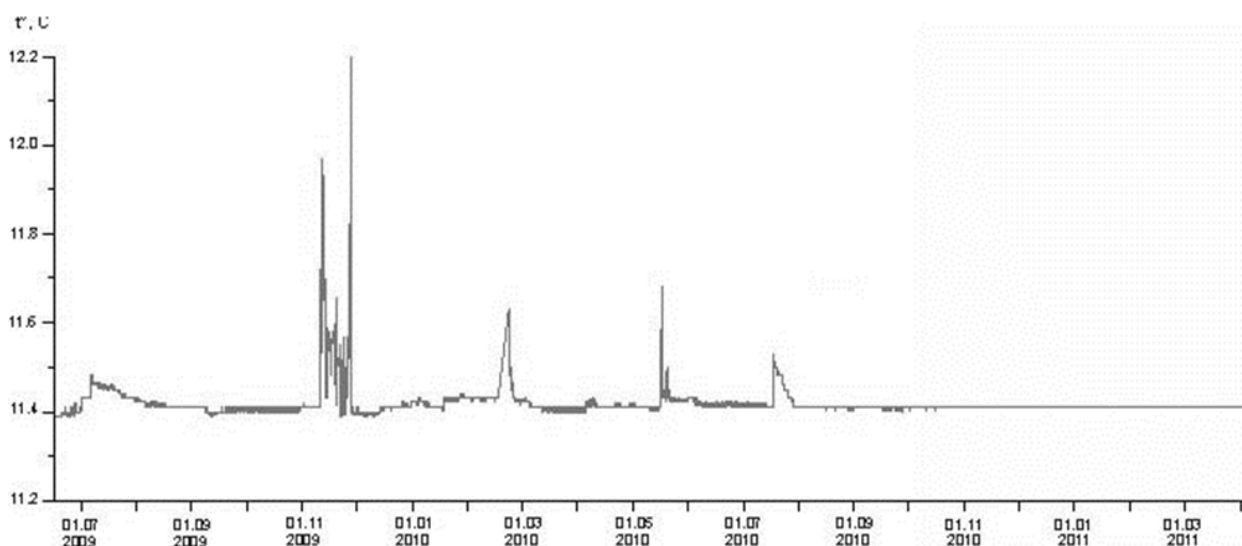


Рис. 3. График мониторинговых наблюдений за температурой подземных вод в скважине №14431 (интервал 5 минут)

Анализ полученных результатов позволяет предположить, что по такому же сценарию могут протекать и метасоматические процессы в верхних частях земной коры. В момент раскрытия разломов и оперяющих их трещин, вероятно, происходит вялотекущее замещение горных пород с изменением химического состава, при котором «растворение» старых минералов и образование новых происходит практически одновременно [Д.С. Коржинский, 1936, 1953], так что в течение очень длительного процесса замещения порода всё время остается в твердом состоянии.

Выводы. При мониторинговых наблюдениях за температурным режимом воды в скважине №14431 (г. Кривой Рог) были зафиксированы моменты кратковременной активизации глубинных разломов зоны ЗИККШЗ и, в первую очередь, ККГР. Эти данные могут быть использованы при изучении современного протекания геодинамических процессов в глубинных разломах докембрия не только УЩ. Они позволяют формировать тектонические модели глубинного

строения отдельных регионов, прогнозировать процессы образования и закономерности расположения отдельных месторождений полезных ископаемых.

Кроме того, с помощью изучения гидрогеодеформационного поля можно выполнять оценку активности различных структурных блоков в пределах зоны ЗИККШЗ, для чего необходимо создать сеть мониторинговых скважин.

Своевременная оценка повышения активности определенного структурного блока необходима для выделения участков, где возможно развитие экзогенных геологических процессов (оползней, обвалов, провалов и пр.), т.е. для оценки возможного повышения инженерно-сейсмогеологического риска.

Список литературы

1. Пигулевский П.И., Свистун В.К. Некоторые результаты автоматизированного мониторинга режима подземных вод асейсмичных территорий (на примере Днепропетровской области). *Мінеральні ресурси України*. №2. 2011. С.42-47.
2. Пигулевский П.И., Свистун В.К. Результаты мониторинга гидрогеодинамических параметров подземных вод в асейсмичных регионах Украины (Днепропетровская область) // *Геодинамика*. Материалы международной научной конференции “Геофизические технологии прогнозирования и мониторинга геологической среды”. Львов: Изд-во Львівської політехніки: №2 (11) 2011. С.241-244.
3. Пигулевский П. И. Неотектоника, геодинамика и сейсмичность докембрийских щитов (на примере восточной части УЩ) // *Научный вестник НГУ Украины*. – 2011. – № 6. – С. 5–12.
4. Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчугской шовной зоны Украинского щита / [Азаров Н.Я., Анциферов А.В., Шеремет Е.М. и др.]; под ред. Н.Я. Азарова. – К.: Наук. думка, 2006. – 196с.
5. Гинтов О.Б. Зоны разломов Украинского щита. Влияние процессов разломообразования на формирование структуры коры // *Геофиз. журн.* – 2004. – 26, № 3. – С. 3 – 24. *Державна геологічна карта України*. Масштаб 1: 200000. Аркуш L-36-IV (Кривий Ріг)/ Укладачі: В.В. Захаров, А.В. Мартинюк, Ю.М. Токар. – Київ: Геоінформ, 2002. – 101 с.
6. Курлов Н.С., Шеремет Е.М., Козарь Н.А., Гурский Д.М., Гейченко М.В. и др. Криворожская сверхглубокая скважина СГ-8. Донецк, Ноулиндж, 2011, 555 с.

*Рекомендовано до публікації д. г. -м.н. Тяпкіним К.Ф.
Надійшла до редакції 26.12.14*

УДК 551.71.72

© А.И. Каталенец

К СТРАТИГРАФИИ ПРИАЗОВСКОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА. ГУЛЯЙПОЛЬСКО-ПРИМОРСКАЯ, СЕВЕРНАЯ ЗОНЫ ЗАВЕРШЕННОЙ СКЛАДЧАТОСТИ. СТАТЬЯ 3. СЕВЕРНАЯ ЖЕЛЕЗОНОСНАЯ ЗОНА

Детально рассмотрено внутреннее строение пачек пород в подсвитах гуляйпольской свиты и установлены взаимоотношения свиты с нижележащими образованиями для сопоставления геологического разреза с таковым в Белоцерковско-Сорокинской зоне складчатости, в частности с осипенковской свитой.

Детально розглянута внутрішня будова пачок підсвіт гуляйпольської світи і встановлені взаємовідношення світи з утвореннями, що залягають нижче, для співставлення геологічного розрізу з таким у Білоцерківсько-Сорокінській зоні, зокрема з осипенківською світою.

The internal structure of the “Gulyay-Pole” suite’s subsuite packages was considered in detail. Determination of the suite’s correlation with the lower-laying formations for the comparison of the geologic sections with the one in the “Belaya Tserkov – Sorokin” folding zone in particular with the “Osipenkov” suite was revealed.

Введение. Данная статья завершает исследования по стратиграфии Приазовского мегаблока (Каталенец, 2014). Обобщающими работами по изучению строения стратиграфических разрезов Приазовского мегаблока (ПМ) является монография Щербака Н.П. с соавт. (1985, 1989). Ранее была рассмотрена и детально описана стратиграфия Гуляйпольско-Приморской зоны складчатости, в частности ее Гуляйпольская и Белоцерковско-Сорокинская подзоны складчатости (БСЗС).

Северная железоносная зона. К такому же рангу структур как БСЗС относится Северная железорудная зона северо-западного направления (рис. 1). Она находится между северным окончанием Куйбышевско-Федоровского купола и южной частью Краевой купольной структуры примыкающей к Днепровско-Донецкой впадине (ДДВ). В ее составе имеют место плагиограниты, гранодиориты, гранодиоритовые мигматиты, гнейсы и кристаллосланцы (биотитовые, биотит-амфиболовые, пироксеновые), гнейсо-кристаллосланцевая (верхнетокмакская) толща амфиболитовая (Кайинкулакская) толща с рудовмещающей ассоциацией пород, описанной в синклиналих структурах. Развита среди толщи биотитовые, аплитовидные, двуслюдяные граниты и плагиомигматиты амфибол-биотитового состава.

Северная зона прослеживается практически по всему Волчанскому выступу вдоль северной тектонической зоны (рис. 1). В нее входят Федоровское, Дибровское, Волчанское, Ульяновское, Артемовское и другие железорудные месторождения, контролем которых выступают грабенообразные структуры, изолированные деформированные синклинали, моноклинали.

На рассматриваемой территории развит дайковый пояс (пикриты, андезиты, трахиты, диабазы) северо-западного простирания. Направление дайкового пояса совпадает с таковыми в Восточном Приазовье (Малоянисольский, Антон-Тарамский), выделенных Бутурлиновым Н.В. с соавт., 1985. Формирование дайкового пояса мы связываем с ранними и поздними циклами формирования ДДВ или с отраженной тектоно-магматической активизацией щита с начала фанерозоя.

Федоровская моноклиналино-складчатая структура приурочена к северо-западной части Волчанского выступа. Ее размещение контролируется Северной (Федоровской) тектонической зоной северо-западного простирания (рис. 1).

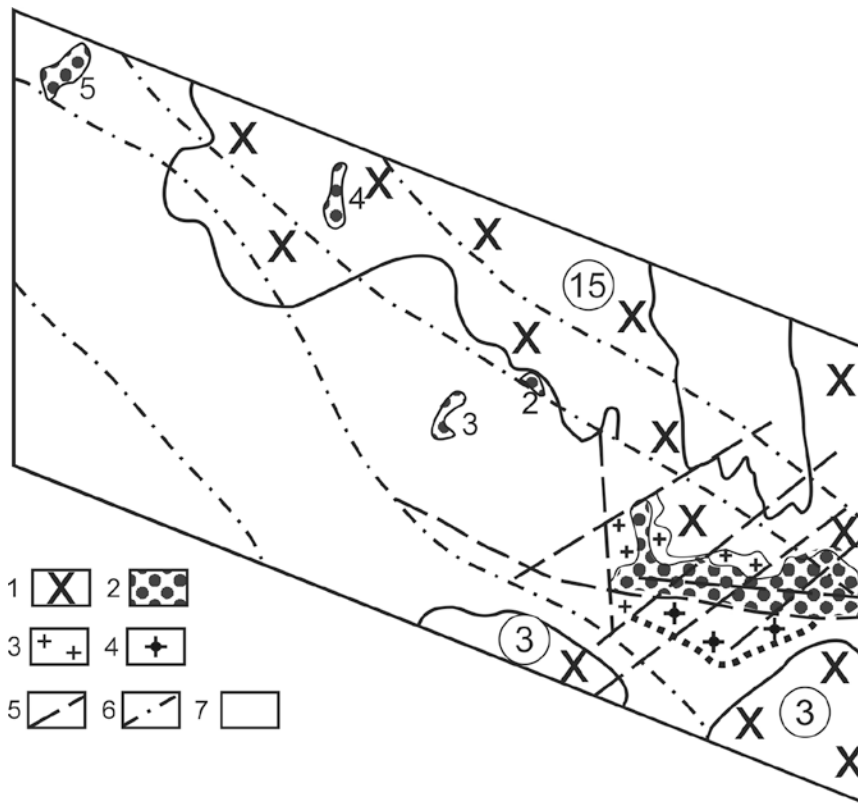


Рис. 1. Схематическая карта Северной зоны смятия

1 – плагиограниты, плагиомигматиты амфибол-биотитовые, гранодиориты, мигматиты гранодиоритового состава. На юго-западе и западе Краевого купола гранодиоритовый комплекс переходит в плагиогранитовый комплекс, в южной части имеют место биотитовые и биотит-мусковитовые, аплит-пегматоидные, пегматоидные, граниты и пегматиты, в юго-восточной и восточной части выражены гнейсы и кристаллосланцы (биотитовые, биотит-амфиболовые, пироксеновые), амфиболиты, отчасти железистые кварциты; 2 – биотитовые, биотит-гранатовые, амфибол-биотитовые, турмалин-биотитовые, кордиерит-мусковитовые, силлиманит-турмалин-гранат-биотитовые, а также разности с графитом, хлоритом сланцы, кальцифиры, мрамора, мономинеральные кварциты, железистые кварциты, пегматиты; 3 – мусковитизированные (двуслюдяные) граниты в ассоциации с биотитовыми амфибол-биотитовыми гнейсами амфиболитами; 4 – биотит-амфиболовые граниты, переходящие в гранодиоритовый комплекс; 5 – локальные тектонические нарушения; 6 – разломы зоны смятия; 7 – гнейсы и кристаллосланцы (биотитовые, биотит-амфиболовые, в том числе с гранатом, пироксеном, графитом), глиноземистые гнейсы (с графитом, силлиманитом, кордиеритом, корундом), мрамора, кальцифиры, диопсид – плагиоклазовые образования, монокварциты, эвлизитоподобные образования, железистые кварциты (с гранатом, пироксеном или амфиболом). Цифры на рисунке: а) в кружках – гранитогнейсовые купола: 15 – Краевой; 3 – Куйбышевско-Федоровский; б) без кружка грабенообразные структуры, деформированные синклинали и грабенообразные структуры: 1 – Федоровско-Шевченковская, 2 – Волчанская, 3 – Дибровская, 4 – Зеленогайская, 5 – Ульяновская.

Внутреннее строение Федоровско-Шевченковской (Федоровской) грабенообразной структуры Северной рудной зоны в отличие от БСЗС более насыще-

но локальными разломами субмеридионального, субширотного, северо-восточного и северо-западного направлений, что определяет ее блоковое строение. В бортовой части структуры (Шевченковский участок) присутствуют гранодиориты и диоритовые мигматиты, мусковит-биотитовые, амфибол-биотитовые граниты, амфибол-биотитовые и биотитовые мигматиты, биотитовые, амфибол-биотитовые гнейсы, амфиболиты. Последние могут переходить (контакт тектонический) в чередующуюся пачку (пакеты), биотитовых, амфибол-биотитовых, гранат-биотитовых, биотит-пироксен-амфиболовых, мусковит-биотитовых, гранат-мусковит-биотитовых с кордиеритом сланцев. Другие пакеты состоят из глиноземистых сланцев (мусковит, биотит, кордиерит, силлиманит) в сочетании с скарнированными кальцифирами переходящие в биотитовые сланцы. Более выразительны пакеты образованные гранат-мусковит-биотитовыми, мусковит-биотитовыми (с кордиеритом и силлиманитом), биотитовыми сланцами и скарнированными кальцифирами. Пакеты могут быть разобщены мусковит-биотитовыми гранитами и вмещать альбит-сподуменовые, альбит-микроклиновые, альбитовые, микроклин-олигоклазовые и микроклиновые пегматиты, пространственно тяготеющие к сланцевой толще.

На Федоровском участке структуры, в отличие от Шевченковского участка наблюдается северо-западное и широтное положение пакетов. На юге породный комплекс сопряжен с амфибол-биотитовыми, мусковит-биотитовыми гранитами, на севере с биотитовыми гранитами, биотитовыми и амфибол-биотитовыми мигматитами. Центральная часть структуры выполнена чередующейся пачкой высокоглиноземистых сланцев с мусковитом, гранатом, кордиеритом, а также кальцифиров, актинолититов, тремолититов, безрудных и амфиболовых железистых кварцитов. Метасоматический процесс в породах структуры выражается в развитии турмалина, фибролитизации, мусковитизации, хлоритизации, сульфидизации.

Дибровская деформированная (разбитая на блоки), ундулированная синклиналь (рис. 1) имеет субмеридиональное направление осевой плоскости, протяженность до 5 км, ширину до 3 км.

В обрамлении структуры развиты плагиограниты, плагиомигматиты (шевченковский комплекс), биотитовые мигматиты, аляскитовые, аплитпегматоидные, мусковит - биотитовые граниты. Метаморфическая толща состоит из амфиболитов, биотитовых, амфиболовых, биотито-амфиболовых, пироксеновых кристаллосланцев, гнейсов такого же состава, в том числе с гранатом (кайинкулакская толща). В верхней части этого разреза содержатся пироксено-магнетитовые, пироксен-грюнерит-магнетитовые, другие амфиболсодержащие кварциты, железисто-силикатные породы. Нерудная составляющая включает гранат-биотитовые, биотитовые, амфиболовые высокоглиноземистые, гнейсы и кристаллические сланцы, мусковитсодержащие микроклиновые, микроклиновые, альбито-микроклиновые пегматиты. В разрезах проявления метасоматического преобразования пород выражены вторичные микроклиновые, силлиманит-микроклиновые, мусковито-силлиманит-микроклиновые, силлиманитовые, мономинеральные кварциты и кварцитосланцы. Меньшим распространением пользуются серпентин-кордиерит-биотитовые, кордиерит-биотитовые сланцы. Более поздние изменения в породах выражаются в пиритизации кордиерита,

проявления гематита, карбонатов, глинистых минералов. Вторичные кварциты испытали катаклаз, грубое рассланцевание, дробление. Железистые кварциты и железисто-силикатные сланцы подвергнуты разлинзованию (будинажу).

Для вторичных кварцитов, обедненных микроклином, свойственны сульфиды (пирит, марказит, менее молибденит, галенит, халькопирит, сфалерит), карбонаты. Здесь развиты ильменорутит, циркон, апатит, сфен, рутил, радиоактивная минерализация (коффинит, уранинит, ксенотим и др.). В зоне гидротермального оруденения (в кварцитосланцах бедных микроклином) следует отметить такие элементы: церий, лантан, иттербий, неодим, иттрий, уран, титан, цирконий, барий, ниобий, литий, марганец. Среди нерудной составляющей (в порядке убывания) распространены кремний, алюминий, железо, калий.

Волчанская структура (рис. 1) имеет размеры 1,6х3 км, включает несколько участков железистых кварцитов и кварцитосланцев с весьма изменчивым составом магнетита, пироксенов, граната, биотита, амфиболов, шпинели. Это позволяет выделить во вскрытом разрезе такие разновидности: магнетит-грюнерит-пироксеновые, шпинель-магнетит-пироксеновые, магнетит-сидерофиллит-роговообманково-фаялитовые, магнетит-роговообманково-пироксеновые, гранат-магнетит-грюнерит-пироксеновые кварцитосланцы, пироксен-магнетитовые, грюнерит-магнетитовые, биотит-магнетитовые кварциты.

Наиболее распространенными являются грюнерит-пироксеновые разновидности. Пироксен-магнетитовые кварциты, как правило, чередуются с кварцитосланцами или занимают срединную зону пласта. Обращает на себя внимание высокое содержание общего железа в кварцитосланцах при низком содержании железа связанного с магнетитом, а также низкий коэффициент окисленности железа (0,29-0,33) в кварцитах.

Во вмещающих породах своеобразной группой пород являются куммингтонит-гиперстен-гранат-биотитовые кварцитосланцы с низким содержанием окиси алюминия, повышенным содержанием SO_3 (0,829-1,623 вес. %) и роговообманковые породы, которые мы относим к измененным метаультрабазитам.

Минеральный состав основных пород разреза метаморфической толщи такой:

1) Гранат-биотитовые гнейсы (гранат – 20-25%, биотит – 15-20%, кварц – 20-30%, микроклин е. з. – 10%, плагиоклаз – 15-30% (от альбита до андезина), графит, пирит, пирротин, апатит, турмалин), 2) гранат-кордиерит-биотитовые гнейсы (гранат – 5-18%, биотит – 15-20%, кварц – 20-30%, микроклин 0-35%, кордиерит с замещением слюдистым, хлоритовым материалом – 5-20%, альбит 10-25%), 3) грюнерит-гранат-биотитовые гнейсы (гранат – 15-30%, биотит – 15-30%, грюнерит с замещением его сине-зеленой роговой обманкой и биотитом – 10-15%, пирит+пирротин – 5-6%, графит – 1-3%), 4) грюнерит-пироксеновые породы (гиперстен – 15-40%, грюнерит – 10-30%, магнетит до 10%, геденбергит – 10-30%, редко тремолит, сине-зеленая роговая обманка, кварц, карбонат, графит, сульфиды, апатит), 5) гранат-биотит-грюнерит-пироксеновые (кварц – 10-20%, грюнерит – 10-20%, гиперстен 20-50%, гранат и биотит до 10% каждый); магнетит-роговообманково-пироксеновые кварциты (сине-зеленая роговая обманка 20-45%, магнетит – 10-20%, пироксен – 35-60%), 6) шпинель-пироксеновые породы (шпинель – 10-15%, магнетит – 25-30%, геденбергит –

60-65%, доломит – 2-3%, роговая обманка – 1-3%, апатит), 7) сидерофиллит-роговообманково-магнетит-фаялитовые кварциты (сидерофиллит – 10-25%, магнетит – 10-35%, сине-зеленая роговая обманка – 10-25%, фаялит – 25-30%, пирротин – 1-2%, апатит – 1-2%), 8) роговообманково-пироксеновые породы (сине-зеленая роговая обманка – 52-60%, геденбергит – 35-40%, магнетит, сульфиды), 9) пегматоидные граниты альбит-микроклиновые (с мусковитом - 5-7%, биотитом – 2-4%, гранат, роговая обманка), 10) плагиомикроклиновые граниты (биотит – 8-15%, плагиоклаз – 15-25% (от альбита до олигоклаза), микроклин 25-30%, кварц 25-30%, гранат, силлиманит, циркон, апатит).

Другие породы гнейсы и сланцы разреза рудовмещающей толщи не отличаются по составу, текстурным и структурным признакам от описываемых в других участках Приазовского мегаблока.

Рудовмещающая толща, вскрытая скважинами, имеет такое строение (снизу вверх):

гранат-биотитовые гнейсы с линзами и прослоями гранатовых пород, мелкозернистые биотит-альбит-микроклиновые граниты 20 м, грюнерит-биотит-амфиболовые сланцы (кварцитосланцы) 10-15 м, магнетит-грюнерит-гиперстеновые кварцитосланцы 10-15 м, грюнерит-магнетитовые кварциты 85 м, магнетит-грюнерит-гиперстеновые кварцитосланцы 1-2 м, мелкозернистые биотит-альбит-микроклиновые граниты 5-6 м, пегматоидные граниты 4-6 м, сланцы грюнерит-гранат-биотитовые, амфиболовые 6-8 м, мелкозернистые биотит-альбит-микроклиновые граниты 25-30 м, сланцы биотит-амфиболовые, амфиболовые 8-10 м, магнетит-грюнерит-гиперстеновые кварцитосланцы 5-6 м, грюнерит-магнетитовые кварциты 12 м, сланцы биотит-амфиболовые, амфиболовые 5-6 м, грюнерит-магнетитовые кварциты 30-35 м, сланцы биотит-амфиболовые, 6-8 м, магнетит-грюнерит-гиперстеновые кварцитосланцы 8-10 м, грюнерит-магнетитовые кварциты 8-10 м, магнетит-грюнерит-гиперстеновые кварцитосланцы 8-10 м, мелкозернистые биотит-альбит-микроклиновые граниты 0,5-2 м, гранат-биотитовые сланцы с прослоями и линзами гиперстен-гранатовых пород 6-9 м, биотит-альбит-микроклиновые граниты 20 м, сланцы гранат-биотит-гиперстен-грюнеритовые 5-8 м, кордиерит-гранат-биотитовые сланцы 10-20 м, грюнерит-гранат-биотитовые сланцы пород 50-60 м, гранат-биотитовые сланцы 50-60 м, сланцы грюнерит-гранат-биотитовые 20-30 м, кордиерит-гранат-биотитовые 25 м, сланцы грюнерит-гранат-биотитовые 30-40 м, гнейсы гранат-биотитовые с линзами и прослоями магнетит-грюнерит-гиперстеновых кварцитов ~250-300 м.

Пегматитовый комплекс рассматриваемых структур характеризуется как сходством, так и различием по ведущим полезным элементам. На Шевченковском участке альбит-сподуменовые, альбит-микроклиновые, альбит-петалит-сподуменовые. Сподумен-микроклиновые разновидности пегматитов обладают повышенным содержанием литиевых минералов при меньшем распространении ниобия и тантала, бериллия. В пегматоидах БСЗС содержание последних существенно выше, но содержание рубидия, цезия ниже. В Федоровско-Шевченковской структуре содержание рубидия достигает тысячи г/т (и более), цезия – первые сотни г/т. Увеличение Cs, Rb, Li, Be наблюдается на участках

поздних наложений изменений пегматитов.

Выводы. Таким образом, положение, строение Гуляйпольско-Приморской и Северной зон складчатости существенно отличается от зон складчатости субмеридионального простирания (Криворожской, Центральной, Орехово-Павлоградской зон складчатости). Для первых характерны глубокие низкотемпературные преобразования части метаморфических толщ, широкое развитие пегматитов и минерализации. Гранитоидный комплекс в этих зонах развит крайне неравномерно. Так, в Гуляйпольской подзоне он имеет место в низах разреза толщи при подчиненном развитии пегматитов в его верхах, в БСЗС он образует гранито-гнейсовые купольные структуры высших порядков при широком развитии пегматитов, пластово-жильные тела в Северной зоне складчатости, что очевидно связано с глубиной залегания шарниров складок.

Большинство вмещающих пород по прямым и косвенным (петро- и геохимическим) признакам относятся к вулканитам (основные, ультраосновные), туффитам или осадкам со значительной примесью основного, среднего изверженного материала, терригенным (глиноземистые), гидротермально-осадочным (железистые кварциты, карбонатные породы) породам. Увеличение вулканогенного материала в разрезе обуславливает многопластовый характер распределения железистых кварцитов.

Парагенетическая связь вулканитов, терригенных, осадочно-вулканогенных, гидротермально-осадочных пород определяют некоторые особенности подзон. Так, в Гуляйпольской подзоне в рудной формации выражена базит-терригенно-железисто-кремнистая породная ассоциация с подчиненным количеством ультрабазитов, в Белоцерковско - Сорокинской, Федоровской – базит-ультрабазит-карбонатно-терригенно – железисто - кремнистая породная ассоциация.

Металлогеническая специализация рассмотренных ассоциаций заключается в распространении Fe, Al, Rb, Cs, Nb, Ta, Sn, Be, Li, B, Sn, Au, U и др., мусковитового, гранатового, и других видов сырья, однако перечисленные полезные компоненты имеют различный контроль оруденения и время образования (Артеменко Г.В. с соавт., 1985). Стратиграфический контроль выражен для железа, глинозема, а при наложении метасоматоза мусковитового, гранатового сырья. Редкометалльно-редкоземельные элементы связаны с пегматитами и карбонатитами, уран, торий, золото, бор и другие с зонами низкотемпературных, метасоматитов (тектонический контроль оруденения). Отмеченное указывает на более поздний наложенный характер большинства элементов, что отражает рудовмещающую и рудоносную роль геологической формации сложившуюся вследствие эволюционного развития региона.

На Гуляйпольском участке (подзоне) представляется возможным выделить три стратифицированные толщи (рис. 2):

- нижнюю (gr_1), которая подразделяется на такие пачки – амфиболит-гнейсовую (gr_1^1), двуслюдяных гнейсов (gr_1^2), мусковит-сланцевую (gr_1^3), гранат-биотитовую (gr_1^4);

- среднюю или железорудную (gr_2), которая состоит из двух пачек: собственно железорудная (gr_2^1) и переходная (gr_2^2);

- верхняя толща (gr_3) имеет в своем составе такие пачки: гранатитовую

(gr_3^1), биотит-сланцевую (gr_3^2), туффопесчаниковую (gr_3^3).

Отмеченные пачки отличаются петрохимическим составом, минеральными комплексами, характером вулканизма, ультраметаморфическими и метасоматическими изменениями.

Ультраметаморфические изменения проявлены в пачках gr_1^1 , менее в gr_1^2 , калишпатизация, пегматиты имеют место в средней и верхней части стратиграфического разреза. Метасоматические процессы (железо-магнезиальный, щелочной, карбонатный и др.) имеют площадной характер. Геологические условия наложенных изменений позволяет отнести их к регионально-метаморфической группе в зонах слабого прогрева и интенсивного притока флюидов при региональном ультраметаморфизме. Аналогичное можно сказать и о БСЗС и Северной зоны в разломах, грабенообразных и деформированных структурах. Однако все они относятся к одной и той же железорудной формации.

Реконструкция разреза толщи Федоровской структуры позволяет выделить такие пачки (снизу-вверх):

- гнейсы (сланцы) амфиболовые, амфибол-биотитовые, гранат-амфибол-биотитовые, диопсид-плагиоклазовые, биотит-амфиболовые, пироксен - амфибол-биотитовые, амфибол-гранатовые. Пачка содержит незначительные прослои (первые метры – первые десятки метров) карбонатных пород;

- переслаивание мраморов, кальцифиров, амфиболовых, биотитовых, диопсид-амфиболовых, хлоритовых, диопсид-плагиоклазовых сланцев, белых безрудных кварцитов, преобладающими породами пачки являются кальцифиры;

- переслаивание сланцев гранат-мусковит-биотитовых, силлиманит-мусковит-биотитовых, пироксен-амфиболовых, амфибол-мусковит-биотитовых, амфибол-биотитовых амфиболовых (по ультрабазитам), железистых кварцитов;

Стратифицированные разрезы при снятии наложенных изменений в БСЗС, Гуляйпольской и Северной зоне смятия отвечают разрезу Центрально-приазовской, особенно Корсакской зонам смятия. Выделение осипенковской и других свит, подсвит, толщ в ранг самостоятельных стратиграфических единиц является ошибочным. Наличие реликтов незамещенных пород и минеральных ассоциаций исходных пород в разрезах рассмотренных структур дает право отнести их к кайинкулакской толще, а рудовмещающая ее часть к сачкинской свите. Наличие реликтов незамещенных пород и минеральных ассоциаций исходных пород в разрезах рассмотренных структур дает право отнести их к кайинкулакской толще, а рудовмещающая ее часть к сачкинской свите.

Она состоит (снизу-вверх) из таких пачек: гнейсо-кристаллосланцевая, карбонатно-гнейсово-кристаллосланцевая, железорудная, кристаллосланцевая, гранато-биотитовых сланцев (карбонатно-графитовая), биотитовых сланцев (гнейсо-сланцевая).

Нижезалегающая толща относится к верхнетокмакской толще, породы которой претерпели эндербитизацию, плагиогранитизацию, чарнокитизацию на ранних стадиях ультраметаморфического мегацикла.

Свита	Подсвита	Пачка	Индекс	Колонка	Мощность, м	Состав пород
Гуляйпольская	верхняя	туфопесчаниковая	gp_3^3		340	Чередование метапесчаников, гравелитов, амфиболовых, пироксен-амфиболовых пород, кварц-полевошпат, биотитовых сланцев
		биотит-сланцевая	gp_3^2		650	Чередование кварц-полевошпат-биотитовых сланцев с хлоритоидом, гранатом, куммингтонитовых кварцитов, силицитов, гранат-биотитовых сланцев, метапесчаников
		гранатитовая	gp_3^1		180	Чередование кварц-полевошпат-биотитовых сланцев, метапесчаников, гранат-биотитовых сланцев, гранат-куммингтонитовых, гранат-роговообманковых пород (вулканитов)
		переходная	gp_2^2		50	Чередование кварц-биотитовых, биотитовых сланцев, микрокварцитов с порфиробластическим магнетитом, вулканитов, метапесчаников
		железистая	gp_2^1		160	Железистые кварциты (грюнеритовые), грюнерит-куммингтонитовые, куммингтонит-рибекитовые, рибекитовые, тетраферрибиотитовые, стилипномелановые. Биотит-амфиболовые, амфиболовые гнейсы, биотит-плаггиоклазовые сланцы с магнетитовым оруденением, пачка
		гранат-биотитовая	gp_4^1		до 30	Силициты, кварц-гранат-биотитовые сланцы
	средняя	мусковит-сланцевая	gp_3^3		325	Чередование андалузит-мусковитовых, биотит-андалузит-мусковитовых, биотит-андалузит-ставролит-мусковитовых сланцев и белых безрудных силицитов (кварцитов)
		двуслюдяных гнейсов	gp_1^2		>300	Чередование белых безрудных силицитов (кварцитов), глиноземистых сланцев с мусковитом, биотитом, мусковит-биотит-плаггиоклазовых сланцев
		амфиболит-плаггиогнейсовая	gp_1^1		1500	Биотит-роговообманковые, биотит-гранатовые гнейсы (сланцы), катаклазированные плаггиогнейсы, мигматиты, альбититы, биотититы (ультрабазиты), амфиболиты

Рис. 2. Стратиграфическая колонка Гуляйпольского района - переслаивание силлиманит-мусковит-биотитовых, гранат-биотитовых, биотитовых, мусковит-биотитовых амфибол биотитовых, пироксен-биотитовых, силлиманит-кордиерит-мусковит-биотитовых сланцев. В пачке выражены турмалинизация и развитие пегматитов.

Рекомендовано до публікації Барановим П.М.
Надійшла до редакції 14.01.2015

КОМПЛЕКСУВАННЯ ГЕОФІЗИЧНОЇ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ КРУПНОМАСШТАБНОГО ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

Представлені особливості комплексування геофізичної та гідрогеологічної інформації при обробці карт та переході від дрібного до крупного масштабу для прогнозування впливу великих техногенних об'єктів на довкілля. На прикладі території середнього Придніпров'я апробовано алгоритм для прогнозування геоекологічного впливу сховища відходів на водоносні горизонти у верхній частині розрізу.

Представлены особенности комплексирования геофизической и гидрогеологической информации при обработке карт и переходе от мелкого к крупному масштабу для прогнозирования влияния больших техногенных объектов на окружающую среду. На примере территории среднего Приднепровья опробован алгоритм для прогнозирования геоэкологического влияния хранилища отходов на водоносные горизонты в верхней части разреза.

The integration features of geophysical and hydrogeological data in the processing of maps and the transition from shallow to large scale to predict the impact of large man-made objects on the environment are presented. The algorithm for predicting the geoecological impact of waste storage on aquifers in the upper part of the section on the example of the Middle Dnieper is approved.

Вступ. У ХХ столітті спостерігався швидкий розвиток промисловості на території середнього Придніпров'я, що обумовлено розташуванням багатьох родовищ корисних копалин у межах Українського щита. Поряд з великими населеними пунктами були побудовані підприємства видобутку, переробки руди, її збагачення та накопичення відходів. Ці об'єкти протягом багатьох років впливають на геоекологічний стан навколишньої території, змінюючи хімічний склад порід верхньої частини розрізу (ВЧР), водоносних горизонтів, поверхневих водотоків, повітря. Найбільш небезпечними об'єктами є сховища відходів, які будувалися без урахування норм довготривалої безпеки. Це призводить до поступового розповсюдження забруднення через водоносні горизонти у ВЧР.

Прогнозування та зниження геоекологічного впливу сховищ на водоносні горизонти у ВЧР є важливим питанням в сучасному розвитку країни. Для цього застосовують геофізичні методи (головним чином модифікації електророзвідки), що фіксують напрямки розповсюдження забруднення, проводять хімічні аналізи зразків води та інші дослідження у свердловинах. Вартість цих робіт не дає можливості проводити детальні дослідження на великих площах. Найчастіше такий процес не є прогнозуванням, а є лише констатацією результату. Для попередження процесу забруднення доцільно використовувати геолого-геофізичну та гідродинамічну інформацію, а саме карти геофізичних полів, відомості щодо тектонічної будови регіону та напрями й швидкість руху підземних вод. Таке прогнозування неможливо проводити у одному масштабі, при переході з одного масштабу на більший масштаб з'являється уточнююча інформація (особливо щодо тектонічної будови), тому лише комплексний аналіз карт у декількох масштабах дозволить встановити закономірності переходу і визначити потенційні напрямки геоекологічного впливу сховищ відходів на ВЧР. Ра-

зом з гідрогеологічними даними це дозволить створити прогнозу карту геоекологічного впливу та отримати інформацію щодо подальшого проведення запобіжних заходів.

Мета: проаналізувати особливості комплексування інформації для поамштабного прогнозування геоекологічного впливу сховища відходів на ВЧР та водоносні горизонти на прикладі середнього Придніпров'я.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- Проаналізувати існуючу геолого-геофізичну та гідрологічну інформацію на території досліджень;
- Дослідити зміни напрямків та зон потенційного геоекологічного впливу від промислових об'єктів на ВЧР по карто-схемах при переході між масштабами з урахуванням гідрогеологічних умов.
- Виконати апробацію алгоритму прогнозування геоекологічного впливу на прикладі території розташування сховища відходів поблизу м. Марганець.

Характеристики, що визначаються експериментально: зміна потенційних напрямків та зон геоекологічного впливу промислових об'єктів на ВЧР при прогнозуванні за різномасштабною геолого-геофізичною інформацією.

1. Особливу увагу при дослідженні території середнього Придніпров'я приділяють будові Українського щита (УЩ), який представляє собою багат шарову структуру подрібнену розломами різних рангів та напрямків у різні проміжки часу. Шар порід ВЧР на території середнього Придніпров'я дорівнює 30-50 м. Осадкові породи знаходяться у значному зв'язку з тектонічною будовою УЩ. Тому особливу увагу при прогнозуванні геоекологічного впливу від сховищ відходів на ВЧР та водоносні горизонти необхідно приділяти тектонічній будові, а саме розташуванню та взаємодії розломів. Дослідження багатьох вчених щодо формування розломів земної кори детально описані та узагальнені в роботі К.Ф. Тяпкіна [1]. Розломи — це лінійні геологічні структури, що сформувалися в результаті перерозподілу напруг в земній корі, та дискретному вивільненню енергії. Оскільки розломи характеризуються не тільки значними горизонтальними розмірами по простяганню, а й шириною, що може сягати декількох десятків кілометрів, в подальшому під розломами ми будемо розуміти зону. Найкрупніші з розломів (умовно першого порядку) знаходяться друг від друга на відстані 140 ± 10 км. Між ними можуть бути паралельні їм розломи інших порядків на відстанях $1/2$, $1/4$ і т.д. інтервалу між розломами першого порядку. Розломи поєднуються у системи, кожна з яких представлена взаємноортогональними розломами різних рангів. [1].

Під час періодичних вертикальних та горизонтальних коливань блоків УЩ вздовж розлому в результаті сучасних активізацій фрагментів розломів утворюються розуцільнені зони, в тому числі у ВЧР, що стосовно проблеми досліджень є потенційним шляхом геоекологічного впливу сховищ відходів. Ширина ділянки потенційного геоекологічного впливу може дорівнювати ширині розлому чи декількох розломів близьких напрямків, що наближені до джерела геоекологічного впливу. Ці зони розломів зазвичай проявляються у вигляді лінійних локальних аномалій гравітаційного та магнітного полів, лінійних ступе-

нів, лінійних порушень регулярного рисунку поля. Також вони проявляються як у рельєфі порід кристалічної основи щита, так і в рельєфі поверхні Землі. Карти індикаторів систем розломів представляють собою трансформації карт геофізичних полів та додаткової геологічної інформації в лінійні елементи, які раніше не використовували для визначення потенційних напрямків геоекологічного впливу. Це питання потребує розвитку та деталізації.

Існуючі окремі гідрогеологічні, геодинамічні, екологічні карти, карти лініментів та геофізичних полів не дають достатньо інформації щодо напрямків геоекологічного впливу та не можуть бути коректною основою для детального геоекологічного прогнозування. (Рис. 1) [2].

Існуюча картографічна інформація потребує якісної та кількісної інтерпретації. Для прогнозування потенційних напрямків розповсюдження забруднення при обробці названих карт необхідно врахувати та оцінювати активність розломів. При цьому особливу увагу необхідно приділити визначенню найбільш активних ділянок розломів. Для цього важливо враховувати властивості розломів: фрагментарність, трансформність, прямолінійність [1]. Фрагментарність розломів проявляється в тому, що геологічні характеристики фрагментів розломів та їх прояв в фізичних полях в межах різних блоків різні, а деякі фрагменти можуть не проявлятися взагалі. В цих умовах враховують прямолінійність та трансформність розломів. Важливим фактором геоекологічного прогнозування є закон успадкованих активізацій, що регулюється умовою мінімуму витраченої на перебудову енергії при формуванні та активізації розломних структур різних масштабів та віку. Така закономірність є справедливою також при формуванні сучасної ярово-балкової мережі.

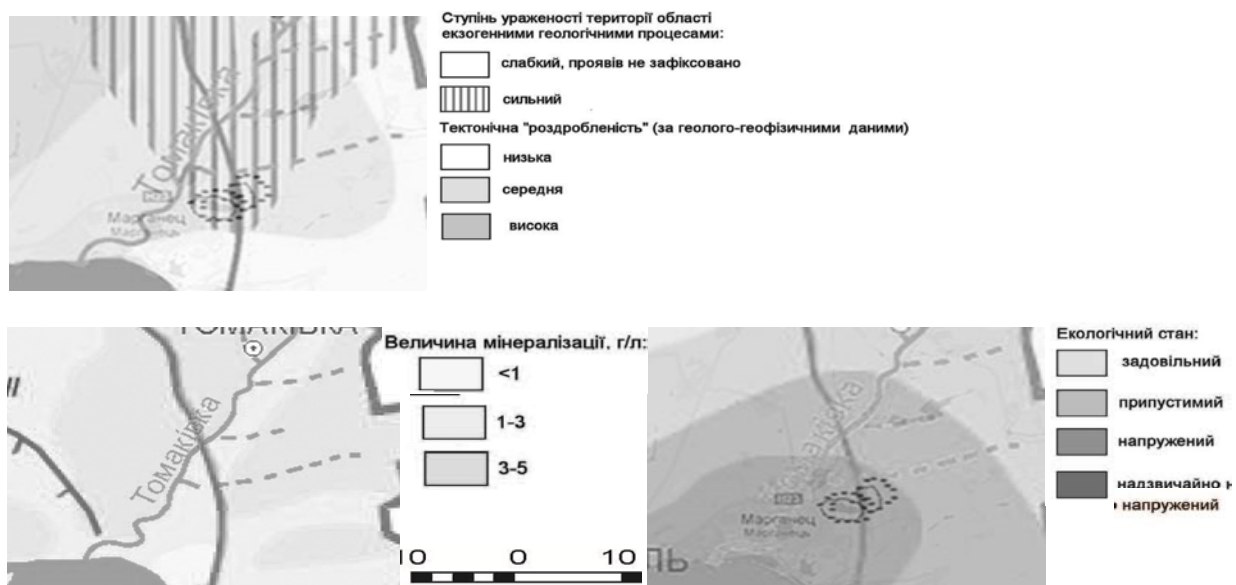


Рис. 1. Фрагменти карто-схем району м.Марганця сучасної геодинаміки (а), забруднення водоносного горизонту a_{III-IV} (б), геоекологічної карти (в).

Розроблена та детально описана у [3] нова методика обробки геолого-геофізичної інформації, в якій оцінку активності розломів можливо провести використовуючи коефіцієнт прояву окремих фрагментів розломів у різних ознаках. Таким чином аналізуємо активність окремих напрямків та їх потенційність як шляху геоекологічного впливу. Активними («довгоживущими») є роз-

ломи або їхні фрагменти, добре виявлені у всіх 4-х групах ознак: гравітаційному, магнітному полі, рельєфі порід фундаменту та поверхні Землі [1].

Представлена у роботі [3] методика має дві модифікації. Перша дозволяє прогнозувати геоекологічний вплив при швидкій обробці і отримувати сумарні карти з визначенням об'ємного розповсюдження. Інша дозволяє аналізувати конкретні потенційні напрямки геоекологічного впливу для прийняття конкретних запобіжних заходів. Для геоекологічного прогнозування при обробці геолого-геофізичної інформації за даними каталогу [1] для масштабу 1:500 000 буде створена карта, згідно якої потенційний напрямок розповсюдження забруднення (переважно вертикальний чи горизонтальний) залежить від найбільш проявлених та активних розломів, що контактує з досліджуємою ділянкою.

При обробці геолого-геофізичної інформації для кожної клітинки умовної мережі на карті отримаємо множину проміжних рішень, серед яких виділяємо пріоритетні напрямки геоекологічного впливу. За таблицею 2 виконується аналіз отриманої картографічної інформації по кожній клітині умовної мережі досліджень і визначаються ділянки об'ємного геоекологічного впливу, що характеризуються пріоритетно горизонтальним чи вертикальним розповсюдженням забруднення (рис. 2).

Таблиця 2

Схема визначення пріоритетного напрямку об'ємного геоекологічного впливу

Кількість проявлених напрямків в клітинці	Пріоритетний напрямок геоекологічного впливу
0	Горизонтальний пові-
1	Горизонтальний або по розлому (експоненціальний)
2-3 близьких	
2 ортогональних	Вертикальний, на глибину
3	
Більше 3	

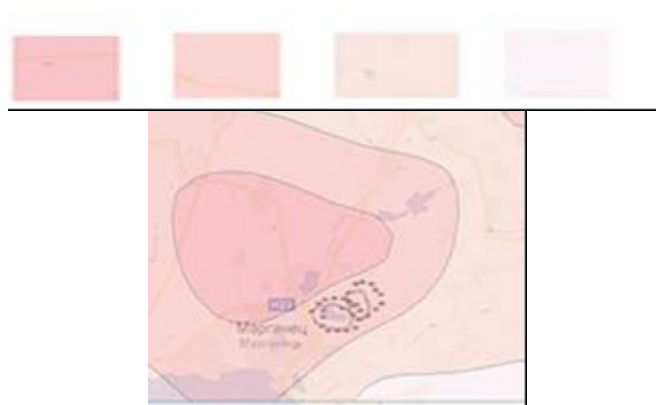


Рис. 2. Карта щільності лініаментів активних напрямків розломів масштабу 1 : 500 000 району м. Марганець

При прогнозуванні геоecологічного впливу техногенних об'єктів раціонально комплексувати геолого-геофізичну інформацію щодо тектонічної будови та гідрогеологічних особливостей території. За напрямки розломів приймають азимути найбільш проявлених простягань індикаторів розломів. В межах Українського щита зафіксовані шість систем розломів, з азимутами простягання: 0 и 270°, 17 и 287°, 35 и 305°, 45 и 315°, 62 и 332°, 77 и 347°[1].

2. Наступним етапом є врахування гідродинамічних умов регіону адже розповсюдження забруднення відбувається саме по водоносних горизонтах. На рисунку 3 надана схема прогнозування геоecологічного впливу при урахуванні обох факторів (тектонічного та гідрогеологічного). На схемі «а» показаний спрощений напрям руху забруднення по водоносному горизонту, який спрямований спочатку до розлому, а потім вздовж нього. На рисунку «б» показана зона потенційного геоecологічного впливу сховища відходів на водоносні горизонти, що контролюється активними розломами.

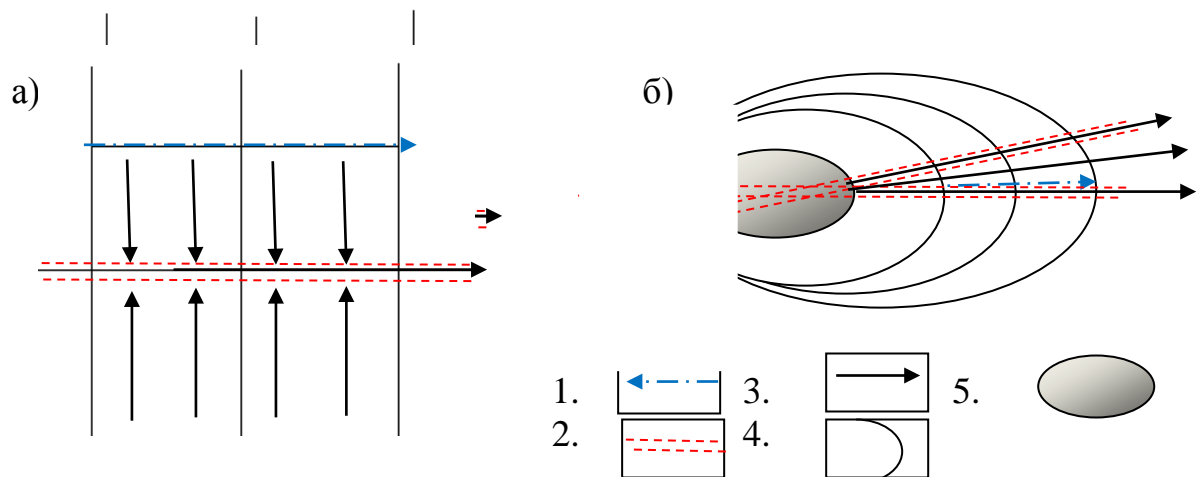


Рис. 3. Схема комплексування гідрогеологічної та тектонічної інформації для прогнозування геоecологічного впливу: а) схема контролю розломами розповсюдження забруднення, б) схема впливу через водоносні горизонти від сховища; 1) напрям руху підземних вод, 2) зона розлому, 3) напрям геоecологічного впливу та розповсюдження забруднення, 4) гідроізолінії, 5) сховище відходів.

Розповсюдження геоecологічного впливу (в т.ч. забруднення) у ВЧР не проходить по вузькому напрямку, воно поширюється на площу, що поєднує декілька напрямків. Для вирішення питання ширини зони впливу звернемося до основ тригонометрії та моделювання. На рис. 4 представлена ситуація перетинання розломів трьох близьких напрямків.

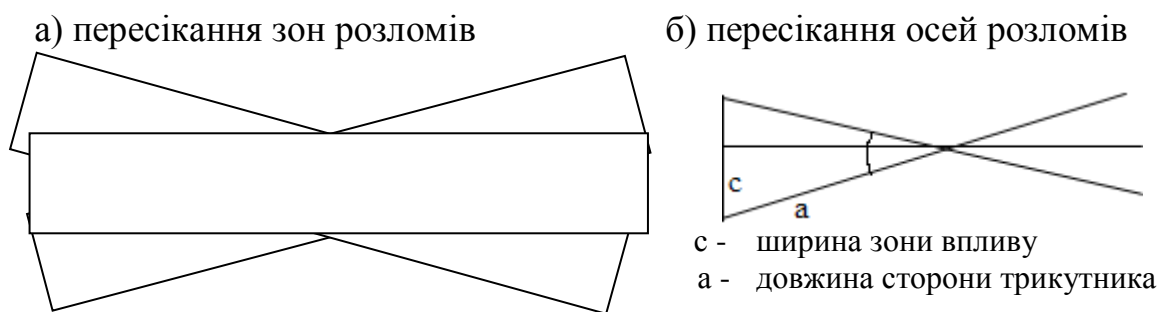


Рис. 4. Схема пересікання розломів трьох близьких напрямків для визначення ширини зони спрямованого геоecологічного впливу

Осі простягання розломів утворюють трикутник, в якому невідомою є одна з сторін. Відомо, що кут між двома іншими сторонами дорівнює в усіх випадках приблизно 30 градусів. Довжина сторін вимірюється в залежності від масштабу досліджень. В цьому випадку ширину впливу можливо розрахувати за формулою

$$c=a \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

де α - кут між осями двох найближчих до досліджуємого розломів;

a - довжина сторони в залежності від комірки досліджень у конкретному масштабі; c – ширина зони впливу. Таким чином, якщо $\alpha = 30^\circ$ $c = a/2$.

Отже ширина розлому пропорційна масштабу досліджень та рангу розлому. Для аналізу ширини розповсюдження забруднення від конкретного промислового об'єкту необхідні більш детальні дослідження, в залежності від розміру об'єкту та інформація щодо проявів фрагментів розломів окремих напрямків.

На картах масштабу 1:500 000 та 1:200 000 виділяються розломи 1 та 2 рангів. При дослідженні більш крупного масштабу передбачається виділення розломів 3-5 рангу, які за ранжуванням К.Ф.Тяпкіна та В. М. Гонтаренко повинні мати ширину відповідно 2,5 км, 1,25 км та 500-750 м. Це дозволяє визначати ширину потенційної зони розповсюдження забруднення та прийняти необхідні заходи щодо попередження негативного геоекологічного впливу від промислового об'єкту на прилеглу територію.

Представлений алгоритм обробки геолого-геофізичної та гідрологічної інформації апробований при дослідженні геоекологічного впливу від сховищ відходів видобутку та первинної переробки марганцевої руди поблизу м. Марганця. На карті щільності індикаторів розломів масштабу 1:200 000 можливо визначити зони пріоритетного вертикального та горизонтального спрямованого розповсюдження забруднення (геоекологічного впливу). Зони вертикального розповсюдження забруднення знаходяться на півночі від сховища. Горизонтально спрямований геоекологічний вплив потребує аналізу за напрямками. Аналіз техногенного навантаження (розташування джерел забруднення) дає можливість корегувати існуючі карти забруднення водоносних горизонтів наведені на рис.1 з урахуванням потенційних напрямків геоекологічного впливу на водоносні горизонти у ВЧР (рис.5).

Аналіз отриманих в результаті обробки вихідної інформації карт масштабу 1:200 000 надає можливість уточнювати потенційні напрямки розповсюдження забруднення, отримані з карт масштабу 1:500 000. Результати обробки карт масштабу 1:200 000 за окремими напрямками свідчать, що на обраній території спостерігаються розломи всіх напрямків за К.Ф. Тяпкіним. На окремих ділянках розломи проявляються сильніше в більшості ознак і тому можливо вважати найбільш активними відносно інших ділянок.

Дослідив територію навколо сховища в масштабі 1:200 000, можливо зробити висновок, що сховище відходів потрапляє в зони прояву розломів 0° , 35° , 45° , 62° , 287° , 305° . Карта зон сумарного прояву активних напрямків з рисунка ба узагальнює цю інформацію і при співставленні та дослідженні закономірностей зображення (розподілу ізоліній) можливо провести осьові лінії проявлених розломів. Осьові лінії проводяться перпендикулярно до ізоліній. На карті зон сумарного прояву розломів виді-

ляються напрямки 0° , 35° , 62° , 287° , 305° навколо сховища. Таким чином сумарний рисунок масштабу 1:200 000 дозволяє отримати первинну інформацію про потенційні шляхи розповсюдження забруднення (згідно коефіцієнтів прояву розломів [3]).

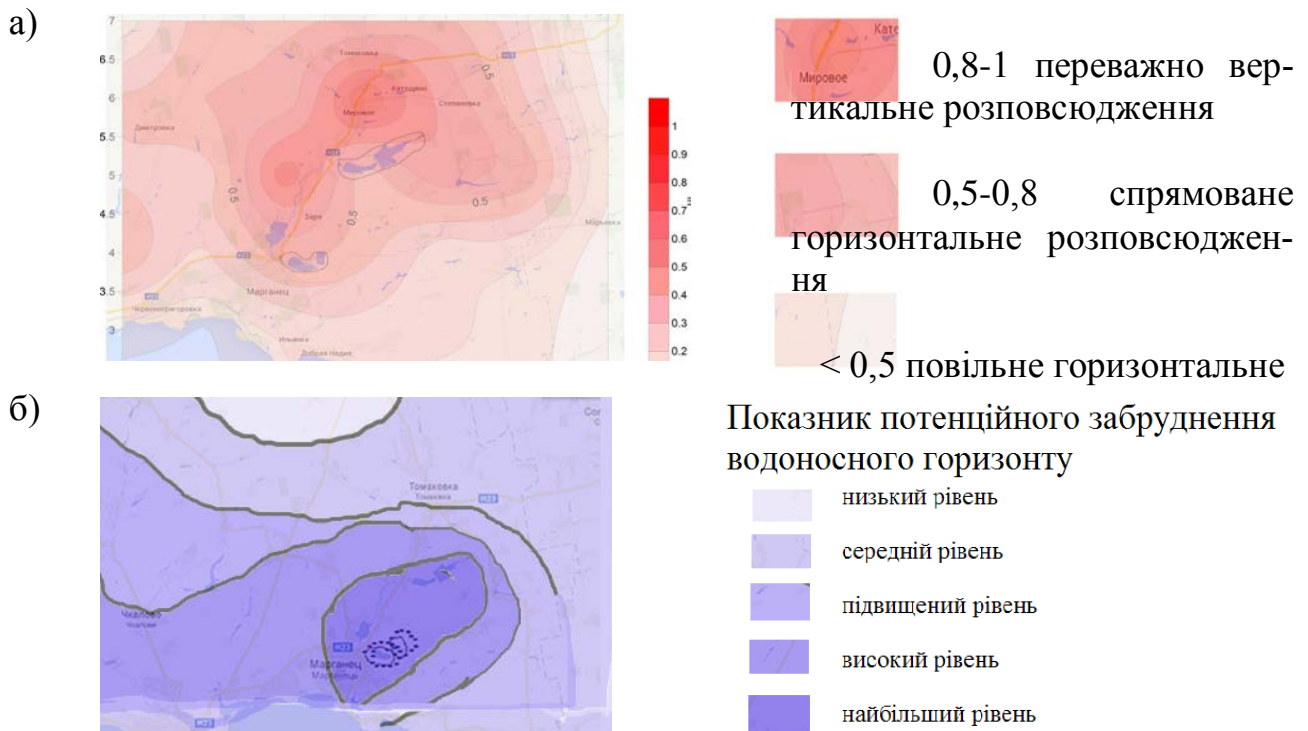


Рис. 5. Карта зон сумарного прояву активних напрямків розломів в районі м. Марганець у масштабі 1:200 000 (а), карта потенційного забруднення водоносного горизонту аш-iv (б)

Ці зони на рисунку б умовно виділені ізолінією 0,75. Також високий рівень активності мають розломи в зонах умовно виділених ізолінією 0,5. Вони є потенційними шляхами розповсюдження забруднення від сховищ відходів у ВЧР. Зона з відмітками 0,25-0,5 є контуром проявів розломів в окремих ознаках та дають загальне уявлення щодо напрямку потенційного геоecологічного впливу. Таким чином, враховуючи виділені на рисунку б зони і порівнюючи їх з інформацією про гідродинамічні умови району, можливо зробити висновок о потенційних напрямках розповсюдження забруднення через водоносні горизонти у ВЧР. З урахуванням вищенаведеного слід зазначити, що для прийняття конкретних дій щодо зниження геоecологічного впливу необхідна обробка комплексу крупномасштабної геофізичної, гідрогеологічної та тектонічної інформації і аналіз прояву розломів при переході від карт масштабу 1:200 000 до 1:50 000.

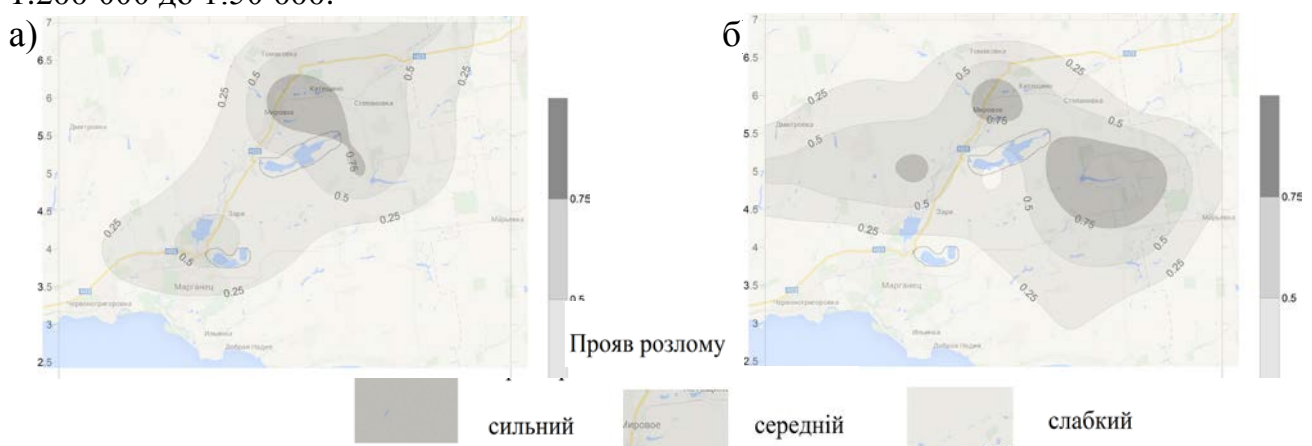


Рис. 6. Карти прояву зон розломів М 1:200 000 в районі м. Марганець по напрямку: а) 45° , б) 287°

Карты, представлені на рисунку 7, отримані в результаті обробки картографічної інформації масштабу 1:50 000, а саме карт гравітаційного поля та лініментів, дозволяють зробити висновок о більшій рівномірній наповненості території ознаками розломів. З рисунка 7 видно, що в районі сховища розломи напрямків $45^{\circ}, 62^{\circ}, 305^{\circ}$ проявлені найбільше, а $35^{\circ}, 0^{\circ}, 287^{\circ}, 347^{\circ}$ менше. По карті сумарного прояву розломів ці напрямки виділяються, однак для точного висновку необхідно проводити комплексний аналіз. Аналогічні висновки можливо також отримати за вищенаведеною методикою опрацювавши картографічну інформацію інших геофізичних методів.

При прогнозуванні слід враховувати, що дослідження різного масштабу надають різну інформацію щодо прояву розломів. Порівняльний аналіз зон різного прояву розломів на картах, отриманих в результаті обробки вихідної тектонічної та геофізичної інформації, проведений у таблиці 3. Загалом в районі м. Марганець за результатами обробки вихідних карт при переході між масштабами спостерігаються наступні закономірності прояву розломів.

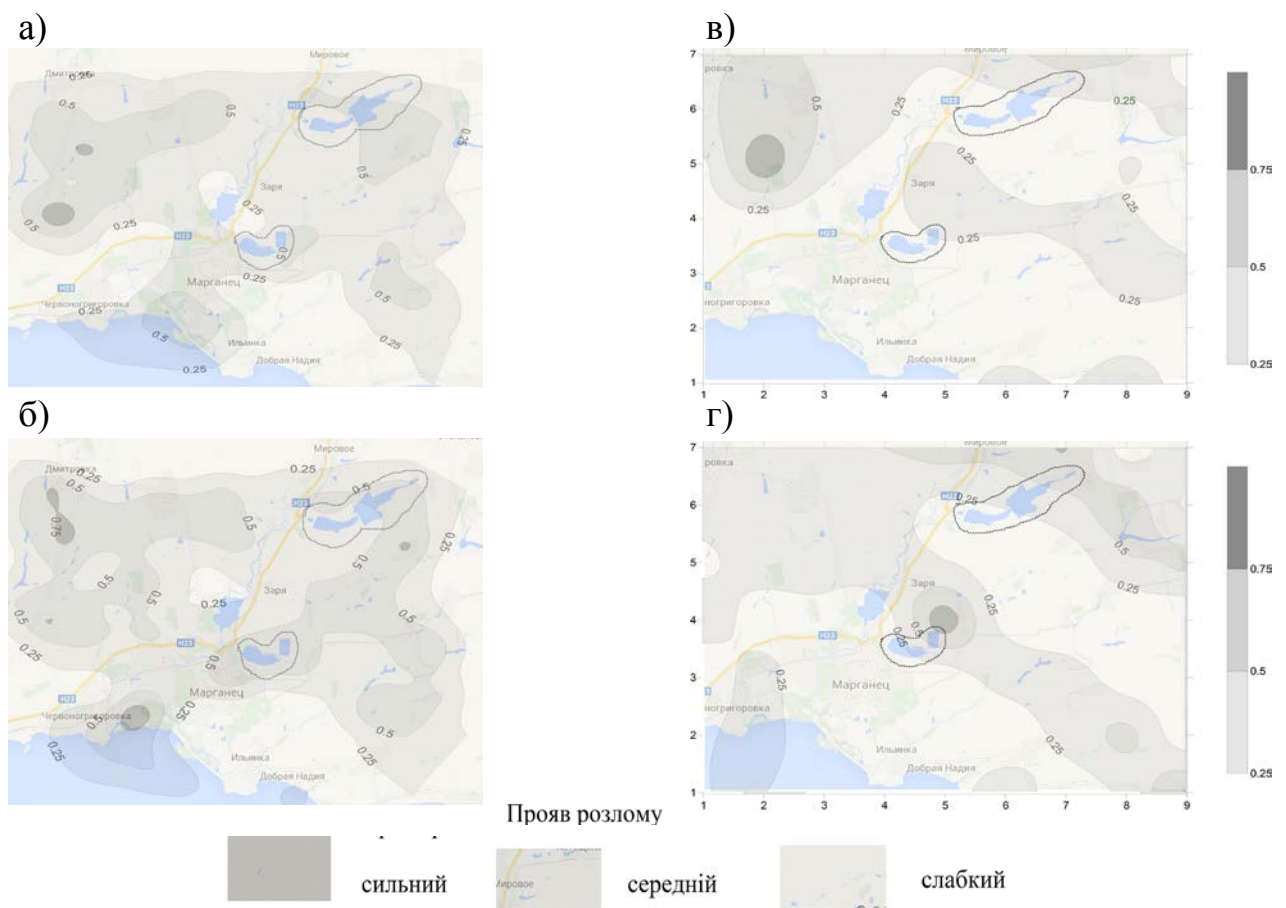


Рис. 7. Порівняльні результати обробки карт гравітаційного поля (а,б) та карт лініментів розломів (в,г) для напрямків 287° (а,в) та 305° (б,г) масштабу 1:50 000

Порівняльний аналіз прояву розломів на різномасштабних картах

Напрямок розлому	Особливості розташування зон прояву розломів визначені в результаті обробки вихідних карт відносно сховища		
	Лініментів масштабу 1:200 000	Лініментів масштабу 1:50 000	Гравітаційного поля масштабу 1:50 000
0°	На півдні потрапляє у зони слабкого та середнього прояву, наближена зона сильного прояву	Сховище знаходиться в зоні слабкого прояву розлому, зона високого прояву розлому на півдні	Розлом перетинає сховище в центральній частині
17°	На півдні сховище перетинає зону слабкого прояву розлому, а зона високого прояву наближена з півночі	Сховище знаходиться в зоні слабкого прояву розлому, а зона середнього прояву наближена з півночі	На півдні сховище перетинає зону середнього прояву та в центрі зону слабкого прояву
35°	Сховище знаходиться в зоні слабкого та середнього прояву	Зона слабкого та середнього прояву знаходиться біля північного краю	Сховище знаходиться в зоні слабкого прояву
45°	Сховище перетинає всі зони від слабкого до високого прояву і розташоване перпендикулярно до ізоліній	Сховище перетинає три зони в 2 місцях	Сховище знаходиться в зонах слабкого та середнього прояву, що розташовані вздовж сховища
62°	Сховище перетинає всі три зони прояву розлому	Сховище знаходиться в зонах слабкого та частково середнього прояву	Сховище знаходиться в зоні слабкого прояву.
77°	Сховище перетинає зону слабкого прояву розлому відносно прояву на всій карті	Сховище знаходиться в зоні слабкого прояву	Сховище знаходиться в зонах слабкого та середнього прояву
270°	Прояв слабкий	Прояв слабкий	Прояв слабкий на північному кордоні сховища
287°	Сховище перетинає зони слабкого та середнього прояву розлому, та розташоване своєю північною частиною між зонами сильного прояву	В північній частині сховище перетинає зону слабкого та середнього прояву	В північній частині сховище перетинає зону середнього прояву
305°	Сховище перетинає всі зони в північній частині	В північній частині сховище перетинає зону слабкого та середнього прояву	Перетинає зону середнього прояву в північній частині, поблизу - зона високого прояву
315°	Прояв слабкий	Прояв слабкий	Прояв слабкий
332°	Прояв слабкий	Прояв слабкий	Вздовж сховища зони слабкого та середнього прояву
347°	Зона слабкого прояву перетинає північну частину сховища	Сховище потрапляє у всі визначені зони	Сховище потрапляє у всі зони прояву розлому

За вищенаведеними картами можливо зробити характерні не суперечливі висновки про прояв розломів. Виявлено, що у межах розлому окремого напрямку, що має середній прояв на картах масштабу 1:500 000, при збільшенні масштабу виділяються окремі ділянки з найбільшим проявом цього напрямку. Якщо розлом на карті масштабу 1:500 000 проявлений сильно, то при переході на карту масштабу 1:200 000 практично на всій ділянці виділяється непошкоджена зона сильного прояву розлому, але вузла. Аналізуючи карти масштабу 1:50 000 в районі сховища Марганецького гірничо-збагачувального комбінату (м. Марганець), можливо зробити висновок, що найбільш потенційний напрямок розповсюдження забруднення - південно-східний в напрямку селища.

Результати обробки карт гравітаційного поля та карт лініаментів показали, що для пришвидшення процесу обробки інформації та прийняття рішень можливо використовувати лише карти геофізичних полів (особливо гравітаційного) разом з гідрогеологічною інформацією.

Створена методика надає можливість прогнозувати потенційний напрямок, ширину зони розповсюдження забруднення, комплексувати цю інформацію з гідрогеологічними даними і визначати потенційні ділянки геоекологічного впливу від сховищ відходів на ВЧР. Знаючи гідродинамічні умови району та водоносних горизонтів можливо визначити й час розповсюдження забруднення.

Висновки

Прогнозування геоекологічного впливу сховищ відходів на ВЧР часто ускладнюється недостатньою кількістю фактичної інформації. Для більш ефективного прогнозування доцільно використання комплексної геолого-геофізичної, гідродинамічної та тектонічної інформації. Запропонована методика геоекологічного прогнозування дозволяє швидко вирішувати питання обробки інформації та прогнозування впливу промислових об'єктів на довкілля. Апробація методики помасштабного прогнозування виконана на території УЩ, поблизу міста Марганця, де розташовано декілька сховищ відходів. Результати досліджень показали, що для коректного прогнозування геоекологічного впливу необхідно використовувати геолого-геофізичну, гідродинамічну та тектонічну різномасштабну інформацію.

Список літератури

1. Тяпкин К. Ф. Системы разломов Украинского щита / К. Ф. Тяпкин, В. Н. Гонтаренко. – Киев: Наукова думка, 1990. – 184 с.
2. Екологічний атлас Дніпропетровської області / Л. Зеленська [та ін.] – К. – Д.: Мапа ЛТД, 1995. – 25 с.
3. Білашенко О. Г. Використання інформації щодо розломно-блокової тектоніки для геоекологічного зонування територій / О. Г. Білашенко // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – № 40. – С. 13-18.

*Рекомендовано до публікації д.г.-м. н. Тяпкіним К.Ф..
Надійшла до редакції 22.01.2015*

SEISMIC COHERENCE MEASURE IN PRESENCE OF RESIDUAL TRACE-TO-TRACE TIME DELAY VARIATIONS

В работе после сопоставительного анализа меры когерентности и предполагаемой модели сейсмической записи предложен новый метод оценки когерентности. Метод обеспечивает большую чувствительность когерентности в присутствии остаточных временных сдвигов после учета локального наклона в окне анализа. Он основан на более реалистичной модели сейсмической записи, которая допускает произвольные вариации амплитуды сигнала, дисперсии помехи и остаточных временных сдвигов. Новый метод апробирован на теоретических и реальных данных.

В роботі після порівнювального аналізу міри когерентності та передбачуваної моделі сейсмічного запису запропоновано новий метод оцінки когерентності. Метод забезпечує більшу чутливість когерентності у присутності залишкових часових зсувів після врахування локального нахилу у вікні аналізу. Він ґрунтується на більш реалістичній моделі сейсмічного запису, яка допускає довільні варіації амплітуди сигналу, дисперсії завади та залишкових часових зсувів. Новий метод апробовано на теоретичних та реальних даних.

In the paper after analyzing the relation of coherence to the supposed mathematical model of seismic data, a new method is presented. It makes coherence more sensitive to the presence of residual time delay fluctuations of the signal after removal of its average local dip in the analysis window. The method is based on a more realistic data model that permits arbitrary trace-to-trace variations in signal amplitude, signal time delay and noise variance. The novel method is tested and compared with conventional approaches on synthetic and field data sets.

Introduction. Analysis of seismic attributes is a key element in interpretation of reflection data for various geoscience applications. Attributes used for qualitative and quantitative characterization of wavefields and the objects they represent are increasingly growing in number and variety as advanced computing facilities allow ever more rapid computation and sophisticated visualization. Research in this line develops either by using new attributes or by making simultaneous use of multiple or composite (hybrid) attributes combined through geostatistics or other multiattribute analysis tools. The choice of attributes depends on the target. For instance, reflector dip and azimuth, curvature, and coherence are used to identify and image lateral formation variations and stratigraphic features such as buried river channels, pinch-out, faults and fractures, etc. The choice of attributes depends on the target. For instance, reflector dip and azimuth, curvature, and coherence are used to identify and image lateral formation variations and stratigraphic features such as buried river channels, pinch-out, faults and fractures, etc.

The coherence measure was first suggested by Norbert Wiener in 1930, and since then its theoretical background has been developed and applied to many fields of knowledge, including seismic exploration. Coherence has been largely and successfully used in seismic interpretation. The measure is a useful tool intended for improving images of discontinuities caused by spatial variations in geology, such as structure, stratigraphy, lithology, porosity, and the presence of hydrocarbons. Low-coherence zones associated with small-scale faulting, fracturing, pinch-out, and bur-

ied channels result from destructive interference of reflected and diffracted waves. For several reasons, this effect eludes attenuation by migration which, among other purposes aims at removing diffraction. Thus, discontinuities appear as local lows of seismic amplitude, signal-to-noise (S/N) ratio, and coherence.

Various methods have been devised to measure coherence. They utilize a normalized crosscorrelation between adjacent traces, a multitrace semblance measure, an eigendecomposition of the data covariance matrix, a local structural entropy, higher-order-statistics and supertraces, dip-scanning eigenstructure analysis and supertraces, predictive painting [1-4]. In order to improve the technology, we analyzed the relation of this attribute to the supposed mathematical model of seismic data and presented a new method for calculating coherence [5]. It is based on a more realistic data model that permits arbitrary trace-to-trace variations of signal amplitudes and noise variances.

In the present paper, in order to further improve this method, we generalize the data model by introducing into consideration residual trace-to-trace signal time delay fluctuations within the analysis window. We describe how these time delay fluctuations can be calculated and taken into account when computing coherence. The advanced method is then tested and compared with conventional approaches on synthetic and field data sets.

Purpose. Improvement of coherence measure by development of the modified method which is based on more realistic model of seismic data and is included residual time-delay correction.

Generalized data model. Most if not all of the above methods define coherence as the ratio of the signal energy to the total energy. This implies either direct or indirect signal evaluations and therefore requires a proper mathematical data model to be formulated. Let the data in a sliding window wherein coherence is calculated be given as

$$x_{ik} = a_i s_{k-\tau_i} + n_{ik}, \quad (1)$$

where a_i , τ_i ($i = 1, \dots, M$) and s_k ($k = 1, \dots, N$) are, respectively, the trace-dependent amplitudes, the residual (after removal an average local dip) trace-to-trace variations of time delays and the trace-independent waveform of a signal; M and N are, respectively, the number of traces and the number of samples per trace in the window; n_{ik} is additive noise. The signal is thus assumed to have an identical waveform on each trace, with arbitrary trace-dependent amplitudes and residual time delays. Also, we suppose that n_{ik} is independent of the signal and between channels stationary Gaussian random noise with a zero mean and identical to within a scale factor, the variance σ_i^2 , autocorrelations on different traces. The presence of coherent noise is thus neglected because it is supposed to be pre-subtracted.

Dependence of seismic coherence definition on a prespecified data model. Let us start with the conventional case when the signal time delay variations τ_i are neglected. Depending on the model assumptions, various methods for computing coherence may be appropriate. Consider some of them (Table 1).

If both a_i and σ_i^2 are trace independent, the best (in a least-squares sense) approximation of the signal is the mean of traces, which entails the coherence measure known as semblance [1].

If all a_i are permitted to vary in an arbitrary manner across the traces, which is more geologically meaningful, provided that all σ_i^2 are trace independent, this entails the eigenstructure-based coherence measure [2].

In order to improve the coherence measures still further, we introduced a more realistic data model that permitted arbitrary trace-to-trace variations of both a_i and σ_i^2 . The corresponding method was called generalized (Table 1) and successfully tested on synthetic and field data sets [5,6].

Table 1

Dependence of seismic coherence definition on a prespecified data model			
Signal amplitude	Signal time delay	Noise variance	Method
constant	constant	constant	Semblance (Marfurt et al., 1998)
variable	constant	constant	Eigenstructure-based (Gersztenkorn and Marfurt, 1999)
variable	constant	variable	Generalized (Tyapkin and Mendrii, 2012)
variable	variable	variable	Further generalized (in the present paper)

Figure 1 borrowed from [2] compares horizontal slices through coherency cubes generated by two algorithms (semblance and eigenstructure-based) for a salt dome in the Gulf of Mexico. Sediments around the stock are heavily faulted and fractured. The image of the features obtained using a more complex record model and, correspondingly, eigenstructure-based method instead of semblance-based method, is of a superior quality in terms of noise and resolution. Therefore, it is reasonable to make the record model for coherence computation more sophisticated and realistic.

Theory and method. Since deviations from local planar behavior can be crucial in unraveling complex fault patterns, improving interpretations, and delineating reservoir extent [1,2], it is beneficial to progress to the more general case when the signal time delay variations $\tau(i)$ are considered. To optimally estimate the unknown vectors $\mathbf{a} = (a_1, \dots, a_M)^T$, $\boldsymbol{\tau} = (\tau_1, \dots, \tau_M)^T$ and $\mathbf{s} = (s_1, \dots, s_N)^T$ of equation (1) from the data \mathbf{X} , where T denotes transposition, we adopt the theoretical basis from Tyapkin [7]. He presents statistically and deterministically regularized iterative solutions to the problem. The first of them, which takes into account statistical information about the sought-for quantities, is a maximum a posteriori probability estimate. Since \mathbf{a} , $\boldsymbol{\tau}$ and \mathbf{s} are supposed independent random variables, this solution satisfies the criterion

$$\max_{\mathbf{a}, \boldsymbol{\tau}, \mathbf{s}} \{P(\mathbf{X} | \mathbf{a}, \boldsymbol{\tau}, \mathbf{s})P(\mathbf{a})P(\boldsymbol{\tau})P(\mathbf{s})\}, \quad (2)$$

where $P(\mathbf{X} | \mathbf{a}, \boldsymbol{\tau}, \mathbf{s})$ is the likelihood function, whereas $P(\mathbf{a})$, $P(\boldsymbol{\tau})$ and $P(\mathbf{s})$ are density functions of \mathbf{a} , $\boldsymbol{\tau}$ and \mathbf{s} , respectively.

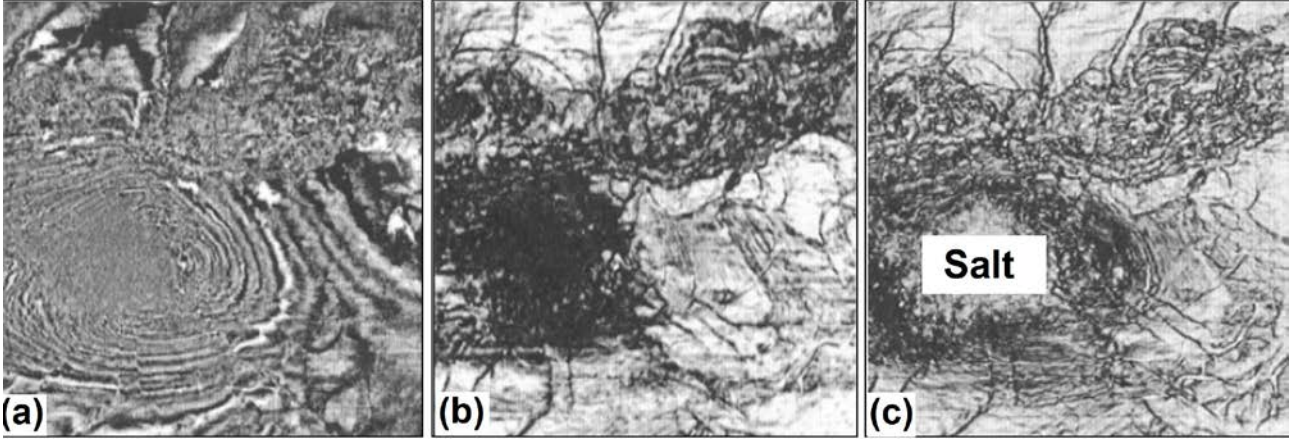


Fig. 1. Horizontal slices through seismic (a) and respective coherence cubes calculated by semblance (b) and eigenstructure-based (c) algorithms borrowed from [2]

It is, however, more convenient for us to use the deterministically regularized solution. It is a maximum likelihood estimator that introduces a priori information about \mathbf{a} , $\boldsymbol{\tau}$ and \mathbf{s} via the technique of convex projections.

Once \mathbf{a} , $\boldsymbol{\tau}$ and \mathbf{s} , have been calculated, any coherence measure from Table 1 can be further improved. This can be done via introducing an additional factor that accounts for the presence of the time delays τ_i . For this purpose, we make use of the ratio of the signal energy after out-of-phase summation ($\tau_i \neq 0$) to that after in-phase summation ($\tau_i = 0$):

$$\left\{ \left[\sum_i a_i \cos(\omega_m \tau_i) \right]^2 + \left[\sum_i a_i \sin(\omega_m \tau_i) \right]^2 \right\} / \left\{ \sum_i a_i \right\}^2, \quad (3)$$

where ω_m is the most energetic frequency. Note this implies that the signal is of narrow band.

For semblance, which implies that a_i are trace independent, expression (3) turns into

$$M^{-2} \left\{ \left[\sum_i \cos(\omega_m \tau_i) \right]^2 + \left[\sum_i \sin(\omega_m \tau_i) \right]^2 \right\}. \quad (4)$$

Hereafter, these coherence measures are referred to as *modified*. Note that when the additional factor equals unity, i.e. τ_i are neglected, the modified attributes turn into conventional ones.

Synthetic data experiments. To demonstrate the merits of the new method, one of the simplest coherence measures, semblance, is chosen for comparing with its modified analogue. In the first experiment, the results of which are shown in Figure 2, we create a synthetic seismic image of 31 traces and a 1 ms sampling rate. The signal waveform is chosen identical for all the traces and modeled as a zero-mean stochastic process convolved with a 20 Hz Ricker wavelet. The signal is aligned all over the image except for the central 10 traces delayed in time in a saw-like manner (± 7 ms) (Fig. 2a). For simplicity, no random noise is added to the signal. In this test, a sliding window of $M = 5$ and $N = 100$ is used. Figure 2b shows that modified semblance reacts much more intensely and abruptly to the presence of the anomalous interval than conventional semblance does.

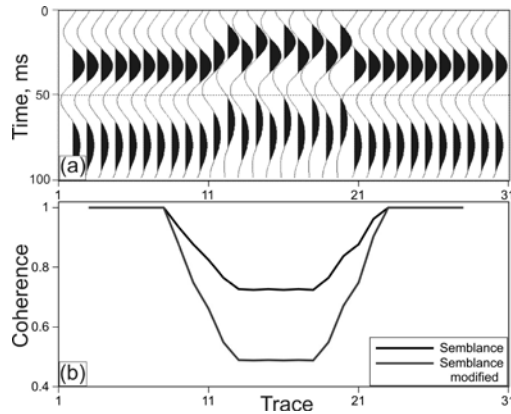


Fig. 2. Synthetic seismic image (a) and comparison between semblance and modified semblance determined from this image (b)

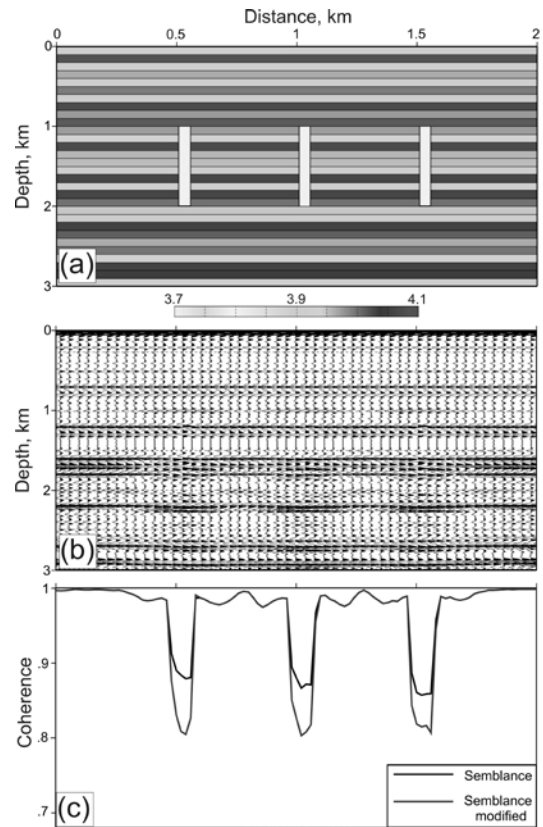


Fig. 3. Depth-velocity model with a color velocity scale in km/s at the bottom (a), depth-migrated image (b), and comparison between semblance and modified semblance determined from this image (c)

The merits of the modified coherence measure are also demonstrated in Figure 3 on a synthetic data set obtained using 2-D finite-difference modeling software of Tesseral Technology Inc. We run the software with the depth-velocity model shown in Figure 3a. This model consists of horizontal layers with random velocities evenly distributed between 3.9 and 4.1 km/s. Also, one can see three vertical zones mimicking fracture corridors of height 1 km, width 50 m and velocity 3.7 km/s. After depth migration, the image from Figure 3b was obtained. To derive semblance and modified semblance shown in Figure 3c, a sliding window of $M = 5$ and $N = 100$ centered at the image middle is used. Both types of coherence demonstrate three intervals of relatively low values, which coincide reasonably well with the low-velocity vertical zones in Figure 3a. However, as well as in the previous test, the response of modified semblance to the presence of the anomalous zones is much more intense and abrupt than that of conventional semblance.

Field data experiment. The new (further generalized) method was compared with its precursor (Table 1) on 3-D seismic data from the Krasnolimanska coalfield in the Donets Basin. Both coherence cubes were derived with pre-compensation for reflector dip. Figures 4a and 4b present portions of stratigraphic slices through both cubes at the level of the l_3 coal seam, currently the most productive seam of the Krasnolimanska coalmine. This mine is among the most dangerous in Ukraine due to methane concentrations which can lead to explosions. On May 23, 2008, a disaster caused by a methane explosion happened when mining the l_3 coal seam. The location of this fatal accident, marked with a star, coincides

with a NW-SE trending zone of low-coherence lineations. This zone can be associated with a set of subtle strike-slip faults parallel to the zone trend and show in Figure 4. This strike-slip faulting can be considered a concentrator of fractures, which are possible Riedel shears, containing methane. One of such fracture swarms is encountered in the mine just at the accident point. A careful review of both coherence slices shows that an echelon structure of discontinuities, most pronounced on the curvature slice (Fig. 4d), is highlighted and more easily recognized after using the modified coherence measure. The explanation lies in this attribute being ‘strengthened’ by accounting for residual time delay variations (Fig. 4c). Interesting anomalies highlighted by the modified attribute are seen at the upper right corner. This feature is worthy of further investigation.

Conclusions. We have presented a new method for improving seismic coherence measures that makes them more sensitive to the presence of residual time delay fluctuations of the signal after removal of its average dip in the analysis window. The method is based on a more realistic mathematical model of seismic data that permits arbitrary trace-to-trace variations in signal amplitude, signal time delay and noise variance. The new method has been tested on synthetic and field data sets.

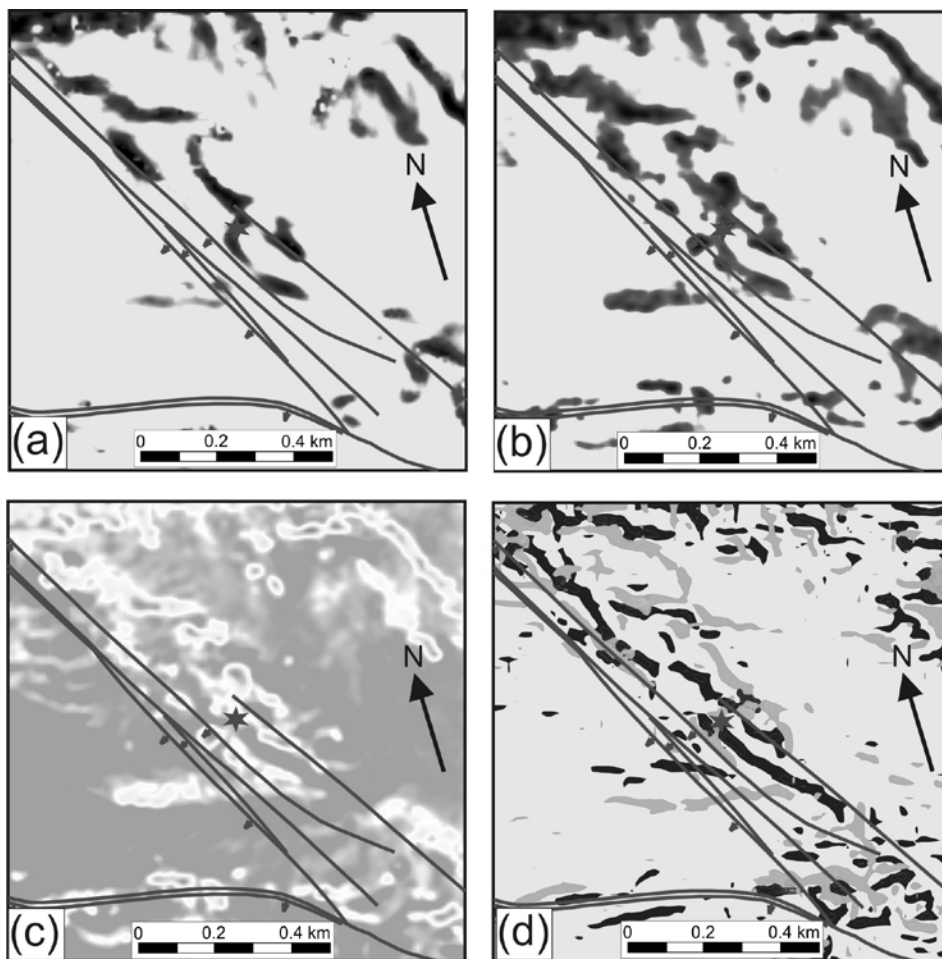


Fig. 4. Stratigraphic slices through cubes of coherence (a), modified coherence (b), factor that accounts for time delay variations (c) and curvature (d) at the level of the l_3 coal seam in the Krasnolimanska coalfield. The last slice depicts most negative curva-

tures in black and most positive curvatures in grey. Subtle strike-slip faults outlined after mining and drilling are shown as lines

Bibliography

1. Karimi P. Predictive coherency / P. Karimi, S. Fomel // 83rd SEG Meeting: Expand. Abstr. – 2013. – P. 1492-1497.
2. Мендрий Я.В. Развитие технологии расчета когерентности на основе усовершенствованных моделей сейсмической записи / Я.В. Мендрий, Ю.К. Тяпкин // Геофизический журнал. – 2012. – № 3. – С. 102–115.
3. Tyapkin Y. Improved measure of seismic coherence using a more realistic data model / Y. Tyapkin, I. Mendrii // 74th EAGE Conference & Exhibition: Expand. Abstr. – 2012. – P085, CD.
4. Tyapkin, Y.K. Optimized estimates of a complicated model of the multichannel seismic record with statistic and deterministic regularization / Y.K. Tyapkin // Russian Geology and Geophysics – 1994. – № 1. – P. 109–115.

*Рекомендовано до публікації д.г.-м. н. Тяпкіним К.Ф..
Надійшла до редакції 22.01.2015*

УДК 555.574:553.96

© В.С. Савчук, В.Ф. Приходченко, Д.В. Приходченко, Е.А. Сдвижкова

ОСОБЕННОСТИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕННОСТИ УГЛЕЙ БАШКИРСКОГО ЯРУСА ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

В статье приведена детальная петрографическая характеристика углей башкирского яруса Западного Донбасса. Проведена классификация по восстановленности в соответствии с петрографическими типами. Установлены стратиграфические и площадные закономерности изменения степени восстановленности

У статті наведена детальна петрографічна характеристика вугілля башкирського ярусу Західного Донбасу. Проведена класифікація відновленості, згідно з петрографічними типами. Встановлені стратиграфічні та просторові закономірності зміни ступеню відновленості.

The article gives detailed petrographic characteristics of coal of Bashkirian formation of Western Donbas. The classifications for recovery in accordance with petrographic types are given. The stratigraphic and areal patterns of change in the degree of recovery are established.

Вступление. В Украине запасы высококачественного угля на относительно незначительных глубинах практически исчерпаны. К отработке постепенно будут привлекаться поля шахт с более низкосортным углем. Возможность расширения сырьевой базы Украины возможно за счет ввода в эксплуатацию угля Лозовского района.

На сегодняшний день, приобретает актуальное значение всестороннее комплексное изучение и системное обобщение показателей состава и качества угля Лозовского района, установление их генетических особенностей, определения стратиграфических и латеральных закономерностей их изменения, с по-

следующим определением рациональных направлений использования угля за новыми чистыми технологиями.

Цель работы – выявление стратиграфических и площадных особенностей и закономерностей изменения степени восстановленности углей башкирского яруса Лозовского района Западного Донбасса.

Изложение основного материала. На север от угленосных отложений нижнего карбона Западного Донбасса выделен Лозовской угленосный район. На небольшой глубине (140-775м.) сосредоточены значительные запасы (7,8 млрд.т.) каменных углей низкой стадии углефикации. Актуальным является вопрос их рационального использования в промышленности. С переходом к технологиям глубокой комплексной переработки требуются более детальные углепетрографические исследования углей, выяснение их генетических особенностей, которые учитываются при формировании сырьевой базы химической переработки углей. Такие исследования имеют не только практические, но и теоретическое значение [1].

Промышленные угольные пласты башкирского яруса распространены преимущественно в южной части Лозовского угленосного района.

Промышленное значение в свите C_2^1 имеют пласты f_0^7 и f_1^3 . Наибольшим площадным распространением характеризуется пласт f_0^7 .

Микроскопически уголь пласта f_0^7 гумусовый, преимущественно клареновый, реже дюрено-клареновый. Гелифицированное вещество в проходящем свете красновато-бурого цвета, реже буро-оранжевого и красного цвета. Преобладают структурные фрагменты – структурный витрен, кsilовитрен и комковатая основная масса. Редкие линзы витрена невыдержанны по мощности. Они обычно с желтоватым оттенком и сохраняют клеточное строение. Встречаются гелифицированные фрагменты полости клеток, которых заполнены желтым веществом. Стенки клеток сплюснуты и вытянуты по наслоению. Иногда внутри линз витрена встречаются овальные гелифицированные тела невыясненной природы. Относительно редко присутствуют крупные линзы витрена со слабо выраженным клеточным строением. Для них характерна неоднородность, пятнистость в цвете. Кроме этих разностей витрена встречаются более мелкие его фрагменты с хорошо выраженным паренхимным строением. Такие витрены часто оконтурены кутикулой. Чем меньше фрагмент витрена, тем лучше сохранность кутикулы. Редко встречается кsilовитрен. Прозрачная основная масса представлена комковатым веществом остудневания листовой паренхимы. Наряду с паренхоаттритом присутствует витроаттрит.

Фюзенизированные компоненты встречаются в небольшом количестве в виде линзочек витренофюзена и в виде линз структурного фюзена. Присутствуют как мелкоклеточные, так и крупноклеточные их разности, часто с нарушенным клеточным строением. Встречаются фюзенизированные ткани с клеточным строением, которые оконтурены кутикулой. В небольших количествах встречается склеротинит.

Из кутинизированных элементов в угле отмечается небольшое количество микроспор, кутикулы и макроспор. Встречаются единичные микро- и макроспорангии преимущественно плохой сохранности. Крупные макроспоры встре-

чаются редко. Кутикула преимущественно тонкостенная, реже кутикула среднестенная. Нередко они залегают под углом к напластованию. В небольших количествах присутствуют вытянутые смоляные тела соломенно-желтого цвета. Кутинизированные элементы сильно раздроблены, частично до аттрита. Цвет их преимущественно оранжево-желтый.

По структуре гелифицированного вещества уголь пласта f_0^7 относится к восстановленному типу «бв–в» [2]. Присутствие буро-красных и буро-оранжевых оттенков у мацералов группы витринита позволяет предположить о наличии слабой первичной окисленности углей [3-5] (Таблица 1).

В разрезе свиты C_2^2 количество угольных пластов в свите достигает 11, однако рабочую мощность 0,60–2,10м имеют пласты, g_1^3 , g_1^2 , g_1 .

Уголь пласта g_1 микроскопически гумусовый, клареновый. Сложен в основном полосами витрена шириной 1000-2000, реже до 4000 мкм которые переслаиваются с гетерогенными полосами кларена, реже дюрено-кларена. Гетерогенные слои сложены переслаивающимися тонкими фрагментами витрена и небольшого количества фюзенизированных и липтинитовых компонентов. Витринит однородный, в отдельных слойках слабо комковатый и комковатый. Цвет его красновато-буроватый, красноватый. Отдельные витринитовые комочки имеют красновато–оранжевый цвет. В наиболее однородных углях остатки витринизированных растительных тканей настолько сильно изменены, что потеряли признаки первоначальной структуры и в шлифах едва обнаруживают контуры крупных фрагментов. В отдельных слойках наблюдаются витринизированные образования – тела округло-угловатых, линзовидных и линзовидно-угловатых очертаний. Эти тела бесструктурные. Встречаются они как изолированно, так и скоплениями внутри витреновых фрагментов. Выделяются среди других компонентов резкими очертаниями, однородностью и плотностью вещества, повышенным рельефом. Для пласта характерно наличие листовой паренхимы, обычно фрагменты мелкие, часто окаймлены тонкой кутикулой. Листовая ткань характеризуется различной, преимущественно плохой степенью сохранности.

Таблица 1

Петрогенетическая характеристика углей башкирского яруса Западного Донбасса

Свита	Петрографический состав, %				Петрографический тип углей (по классиф. ВСЕГЕИ)		Тип углей по восстановленности	
	Vt+sv	I	L	ΣОК	Класс	Подкласс	Участвующих в сложении пластов	Преобладающий
C_2^4	74.8	15.5	9.7	16.2	Гелитолиты	Гелиты 31 %	а, аб, аб-в, б, бв-в	а-аб
						Гелититы 69 %		
C_2^3	87.7	7.1	5.2	8.6		Гелиты 96,2%	а, аб, аб-б, б, бв-в	аб-б
						Гелититы 3,8%		
C_2^2	89.9	5,8	4,3	7,1		Гелиты 99,4%	а-аб, б, бв-в	б
						Гелититы 0,6%		
C_2^1	88.5	6.0	5,5	7.0		Гелиты 100 %	бв-в	бв-в
По району	85,3	8,5	6,2	9,7		Гелиты 81,6%		
					Гелититы 18,4%			

Фюзенизированные, реже слабофюзенизированные ткани встречаются в форме отдельных линзовидных включений. Клеточная ткань в фюзенене всегда сохраняется в целостном виде. В отдельных линзочках наблюдается постепенный переход от кsilовитрена к семивитренофюзену.

Группа липтинита довольно разнообразная. Однако их количество в угле незначительно. Чаще всего они представлены раздробленными обломками микро и макроспор. Отмечаются единичные макроспоры с экзиной средней величины, иногда с остатками периспория. Встречаются микроспорангии линзовидной, реже полосовидной формы. В небольшом количестве встречаются кутикула и смоляные тела. Цвет компонентов группы липтинита оранжевато-желтый, желтый.

По степени восстановленности уголь относится на западе к типу «а-аб», а на востоке к «б».

Микроскопически уголь пласта g_1^2 клареновый. Представлен чередованием витреновых фрагментов с гетерогенными слоями, представленными тонковолокнистым, атритовым витринитом и небольшим количеством фюзенизированных и кутинизированных компонентов.

В составе группы витринита присутствуют стеблевые и листовые ткани растений, нередко с реликтами их структуры. Для углей пласта характерно однородное вещество с сильно преобразованными гелифицированными остатками растительной ткани со слабым сохранившимся клеточным строением и не имеющих четких контуров крупных фрагментов. Окраска витринита неравномерная, пятнистая. Даже в одном фрагменте отмечаются участки более светлого буроватого и участки коричневатого-красного цвета. В витреновых фрагментах и гетерогенных слоях отмечаются витринизированные тела округло-угловатых и линзовидных очертаний.

Фюзенизированные ткани присутствуют в небольшом количестве. Они встречаются в виде тонких линзочек. Представлены они кsilовитрено-фюзеном, фюзеном, семиксилитрено-фюзеном, атритом. Преобладает фюзенизированный атрит и кsilовитрено-фюзен в виде тонких волокнистых фрагментов, вытянутых в горизонтальном направлении. В отдельных фрагментах прослеживается постепенный переход от слабо фюзенизированных участков к более фюзенизированным.

Из липоидных компонентов преобладает липоидоатрит, тонкие микроспоры штрихообразной формы, реже микроспоры. Встречаются микроспорангии, их обрывки, реже целые сорусы. Мегаспоры широкого распространения не имеют. Мегаспорангии присутствуют в незначительном количестве. Цвет липоидных микрокомпонентов желтый, но нередко встречаются мегаспоры и мегаспорангии оранжевого цвета. Реже встречается тонкая кутикула, часто окаймляющая витреновые фрагменты листовой паренхимы. В небольших количествах присутствуют смоляные тела.

Уголь маловосстановленный типа «а». Лишь по отдельным скважинам он относится к переходному типу «аб».

Уголь пласта g_1^3 гумусовый и представлен клареном смешанного состава. Витринит атритово-фрагментарный, комковатый, реже однородный. Довольно

часто встречаются витреновые фрагменты с частично сохранившейся структурой растительной ткани. Паренхимные ткани окаймлены кутикулой. Переход от однородных к комковатым участкам постепенный. Цвет витринита буровато-красный. Отмечается неравномерная окраска в витреновых фрагментах.

Из фюзенизированных компонентов преобладает атрит. Он представлен чаще всего ксиовитрено–фюзеном, реже семиксиленовитрено–фюзеном. Липоидные не имеют широкого распространения и представлены липоидоаттритом, редко микроспорами штрихообразной формы. В небольших количествах присутствуют макроспорангии с тонкой кутинизированной оболочкой и смолоподобные тела. Все кутинизированные элементы, за исключением макроспор, лимонно-желтого цвета. Макроспоры, как правило, красноватые.

По степени восстановленности уголь переходного типа «б», больше тяготеющий к восстановленному типу «бв–в».

Свита C_2^3 содержит до 8-10 угольных пластов и прослоев. Основными рабочими пластами свиты являются h_2 , h_5 h_{10} .

Микроскопически уголь пласта h_2 гумусовый с редкими прослоями сапропелевых разностей. Уголь клареновый, с участками дюрено–кларена и полосами витрена. Витрены чаще бесструктурные, без четких границ. Цвет их буровато-красный. В отдельных полосках витреноструктурный. В кларене преобладают стеблевые тонковолокнистые гелифицированные ткани. Встречаются микрослойки слабокомковатого и комковатого витринизированного вещества красновато-оранжевого цвета. В небольших количествах наблюдаются витринизированные тела линзовидной и неправильно-линзовидной формы. Они выделяются повышенным рельефом, плотностью и однородностью. В единичных прослойках встречаются тонкие линзовидные фрагменты, оконтуренные тонкой кутикулой.

Фюзенизированные, реже слабофюзенизированные ткани чаще мелкопористые, но встречаются их фрагменты с крупными полостями клеток. Группа инертинита представлена мелкими линзами ксиовитрено–фюзена, семиксиленовитрено–фюзена, фюзенизированным аттритом. Следует отметить наличие фюзенизированных тел неправильной полуокатанной формы залегающих под углом к напластованию и наличие фрагментов с различной степенью фюзенизации.

Липоидные компоненты представлены широко, но в небольшом количестве. В основном это мелкий аттрит, в виде оболочек микроспор и обрывков кутикулы, реже микроспоры, мегаспоры, микроспорангии. Цвет липоидных желтый. Микроспорангии полосовидной формы наблюдаются как в одиночку, так и скоплениями. В небольших количествах присутствует тонкостенная кутикула.

Степень восстановленности углей пласта h_2 изменяется от типа «а» к типу «аб–б», реже «бв». В целом уголь относится к типу «аб–б».

Микроскопически уголь пласта h_4 клареновый, с участками ультракларена. Представлен он неравномерным переслаиванием широких полос витрена и гетерогенных прослоев. В гетерогенных прослойках витринит тонкослоистый, фрагментарный и аттритовый. Фрагменты витрена имеют различную степень сохранности. Чаще всего витринит превращен в однородную, реже – в комковатую массу. В небольших количествах присутствуют паренхимные ткани. Витринит бурого и красновато-бурого цвета, реже красноватого.

Группа фюзенизированных микрокомпонентов представлена небольшим количеством крупных линз структурного фюзена, редкими линзами ксилофюзена, семифюзена, мелкими обрывками и аттритом.

Микрокомпоненты группы липтинита не имеют широкого распространения. Приурочены они к гетерогенным прослойкам и распространены крайне неравномерно. Кутикула иногда окаймляет крупные витреновые и кsilовитреновые фрагменты, но чаще приурочена к гетерогенным прослойкам, где залегает в виде обрывков и мелкого аттрита. В значительном количестве, в виде линзовидных образований различной величины, присутствуют смоляные тела. Макроспоры оранжевого цвета, микроспоры, как правило, несколько светлее, а смоляные тела светлее всех других липоидных компонентов.

Витринит угля в пласте значительно изменен и по степени его преобразования уголь относится к маловосстановленному типу «а», несколько тяготеющему к переходному «а–аб». В отдельных слоях встречается уголь типа «б», «бв».

Микроскопически уголь пласта h_{10} клареновый с участками дюрено-кларена. Полосы и фрагменты витрена, как правило, красновато-бурого цвета со следами клеточного строения. Иногда полости инкрустированы более темным гелифицированным веществом. Часто окраска витринита неравномерная, пятнистая. Встречаются овальные гелифицированные тела невыясненной природы. В гетерогенных слоях витриниткомковатый, часто раздробленный до аттрита. Нередки участки витринита представляющие собой остатки паренхимной ткани.

Фюзенизированные ткани неравномерно рассеяны в витрините в виде мелких обрывков, аттрита, реже встречаются крупные линзы структурного фюзена и ксилофюзена. В слоях дюрено-кларена наблюдается повышенное содержание непрозрачной основной массы. Паренхима в таких слоях присутствует в виде обрывков темно бурого цвета. Среди гелифицированных компонентов преобладают стеблевые ткани. Крупные линзы витрена в дюрено-кларене чаще бесструктурные и с нечеткими краями.

Группа липтинита представлена кутикулой, мега и микроспорами, мега и микроспорангиями, липоидным аттритом. Кутикула чаще всего тонкая, гладкая, в виде обрывков различной величины. Чаще всего она окаймляет витреновые фрагменты. Встречаются микро и мегаспорангии, их обрывки. В значительном количестве присутствуют овальные смоляные тела различной длины. Иногда они залегают под углом к напластованию. Цвет их лимонно желтый. Макроспоры в основном оранжево-желтого цвета, а микро и макроспоры – желтого. По типу восстановленности уголь пласта изменчив от типа «а–аб» до типа «б–бв». По мощности пласта тип восстановленности изменяется в небольших пределах.

В отложениях свиты C_2^4 , зафиксировано 10 угольных пластов и прослоев, из которых два пласта i_1^5 и i_3 имеют рабочую мощность.

Пласт i_1^5 сложен в основном полублестящим тонко и неравномерно-полосчатым углем с мелкими линзами фюзена. Местами наблюдаются переходы к полуматовому углю. Полублестящие угли клареновые и дюрено-клареновые, как споровые, так и смешанные спорово-фюзеновые. Вещественный состав в целом дюрено-клареновый с содержанием компонентов группы витринита 71%, инертинита – 14%, липтинита – 12%.

По восстановленности уголь пласта относится к переходному типу «б» и «аб».

Уголь пласта i_3 микроскопически клареновый с прослойками ультракларена. Сложен уголь тонкополосчатым витреном и гетерогенными прослойками. Витринит однородный, местами слабокомковатый. Цвет его красновато-бурый. Гелифицированное вещество преимущественно слабо структурное.

Компоненты группы инертинита представлены неравномерно расположенными мелкими и крупными линзами фюзена.

Липтинитовые компоненты представлены штрихообразными микроспорами, небольшим количеством макроспор, значительным содержанием смоляных тел, особенно в верхней части пласта, тонкой и клеточной кутикулой. Чаще всего встречаются мелкие фрагменты кутинизированных элементов и их атрит. Цвет их оранжево-желтый.

По типу восстановленности уголь тяготеет к маловосстановленному – «а», и «аб», в верхней части пласта переходный – «аб–б». Отдельные слои угля относятся к типу «б–бв» и даже «бв–в».

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Степень восстановленности углей данного района контролируется количеством паренхимных тканей и органов спороношения;
2. По степени восстановленности уголь пластов весьма разнообразный, от маловосстановленного типа до восстановленного типа.
3. В стратиграфическом разрезе, от пластов нижних свит к пластам верхних свит, степень восстановленности уменьшается;
4. Уменьшение степени восстановленности в стратиграфическом разрезе сопровождается увеличением разнообразия генетических типов углей по восстановленности участвующих в сложении угольных пластов;
5. По площади распространения пластов с запада на восток степень восстановленности увеличивается.

Список литературы

1. Ресурси твердих горючих копалин України на 01.01.2001 р. – Київ, 2001 – 115 с.
2. Петрография углей СССР. Основы петрографии углей и методы углепетрографических исследований. – Л.: Недра, 1982. – 191с.
3. Дроздник И.Д., Шульга И.В. О квалифицированном использовании малометаморфизованных углей/ И.Д. Дроздник, И.В Шульга //Збагачення корисних копалин. – 2009. – Вип.36(77) – 37(78). – С.56-59
4. Еремин И.В. Марочный состав углей и их рациональное использование/ И.В. Еремин, Т.М. Броновец. – М.: Недра, 1994. – 254с.
5. Еремин И. В., Лебедев В. В., Цикарев Д. А. Петрография и физические свойства углей. – М., Недра, 1980. – 263с.

*Рекомендовано до публікації д.г.-м. н. Тяпкіним К.Ф.
Надійшла до редакції 22.01.2015*

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПИСЬМЕННЫХ ПЕГМАТИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «БАЛКА БОЛЬШОГО ЛАГЕРЯ» (ЗАПАДНОЕ ПРИАЗОВЬЕ)

Установлено, что пегматиты месторождения «Балка Большого Лагеря» имеют широкий спектр декоративных разновидностей, что позволяет использовать их в сувенирной и ювелирной отраслях, но из-за высокой степени трещиноватости ограничивает применение в архитектуре. Результаты предварительных расчетов показывают, что стоимость месторождения с декоративным пегматитом повышается в разы.

Встановлено, що пегматити родовища «Балка Великого Табору» мають широкий спектр декоративних різновидів, що дозволяє використовувати їх в сувенірній та ювелірній галузях, але з-за високого ступеня тріщинуватості обмежує застосування в архітектурі. Результати попередніх розрахунків показують, що вартість родовища з декоративним пегматитом підвищується в рази.

Written pegmatite use in architecture, souvenirs and jewelry industry. However, its use is not wide enough and the world resources allow. Pegmatite deposits «Balka Bolshogo Lagerya» has a wide range of decorative varieties, bit because of the high degree of fracturing may not be used on the architecture. The value of the field “Balka Bolshogo Lagerya” with regard to decorative pegmatite increased 9.9 times.

Введение. Пегматит (англ. *pegmatos* – скрепление, связь) – один из красивейших камней, обладающий неповторимым, уникальным и хорошо узнаваемым рисунком. По выражению академика А.Е. Ферсмана: «В таинственных деталях иероглифов письменного гранита кроются вопросы большого значения для кристаллографии... Но таинственность уже снята с них; надо только скомбинировать прочтенные буквы в слова, вникнуть в смысл длинных рядов этих слов и постепенно прочесть в каменных иероглифах новые законы природы» [1].

В античные времена «надписи» на пегматите считали божественными, позднее – древней письменностью. Но знаки оказались «алфавитом» природы, который и ныне пытаются расшифровать ученые.

В начале XX в., когда египетские письмена еще не были расшифрованы, геологи писали, что знаки графического пегматита и египетские письмена – просто минеральные образования, игра сил природы. Настолько похожими оказались иероглифы людей и природы.

Традиционно письменный пегматит используется в качестве поделочного камня для изготовления подставок, шкатулок, столешниц, декоративной гальки. Однако в настоящее время интересны и необычны способы использования пегматитов и в оформлении интерьеров. Вместе с тем украинский письменный пегматит не присутствует на рынке и не добывается как камнесамоцветное сырье.

Результаты исследований. Украина обладает колоссальными запасами пегматита. На ее территории выявлено 18 пегматитовых полей, которые в ос-

новном изучены касательно керамического сырья. Одно из таких полей – Елисейское – находится в Восточной Украине в Приазовском блоке Украинского щита. Оно включает такие известные месторождения, как «Зеленая Могила» (отработано и законсервировано) и «Балка Большого Лагеря». Последнее месторождение находится в стадии разработки касательно керамического сырья. Некоторые декоративные характеристики рассматриваемых письменных пегматитов приведены в работах [2], однако экономическая оценка этому месторождению не дана: оно не определено как товар.

По данным Харьковской ГРЭ «Южукргеология», общие запасы письменных пегматитов составляют 5152 м^3 , что соответствует 12880 т ($5152 \text{ м}^3 \cdot 2,5 \text{ т/м}^3$), в том числе $1717,3 \text{ м}^3$ пегматита с графической текстурой (соответственно 4292500 кг , так как камнесамоцветное сырье определяется в килограммах).

Если взять минимальную стоимость пегматита на мировом рынке $1\$/\text{кг}$, тогда стоимость письменного пегматита месторождения «Балка Большого Лагеря» составит $4292500 \text{ \$}$. Следовательно, стоимость керамического сырья ($3434,7 \text{ т} \cdot 50 (\text{\$/т}) = 42933,5 (\text{\$})$) ниже стоимости декоративных пегматитов почти в 10 раз ($4292500:42933,5=9,9$). Нужно заметить, что это приблизительные расчеты, необходимые для понимания важности самого направления, на которое геологи часто не обращают внимания.

Стоимость высококачественного графического пегматита на мировом рынке значительно выше чем $1 \text{ \$}$. Известно, что стоимость сырья в изделии составляет 5–10% от его общей стоимости, то есть характерна прямая зависимость – чем выше стоимость изделия, тем выше стоимость сырья. На рынке наблюдается самый разнообразный спектр изделий – от простых до высокохудожественных. К простым относится декоративная галька, для изготовления которой не требуется высокого мастерства и таланта. Это чисто технологический процесс, включающий использование галтовочного барабана и абразивно-полировочного материала. Спрос на данный вид товара зависит от качества полировки и наличия графики, а точнее – ее схожести с древнееврейскими или арабскими письменами. Стоимость такого вида изделий составляет от $0,5$ до $1,0 \text{ EUR/г}$. Соответственно стоимость одного килограмма будет составлять 500 – 1000 EUR , а стоимость сырья – 50 – 100 EUR/кг . При этом выход пригодного сырья для данного вида изделий, по самому худшему сценарию – 80%. Если посчитать стоимость месторождения с учетом стоимости готовых изделий, то она увеличивается в разы по сравнению с вышеприведенной.

Главным критерием оценки качества письменного пегматита выступает его текстурный рисунок, а именно ихтиоглипты кварца и их характеристики – размер, форма, ориентировка в поле шпата, четкость контуров и схожесть рисунка с древнееврейскими и арабскими письменами. *Размер ихтиоглиптов* кварца – важный критерий для пегматитов, влияющий на область их применения. Так, ихтиоглипты размером свыше 20 мм не имеют должного эстетического эффекта в малогабаритных изделиях. Пегматиты с мелкой графикой полностью теряются в крупногабаритных. Наиболее хорошо воспринимаемый размер ихтиоглиптов – 5 – 15 (мм.) .

По размеру ихтиоглипты кварца в пегматитах месторождения «Балка Большого Лагеря» подразделяются на 4 группы: крупные – 30–15 мм, средние – 5–15 мм, мелкие – 3–5 мм, точечные – 3 мм и меньше.

Форма ихтиоглиптов. Больше всего привлекают внимание ихтиоглипты, рисунок которых похож на арабские и еврейские письмена. В настоящее время существует мнение, что в основу арабской письменности положена именно форма ихтиоглиптов кварца, хотя это только предположение. Морфологические типы кварцевых ихтиоглиптов, согласно классическим представлениям [3], подразделяются на: пластинчатые, стержневые, глобулярные, спиральные (рис.1).

Переход от одного типа ихтиоглиптов к другому меняется даже в пределах одного образца. Чаще всего это происходит в сторону уменьшения количества ихтиоглиптов до полного их исчезновения.

Ориентировка ихтиоглиптов в минерале-хозяине создает соответствующий эффект упорядоченности (схожесть с письменами), которая определяется как кристаллической решеткой полевого шпата, так и кварца.

В связи с этим выделяют четыре группы пегматитов:

- 1) от 90 до 100% ихтиоглиптов кварца ориентированы по определенным направлениям в полевоом шпате;
- 2) ориентировано 60–90 % ихтиоглиптов;
- 3) ориентировано 30–60 % ихтиоглиптов.
- 4) ихтиоглипты не ориентированы.

Контрастность ихтиоглиптов зависит от цвета кварца и четкости границ с полевым шпатом. По цвету различают темно-серый (морион) и светло-серый кварц.

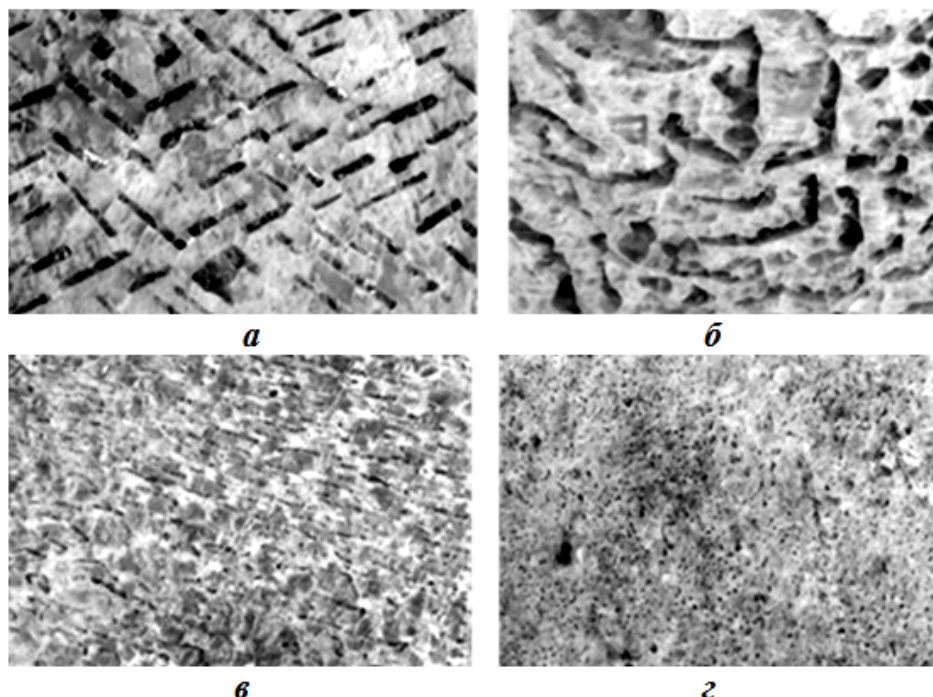


Рис.1. Морфологические типы ихтиоглиптов кварца:
а – пластинчатые; б – спиральные; в – стержневые; г – глобулярные.

Они, как правило, находятся в разных соотношениях в пределах одного ихтиоглипта. Кроме того, наблюдается и определенная закономерность: чем больше темно-серого кварца, тем контрастней рисунок и наоборот.

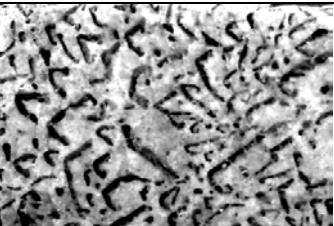
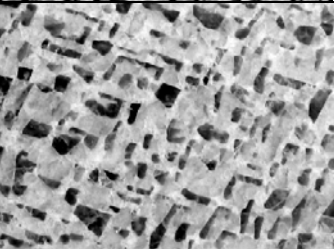
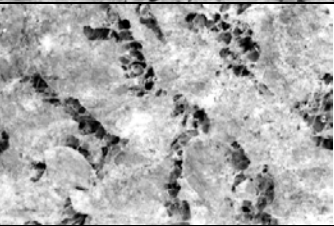
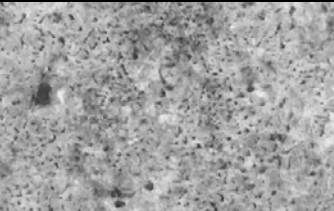
На контрастность рисунка также влияет и цвет полевого шпата, который варьирует от бежевого (палевого) до коричневого. Наибольшую контрастность создает бежевый цвет. Коричневый цвет с красным оттенком, как наиболее активный, частично скрадывает серый цвет ихтиоглиптов кварца.

Четкость границ между кварцем и минералом-хозяином зависит и от размера ихтиоглиптов. Этот критерий характеризуется обратной зависимостью: чем больше размер выделений кварца, тем он менее контрастен. Разность в четкости границ наблюдается в пределах даже одного ихтиоглипта, что объясняется механизмом роста кварца и полевого шпата.

Обсуждение. Полученные результаты позволили выделить 4 сорта письменных пегматитов с учетом типоморфных особенностей ихтиоглиптов кварца (табл. 1).

Таблица 1

Сортовые группы пегматитов

Сорт	Общий вид	Краткая характеристика пегматита
1		Ихтиоглипты размером до 10 мм, имеют форму, напоминающую древнееврейские и арабские письмена (спиралевидная). Цвет полевого шпата – бледно-желто-оранжевый.
2		Ихтиоглипты размером до 7 мм, имеют пластинчатую форму. Цвет полевого шпата – розово-красный с бледно-желто-оранжевыми оттенками.
3		Ихтиоглипты размером до 40 мм и больше, имеют размытые (нечеткие) границы. Цвет полевого шпата – розово-серый.
4		Игольчатые ихтиоглипты размером до 3 мм

Данные сортовые группы пегматитов позволяют осуществлять добычу уже товарного пегматита.

Добыча керамического сырья на месторождении «Балка Большого Лагеря», как известно, ведется открытым способом с помощью буровзрывных работ. Технология

добычи ориентирована на максимальное внесения дефектов в горный массив, что отрицательно сказывается на качественных характеристиках письменного пегматита.

Так как месторождение оценено как источник керамического сырья и утверждена технология добычи, то способ отбора декоративного пегматита должен осуществляться с учетом существующей технологии. В этом случае возможен только селективный отбор декоративных разновидностей пегматитов, который не нарушает и не мешает добыче основного полезного компонента.

Отобранный материал накапливается в отведенных местах для временного хранения, где происходит укладка образцов в ящики, их маркировка и складирование. При этом стоимость добычи сводится к отбору камней и их сортировке, что составляет 1–2% от стоимости товарного пегматита.

Технологические (дизайнерские) решения подразделяются на стандартные, новые (оригинальные для данного времени, ситуации) и авторские. Все вместе они способствуют успешному продвижению письменного пегматита на мировой рынок, так как на рынке всегда есть место традиционным изделиям с хорошим качеством обработки, а тем более – новым и оригинальным. Например, в последнее время появились просвечивающиеся элементы интерьера из письменного пегматита, которые усиливают декоративные достоинства камня – графический рисунок. Эффект достигается с помощью тонких пластин 2 – 3 мм, где ихтиоглипты кварца частично или полностью пропускают свет. Это технологическое решение нашло применение и в других видах продукции – светильниках в виде ночников. Поэтому данное решение (изготовление тонких пластин) расширило возможность применения письменного пегматита и повысило его стоимость.

Несмотря на то что пегматит относится к разряду недорогих камней, он используется и в ювелирных изделиях. Но к такому камню выдвигаются достаточно жесткие требования:

- схожесть рисунка с еврейскими и арабскими письменами;
- контраст рисунка и четкие границы кварца с полевым шпатом;
- зеркальная полировка; наличие поверхности без единого изъяна и трещин;
- размер ихтиоглиптов кварца в диапазоне 5–7 мм.

Пегматиты такого качества высоко ценятся на мировом рынке и относятся к ювелирным разновидностям.

Разработка технологических (дизайнерских) решений требует от дизайнера знаний не только в сфере декоративно-прикладного искусства, но и знания законов формообразования природного камня и, в частности, письменных пегматитов. Так, рисунок пегматита зависит от плоскости резания. При поперечном сечении получают графический рисунок; продольное сечение дает рисунок в виде вытянутых нитевидных выделений. В сферических поверхностях (изделиях) главное достоинство камня смазывается и становится невыразительным. Таким образом, наибольший эстетический эффект наблюдается в плоскогранных изделиях с поперечным срезом.

Хотя есть определенные достижения в области обработки камня и выявлены некоторые дизайнерские решения, письменный пегматит необходимо использовать для изготовления изделий, в которых графический рисунок будет от-

ражать его удивительный и интересный декоративно-художественный стиль. Игнорирование данного аспекта делает камень обычным и незаметным.

Обработка камня. Технологический процесс сводится к приданию камню с помощью алмазного инструмента эстетичной формы, проектируемой дизайнером, при этом происходит усиление интенсивности цвета, рисунка, блеска.

С экономической точки зрения обработка камня – это процесс перевода сырья в товар. Поэтому с полным основанием можно считать, что обработка камня – главный фактор при определении стоимости изделия.

Маркетинговые исследования. Спрос и предложение самоцветов на рынке напрямую зависит от информации о них. В геммологии, как и вообще в искусстве, существует закономерность: чем больше информации о камне, тем выше его ценность и стоимость.

Проведенный опрос студентов и посетителей выставок «Мир камня» показал, что письменный пегматит им практически неизвестен. Из 130 опрошенных человек многие отмечают как наиболее известные камни алмаз, рубин, сапфир, изумруд, малахит, яшму, агат, жемчуг, янтарь, кварц. При этом ни один из опрошенных не назвал письменный пегматит. Поэтому этот камень требует соответствующей информации о декоративных свойствах, происхождении названия, известных (музейных) изделиях, легендах, сказках и т.д. Применение новых оригинальных дизайнерских решений поможет наиболее ярко показать художественные достоинства этого камня и тем самым привлечь к нему интерес и внимание потребителей. У письменного пегматита есть свойство, которое выгодно отличает его от других камней – схожесть рисунка с древнееврейскими и арабскими письменами. Также этот камень имеет название с ярко выраженным образом (письменный пегматит, графический камень, еврейский). Следовательно, у маркетолога есть сегмент рынка, над которым необходимо работать.

В последнее время стали популярными эзотерика и литотерапия, что обусловило возрастание интереса к камню среди определенной категории людей.

Так, графический пегматит считается талисманом учителей и оберегом учащихся – школьников и студентов; он приносит удачу всем, кто учит и учится читать и писать; помогает найти обеим сторонам общий язык. Следовательно, этот камень имеет адресный сегмент рынка. Все это кажется мистическим и к науке не относится, но вместе с тем это интересно покупателю, а стало быть, должно учитываться при составлении бизнес-планов и рассматриваться как маркетинговый ход при продвижении товара на мировой рынок. Такова специфика этого полезного ископаемого.

Выводы. Письменный пегматит – самоцвет, имеющий сильно выраженный эстетический эффект, отраженный в названии камня за сходство с еврейскими и арабскими письменами. Его часто используют в архитектуре, сувенирной и ювелирной отраслях, однако недостаточно широко, не смотря на значительные мировые запасы. Пегматит месторождения «Балка Большого Лагеря» имеет разнообразный спектр декоративных разновидностей, но из-за высокой степени трещиноватости не может быть использован в архитектуре. Стоимость месторождения «Балка Большого Лагеря» с учетом декоративного пегматита по-

вышается в 9,9 раза. Согласно экономическим расчетам запасов разведанного сырья хватит для успешной работы среднего и малого бизнеса на десятилетие.

Список литературы

1. Ферсман А.Е. Пегматиты. М.: Изд-во АН СССР, 1940. Т.1. – 712 с.
2. Баранов П.Н., Коновалова В.В. Декоративные разновидности письменных пегматитов месторождения “Балка Большого Лагеря” Елисеевского рудного поля//Науковий вісник НГУ. – Днепропетровск, 2009 – №2. – С. 56–59.
3. Бакуменко И.Т. Закономерные кварц-полевошпатовые сростания в пегматитах и их генезис. М., Наука, 1966. – 172 с.

*Рекомендовано до публікації докт. геол. наук Приходченом В.Ф.
Надійшла до редакції 21.01.15*

УДК 551.24

©В.К. Свистун

ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ КРИВБАССА

В работе рассмотрены физические свойства горных пород Криворожского железорудного бассейна.

У роботі розглянуті фізичні властивості гірських порід Криворізького залізорудного басейну.

The paper deals with the physical properties of rocks Kryvyi Rih iron ore basin.

Постановка проблемы. Активная разведка Криворожского железорудного бассейна (Кривбасса) в шестидесятые-восьмидесятые годы прошлого столетия сопровождалось выполнением большого объема буровых и геофизических работ с изучением физических свойств пород по керновому материалу [1]. Но по истечению нескольких десятилетий дальнейших работ по добыче железной руды, даже при изначально геологически стабильном тектоническом состоянии земной коры, в регионе начали возникать и развиваться стохастические сейсмические события [2-4]. Образование огромных пустот в сложнопостроенной шовной тектонической зоне Криворожско-Кременчугского глубинного разлома и разломов Криворожской (Саксаганской) структуры активизирует природные и техногенные сеймотектонические процессы с развивающимися разрушительными сейсмическими воздействиями [5-7]. Поэтому снова актуальным становится потребность в более углубленных знаниях о физических параметрах горных пород для картирования с поверхности земли по геофизическим полям различных геолого-экологических неоднородностей и использования гравитационных и магнитных полей для моделирования глубинного строения Криворожско-Кременчугского, Тарапаковского, Саксаганского и Восточного разломов.

Состояние и пути решения проблемы. Работы по обобщению физических свойств пород Кривбасса выполнялись Баклановым Н.И., 1961; Купчин-

ским Е.П., 1971; Бурьяном Н.Р., 1985; Золотаревой Л.И., 1987 и др. Ими наиболее полно были изучены и обобщены физические свойства (плотностные и магнитные) пород Криворожской, Анновской и Петровской синформных структур. В работе Н.Р. Бурьяна были обобщены и результаты исследований партии руднично-шахтной геофизики МЧМ УССР. В небольшом объеме изучение физических свойств пород проводилось криворожскими геологами и на этапе геологического изучения площади (ГИП-1) – при ее подготовке под бурение Криворожской сверхглубокой скважины (СГ-8) [8].

Современные научные и производственные представления об особенностях петрофизических свойств горных пород Кривбасса требуют их переосмысления на новом уровне. Поэтому результаты исследований прошлых лет были заново проанализированы автором, обобщены и изложены ниже. Анализ исследований показал, что несмотря на большой объем обобщенного материала в производственных отчетах и публикациях, отмечается разрозненность данных, не идентичность выборок, значительная (но не подтвержденная специальными исследованиями) изменчивость параметров по простиранию структур, особенно железистых горизонтов. Расхождения в величинах параметров одинаковых пород и их разновидностей нередко достигает до 20% на относительно небольших расстояниях отбора керна.

Краткий очерк тектонического строения Криворожского синклиория. Как показано на рис. 1 синклиорий расположен восточнее Криворожско-Кременчугского глубинного разлома (ККГР). Криворожская (Саксаганская) структура [5] имеет сложное внутреннее строение, которое хорошо отображается в геофизических полях (рис. 2,3) и на аэрокосмоснимках высокого разрешения. В ее пределах выделяются синклинальные и антиклинальные складки высоких порядков. Шарнир синклиория погружается в северном направлении, максимальная глубина структуры по геофизическим расчетам устанавливается в районе рудников им. XX Партсъезда и им. Р. Люксембург на глубине 7-7,5 км (вместе с подстилающими породами сурской свиты). Восточное крыло синклиория представлено полным разрезом криворожской серии, западное – срезано Криворожско-Кременчугским и субмеридиональными разломами (последний проходит в 1,5 км на восток от ККГР). Западное крыло синклиория разбурено сверхглубокой скважиной СГ-8 [8]. Сложность внутреннего строения структуры, по всей видимости, объясняется наличием здесь древней зоны субдукции, что подчеркивается большой областью протяженных отражающих сейсмических площадок, которые падают в низах коры на восток под углами 40-45° и утолщением литосферы под этой зоной [1,4]. Н.П. Семенов выделял в этом районе четыре деформационных цикла и считает, что первый прошел до накопления пород гданцевской и глееватской свит и сформировал изоклиналиную складчатость, во втором – образовались открытые складки, в третьем – на субмеридиональные структуры первых двух была наложена поперечная складчатость. С четвертым циклом связано образование блоков, надвигов и разломов.

Петрофизическая характеристика геологических формаций. Породы, слагающие территорию Кривбасса, четко делятся на две группы: гранито-мигматитовый и осадочно-метаморфизованный комплексы. Первый из них пред-

ставлен днепропетровскими и кировоградскими гранитоидами (граниты и мигматиты) с останцами гнейсов и амфиболитов, дайками основных и ультраосновных пород, чаще всего измененных (амфиболизированных, эпидотизированных), второй включает осадочно-метаморфизованные породы архея и протерозоя, представленные гнейсами различного состава, амфиболитами, песчаниками, мраморами, метаэффузивами, сингенетичными дайками и sillами ультраосновных пород, часто метаморфизованных.

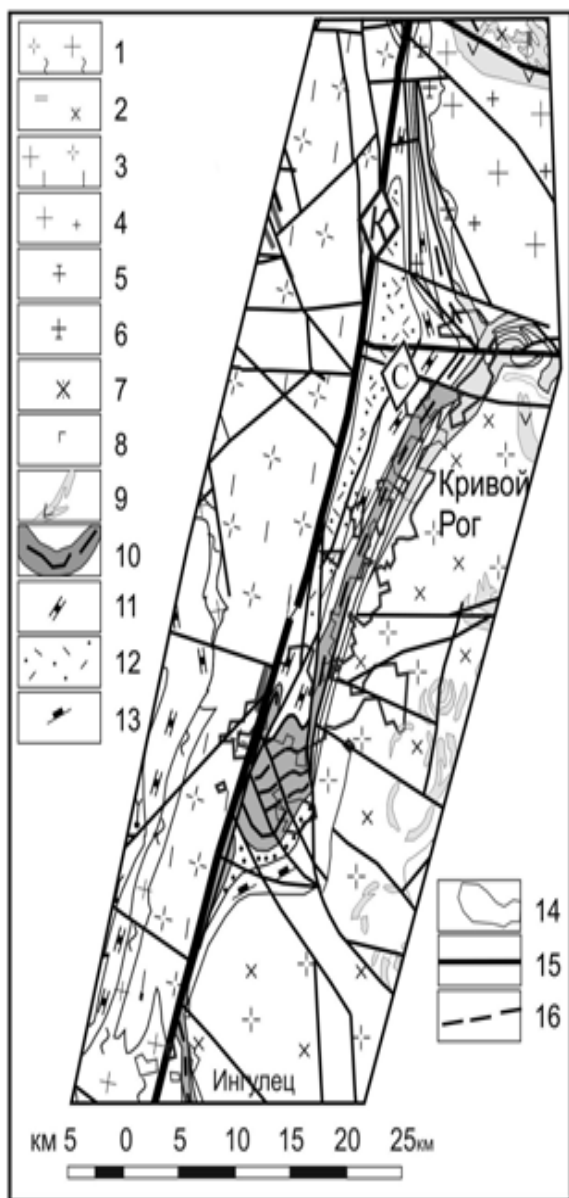
Породы обоих комплексов, имея четкое разграничение по площади распространения, должны иметь и обособленную классификацию физических параметров, и свои градации как по плотностным, так и по магнитным характеристикам.

Вместе с тем следует отметить, что имеющегося фактического материала явно недостаточно для полной и объективной характеристики всех пород рассматриваемой территории.

Исследования физических параметров горных пород на территории Кривбасса проводились крайне неравномерно, как по площади, так и во времени. Так плотностные и магнитные свойства пород наиболее полно изучены в пределах Криворожской железорудной структуры [1,8]. Породы за пределами структуры изучены значительно хуже, здесь отсутствуют работы по систематизации определений, а сами определения носят дискретный, часто случайный характер, отбор образцов производился по единичным скважинам последних лет, неравномерно распределенным по площади исследований.

Как показывает опыт многолетних исследований, значения физических свойств пород первой группы (гранито-мигматитовый комплекс) в верхней части разреза, особенно в зоне дезинтеграции пород и на глубину примерно 200 м от поверхности кристаллического фундамента, часто значительно искажены вследствие влияния процессов выветривания, которые интенсивно проявлены внутри и вблизи тектонически ослабленных зон, а также в зоне контактов разнородных типов пород. Кроме того, разновидности пород гранитоидного комплекса (граниты и мигматиты плагиоклазовые, плагиоклаз-микроклиновые, микроклиновые, микролин-плагиоклазовые) связаны взаимопереходами, которые макроскопически не всегда можно точно определить при отнесении пород к той или иной разновидности. Последнее обстоятельство является одной из причин, обуславливающих «перекрывание» пределов изменения физических параметров разнородных групп пород. Существенное влияние на значения физических характеристик образцов оказывают и процессы метаморфизма, широко и неоднократно проявленные в районе исследований. Так диабазы дайкового комплекса имеют плотность 2,90-3,07 г/см³, амфиболизированные их разновидности – до 3,00 г/см³, а рассланцованные амфиболиты – до 2,90 г/см³. При этом так же закономерно, за счет выноса железа, падают их магнитные свойства: магнитная восприимчивость от 1000 до $100 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6}$ ед. СИ. Те же диабазы, но эпидотизированные, могут иметь плотность до 3,20 г/см³ при практически нулевых значениях магнитной восприимчивости. Следует отметить также, что одни и те же разновидности пород (например, мигматиты), имея один и тот же минералогический состав и диапазон изменения плотностных свойств, могут существенно различаться по магнитным

свойствам, в зависимости от пород субстрата и последующих наложенных процессов гранитизации и метаморфизма, приведших к перераспределению магнетита в породах.



Буквы в ромбе: К – Криворожско-Кременчугский глубинный разлом; С – Криворожская (Саксаганская) структура.

1 – плагиограниты и плагиомигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые; 2 – граниты и мигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые порфиробластические; 3 – плагиограниты и плагиомигматиты, амфиболиты и диориты 4 – аплито-пегматоидные граниты, граниты биотитовые, амфибол-биотитовые, равномернозернистые и порфиробластические, плагиомигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые; 5 – аплито-пегматоидные граниты, граниты биотитовые, амфибол-биотитовые, равномернозернистые и порфиробластические; 6 – граниты аплито-пегматоидные, граниты биотитовые, амфибол-биотитовые порфиробластические, плагиомигматиты биотитовые, амфибол-биотитовые; 7 – гнейсы и кристаллосланцы биотитовые, амфибол-биотитовые, амфиболовые, амфиболиты; 8 – габброиды; 9 – амфиболиты и сланцы плагиоклаз-амфибол-хлоритовые, плагиоклаз-амфиболовые гранатсодержащие, актинолититы, силикатно-магнетитовые кварциты; 10 – железистые кварциты, кварциты силикатно-магнетитовые, богатые железные руды; 11 – метапесчаники, кварциты, сланцы слюдисто-хлоритовые, мраморы, кальцифиры, офикальциты, гнейсы та сланцы биотитовые, гранат-биотитовые, слюдисто-графитовые, линзы железистых кварцитов; 12 – метапесчаники, метаконгломераты, метаалевролиты, сланцы слюдистые; 13 – гнейсы амфиболовые, биотитовые, гранат-биотитовые, амфиболиты

Рис. 1 Фрагмент геолого-формационной карты строения Криворожского железорудного бассейна (по материалам Кичурчака В.М., Пигулевского П.И., 2003).

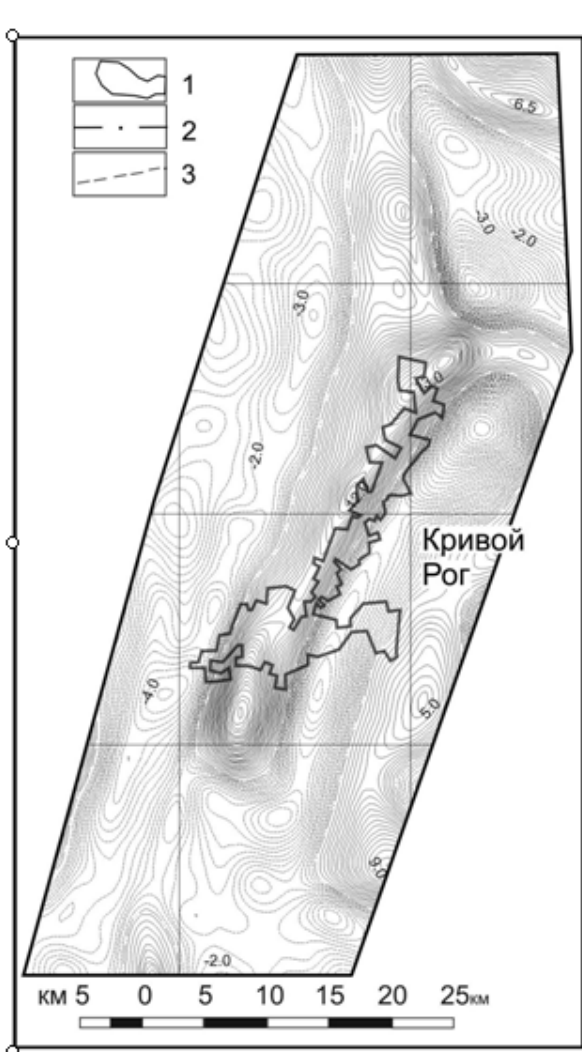


Рис. 2 Фрагмент карты локальных аномалий гравитационного поля Криворожского железорудного бассейна (с обрамлением): 1 – положительные изолинии; 2 – нулевые; 3 – отрицательные

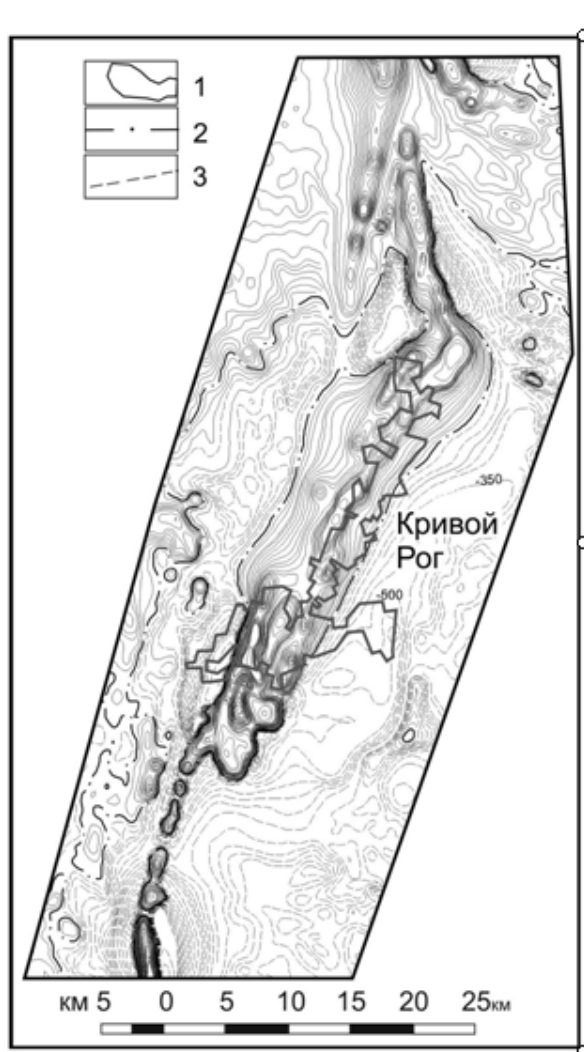


Рис.3 Фрагмент карты аномального магнитного поля За Криворожского железорудного бассейна (с обрамлением): 1 – положительные изолинии; 2 – нулевые; 3 – отрицательные

В целом достаточно четко и обоснованно для пород первой группы прослеживается общая тенденция уменьшения значений плотности и магнитных характеристик пород в зависимости от возраста: более древние породы, представленные останцами, имеют повышенные значения плотности и намагниченности сравнительно с их более молодыми аналогами (исключение составляют лишь диабазы). Причиной этого явления может служить существенное уменьшение темноцветов в гранитоидных комплексах, их преобразование и разрушение в результате процессов ультраметаморфизма и гранитизации в ряду «пироксен-амфибол-биотит-светлые слюды», с выносом железа.

На основании анализа всех имеющихся в распоряжении автора материалов, в том числе и фактических данных по физическим характеристикам пород раскрытых в процессе буровых работ последних лет [8] было выполнено группирование пород гранито-мигматитовых комплексов и изверженных пород (таблица 1). Кроме гранитов и ультраосновных изверженных пород, в таблицу введены интенсивно гранитизированные породы аульской серии архея – гнейсы биотито-

вые, амфибол-биотитовые, амфиболиты, представленные на площади исследований в виде останцев субстрата среди полей развития мигматитов.

Ко второй группе пород относятся архейские и протерозойские образования Саксаганской, Анновской, Восточно-Анновской, Желтоводской, Петровской, Ингулецкой, Терновской, Авдотьевской, Александровской и Высокопольской структур.

Породы криворожской серии представлены саксаганской, скелеватской и новокриворожской свитами. Последние две свиты изучены недостаточно, в основном в южной и северной частях одноименной структуры. По плотности породы этих свит снизу вверх распределяются следующим образом: кварциты безрудные – 2,60-2,68 г/см³, амфиболиты – 2,88(2,82-2,91) г/см³, сланцы гранат-хлоритового состава - 2,78 г/см³. Все эти породы практически немагнитны.

Выше лежат породы аркозово-филлитовой свиты, среди которых наименьшей плотностью обладают кварциты, метапесчаники и метаконгломераты (2,63-2,69) г/см³, филлиты – до 2,90 г/см³, тальк-содержащие сланцы 2,88 г/см³, а наибольшей плотностью характеризуется пачка переслаивающихся серицито-биотитовых сланцев, метапесчаников и кварцитов – до 3,20 г/см³.

В целом породы двух нижних свит имеют среднюю плотность 2,85 г/см³ при очень низкой намагниченности (практически немагнитны). В отдельных случаях над породами скелеватской свиты появляются небольшие по ширине и протяженности линейные магнитные аномалии, обусловленные, вероятнее всего, наличием маломощных, выклинивающихся по простиранию, пластов магнетитовых кварцитов. Магнитные свойства этих пластов не изучены, но предположительно они аналогичны кварцитам вышележащей саксаганской свиты.

Породы саксаганской свиты подразделяются на 7 сланцевых и 7 железистых горизонтов, что, в общем, носит несколько условный характер, т.к. в составе всех горизонтов присутствуют как железистые, так и сланцевые породы, и за счет этого усредненные по горизонтам магнитные свойства у отдельных сланцевых горизонтов выше, чем у железистых (Бурьян Н.Р., 1985). Так усредненные значения магнитной восприимчивости колеблются в пределах от 26 до 247000·4π·10⁻⁶ ед. СИ, остаточное намагничение – от 0 до 33000·10⁻³ А/м. Плотности пород свиты колеблются в широких пределах (от 2,62 до 3,64 г/см³), однако средние их значения для сланцевых горизонтов более стабильны – 2,95-3,04 г/см³. На этом фоне выделяется своими низкими значениями плотности породы объединенного третьего и четвертого горизонтов – $\sigma_{\text{ср}}=2,69$ г/см³. Физические свойства пород железистых горизонтов колеблются в значительных пределах по обоим параметрам (плотности и намагниченности) не только от горизонта к горизонту ($\sigma_{\text{ср}}=2,69$ г/см³, $\chi_{\text{ср}}$ – от 25690 до 565700·4π·10⁻⁶ ед. СИ), но и внутри их, достигая значений $\sigma=3,68$ г/см³, $\chi_{\text{ср}}=1200000$ ·4π·10⁻⁶ ед. СИ. Обусловлено это сложными процессами рудообразования, окисления кварцитов, образования богатых руд.

Таблица 1

Физические свойства пород гранито-мигматитовых комплексов и изверженных пород района.

№№ пп	Наименование пород	Плотность, г/см ³	Магнитная вос- приимчивость, ·4π·10 ⁻⁶ ед. СИ
1	2	3	4
1.	Пегматиты, граниты, аплиты-пегматоидные, плагиограниты, граниты, плагиоклаз-мусковитовые, микроклиновые, сиениты, катаклазиты, милониты	2,58-2,62	Практически немагнитные
2.	Плагиограниты, граниты, плагиоклаз-микроклиновые, микроклин-плагиоклазовые, мигматиты плагиоклаз-микроклиновые	2,60-2,65	"-
3.	Граниты и мигматиты плагиоклаз-микроклиновые	2,60-2,65	Слабо магнитные 100-300 и магнитные 1100-3400
4.	Плагиомигматиты, мигматиты плагиоклаз-микроклиновые, микроклин-плагиоклазовые с мелкими останцами биотитовых гнейсов, реже - амфиболитов	2,63-2,70	Практически немагнитные
5.	То же, с рассеянным магнетитом	2,63-2,70	Магнитные 1200-3400
6.	Плагиомигматиты биотит-амфиболовые, амфиболовые с останцами амфиболитов и гнейсов биотитовых и амфибол-биотитовых, мигматиты плагиоклаз-микроклиновые	2,70-2,86	Немагнитные слабо магнитные
7.	То же с повышенным содержанием магнетита	2,70-2,86	Магнитные 7600-18000
8.	Диабазы, иногда амфиболизированные, эпидотизированные	2,90-3,07	От немагнитных до магнитных 0-1200
1	2	3	4
9.	Амфиболиты, гнейсы биотитовые и амфибол-биотитовые аульской серии (в останцах)	2,82-2,90	Практически немагнитные
10.	Гнейсы биотитовые, амфибол-биотитовые (останцы)	2,72-2,86	"-
11.	Ультраосновные породы (перидотиты, дуниты, горнблендиты и т.п.)	3,00-3,10	Магнитные 1600-10500
12.	Амфиболизированные ультраосновные породы	2,94-3,00	Магнитные и слабо магнитные 200-2010
13.	Серпентиниты	2,68-2,75	Сильно магнитные 26000-62000

Физические свойства пород, слагающих Желтоводскую, Восточно-Анновскую и Ингулецкую структуры и Дальние Западные полосы, судя по единичным замерам параметров по образцам из скважин, очень близки к свойствам пород первых горизонтов саксаганской свиты.

Выше пород Криворожской серии несогласно залегают породы ингулецкой серии, представленные в пределах площади исследований гданцевской, чечелевской и глееватской свитами (Жук В.П., 1986). Из пород гданцевской свиты наиболее изучены кварц-биотитовые сланцы ($\sigma_{\text{ср}}=2,78$ г/см³, $\chi=1030 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6}$ ед. СИ, $I_n=0 \cdot 10^{-3}$ А/м), переслаивающиеся метапесчаники и сланцы ($\sigma_{\text{ср}}=2,72$ г/см³, χ и $I_n=0$), песчаники, конгломераты ($\sigma_{\text{ср}}=2,61-2,66$ г/см³, χ и $I_n=0-3000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6}$ ед. СИ), магнетитовые кварциты ($\sigma_{\text{ср}}=3,10$ г/см³, χ и $I_n=10000-60000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6}$ ед. СИ), амфиболиты ($\sigma_{\text{ср}}=2,90$ г/см³, $\chi=50-100 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6}$ ед. СИ и $I_n=0$), безрудные кварциты ($\sigma_{\text{ср}}=2,72$ г/см³, χ и $I_n=0$).

Все эти характеристики получены по образцам из керна Криворожской сверхглубокой скважины КГС-8 и скважин-спутников [8].

Основную массу пород свиты составляют кварц-биотитовые сланцы, однако в центре и на востоке свиты в тектонических зонах, встречены разновидности сланцев с метаморфогенным магнетитом. В этом случае магнитная восприимчивость пород возрастает до $50000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6}$ ед. СИ, приближаясь к характеристикам железистых кварцитов. Плотность сланцев с глубиной (глубже 500 м) увеличивается, достигая значений 2,80-2,82 г/см³.

К гданцевской свите относятся также кварц-карбонатные породы и доломиты, плотность которых колеблется в широких пределах (от 2,72 до 2,88 г/см³) при практически нулевой намагниченности. Брекчии этих пород на широте рудника им. Фрунзе имеют плотность 2,45 г/см³. На западе, близ зоны Криворожско-Кременчугского разлома развиты графит-содержащие сланцы, немагнитные, с плотностью 2,66 г/см³, вместе с тем встречаются разности со значениями $\sigma=2,47$ г/см³ (Бурьян Н.Р., 1985).

Толща чечелевской свиты, представлена гранат-амфибол-биотитовыми сланцами, залегает между Анновской и Восточно-Анновской структурами, физические свойства изучены крайне неудовлетворительно, по единичным образцам. Плотность пород толщи варьирует от 2,72 до 2,89 г/см³ с усредненным значением 2,85 г/см³, породы немагнитны. В восточной части толщи вскрыты амфиболиты и тонкие пласты магнетитовых и безрудных кварцитов. Физические свойства этих пород не изучались.

Породы глееватской свиты встречены в ровообразных структурах в пределах площади развития пород гданцевской свиты и представлены конгломератами и песчаниками. В гальках конгломератов встречены практически все породы района, в том числе и железистые кварциты. Физические свойства их варьируют в широких пределах: σ от 2,62 до 2,96 г/см³, χ от 0 до $50000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6}$ ед. СИ.

В целом параметры физических свойств осадочно-метаморфизованного комплекса протерозоя выше соответствующих параметров пород гранито-мигматитового комплекса, что позволяет довольно уверенно выделять их в физических полях.

Заключение. В результате исследований, породы слагающие территорию Кривбасса, были разделены на две группы, представленные гранито-мигматитовым и осадочно-метаморфизованным комплексами. К первой относятся днепропетровские и кировоградские гранитоиды с останцами гнейсов и амфиболитов, дайками основных и ультраосновных пород, часто амфиболизованных, эпидотизированных; ко второй – осадочно-метаморфизованные породы архея и протерозоя, представленные гнейсами различного состава, амфиболитами, песчаниками, мраморами, метаэффузивами, сингенетичными дайками и силлами ультраосновных пород, часто метаморфизованных.

Для пород первой группы характерна общая тенденция уменьшения значений плотности и магнитных параметров пород в зависимости от возраста изучаемых образцов. Параметры физических свойств пород второй группы (осадочно-метаморфизованного комплекса протерозоя) выше соответствующих параметров пород гранито-мигматитового комплекса, что позволяет довольно уверенно выделять их в гравитационном и магнитном полях.

Выводы. Полученные результаты анализа и обобщения физических свойств пород позволяют картировать в плане по геофизическим картам различные геологические и экологические неоднородности в верхней части (приповерхностной) земной коры [9] и изучать особенности глубинного строения территории Кривбасса путем моделирования гравитационного и магнитного полей в комплексе с сейсморазведкой методом общей глубинной точки (ОГТ) и электро-разведкой методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ).

Список литературы

1. Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчугской шовной зоны Украинского щита [Текст] / [Азаров Н. Я., Анциферов А. В., Шеремет Е. М., Глевасский Е.Б., Пигулевский П.И. и др.]; под ред. Н. Я. Азарова. – К.: Наукова Думка, 2006.– 196 с.
2. Кутас В.В. Глубинное строение земной коры в районе Криворожской структуры по геолого-геофизическим данным и влияние техногенного фактора на проявление локальной сейсмичности / В.В. Кутас, Ю.А. Андрущенко, В.Д. Омельченко // Геофиз. журн. – 2013. – 35, №3. – С. 156 – 165.
3. Пігулевський П.Г. Будова «граніто-гнейсового» шару земної кори південно-східної частини Українського щита // Зб. наук. пр. Національного гірничого у-ту. – 2011. – № 36, т.1 – С. 5–11.
4. Пигулевский П.И. О сейсмической активности Криворожско-Кременчугской и Орехово-Палогоградской шовных зон Украинского щита // Науч. труды УкрНИМИ НАН Украины. Выпуск 7 (часть 1) / Под ред. А.В. Анциферова. – Донецк, 2011. – С.122-131.
5. Пигулевский П.И. О тектоническом строении, геодинамических и сейсмологических особенностях Кривбасса / П.И. Пигулевский, В.К. Свистун, С.В. Щербина // Екологія і природокористування: Зб. наук. праць ІППЕ НАНУ. – 2013. – вип.17. – С.37-46.
6. Габсатарова И.П. Новое сейсмическое событие в Криворожье и механизм его очага / И.П. Габсатарова, А.В. Кендзера, Л.И. Надежка, П.И. Пигулевский, М.В. Коломиец, С.П. Пивоваров // Вестник ВГУ, Серия: Геология. Воронеж, 2013. – №2. – С.134- 140.
7. Пигулевский П.И. Криворожское землетрясение 23 июня 2013 года / П.И. Пигулевский, С.В. Щербина, И.Ю. Гурова, В.К. Свистун // Геодинамика. 2013. – 1(13). – С.283-285.
8. Криворожская сверхглубокая скважина СГ-8 / [Курлов Н.В., Шеремет Е.М. и др.]; под ред. Шеремет Е.М. – Донецк: Ноулидж, – 2011. – С. 525.

9. Пигулевский П.И. О необходимости комплексных исследований геоэкологических проблем Криворожского железорудного бассейна Украины / П.И. Пигулевский, В.К. Свистун, А.С. Кирилюк // Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», – 2013. – Ч. III. –С.4-8.

*Рекомендовано до публікації докт. геол. наук Приходченом В.Ф.
Надійшла до редакції 21.01.15*

УДК 622.271

© Ye. K. Babets

TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF KRYVYI RIH IRON ORE OPEN PITS WITHIN ZONES STOPING OF UNDERGROUND MINE WORKINGS

На современном этапе отработка залежей железных руд в Кривбассе ведется в условиях как совместных открытых и подземных горных работ, так и открытой разработки месторождений в зонах, подработанных подземными выработками. Приведенные технология и новые способы и устройства погашения воронок обрушения в пределах рабочей зоны карьеров путем засыпки их рядовыми скальными породами вскрыши непосредственно с поверхности, что позволяет существенно повысить безопасность горных работ в карьере и получить значительную экономию за счет предупреждения нарушения окружающей среды внешними отвалами.

На сучасному етапі відробка покладів залізних руд у Кривбасі ведеться в умовах як сумісних відкритих і підземних гірничих робіт, так і відкритої розробки родовищ у зонах, що підроблені підземними виробками. Наведені технологія й нові способи та пристрої погашення вирв обрушення у межах робочої зони кар'єрів шляхом засипки їх рядовими скельними породами розкриву безпосередньо з поверхні, що дозволяє суттєво підвищити безпеку гірничих робіт у кар'єрі й отримати значну економію за рахунок попередження порушення довкілля зовнішніми відвалами.

At present iron ore in Kryvbas is mined by both a combination of open pit and underground methods and by the open pit method in zones underworked by underground mining. The suggested technology and new methods of backfilling pit craters within the pit working area with rock overburden directly from the surface that enables substantial increase of mine safety and economy due to preventing environmental damage caused by surface dumps.

Introduction. At present within the city of Kryvyi Rih and its suburbs lean iron ore is being mined and concentrated by five powerful ore mining and concentrating combines with the designed annual capacity of 140 mln t. The volume of overburden makes nearly 112 mln m³, the tails volume is 31.4 mln m³. As areas for surface dumps and tailing ponds are limited, use of the mined area of underground mines solves the problem of stockpiling mining wastes. The volume of underground mines is than 1 billion m³ [1].

Problem statement. Open Pit №1 of PJSC CGOK carries out mining in the slide zone within the former Frunze, Komintern and K. Liebknecht underground mines' area. As the pit goes deeper (over 350 m) and wider on the surface, the greater part of its eastern pit edge is entering areas of possible cratering. Under such condi-

tions mining should be carried out with observance of safety rules to prevent sudden caving and bench displacements at the pit. As surface dumps are located far from it, efficiency increase and substantial decrease of crude ore mining costs can be achieved due to stockpiling the greater part of overburden rocks in slide and caving zones.

Problem solving. To prevent accidents drilling is performed to detect underground voids and locate devices for signaling of massif deformations at the beginning of rock slides in the open pit. Detected voids and workings are backfilled with waste rock. From the -110 m horizon mining is carried out with 12 m high benches. Outbreak of secondary pit craters on the surface of the eastern pit edge may cause sudden local deformation of one or several benches. Therefore, such underground voids should be backfilled with overburden rocks to provide stability and stabilize economy of stripping.

Fig.1 shows the technological scheme of forming a non-working pit edge exhausting underground workings, where the cross section marked: non-working pit edge (1), contours of unfinished underground workings (2), roofs of uncaved rocks outside of open pit (3), crater stoping after underground mine of iron ore (4), the first from the surface bench of soft rock (5), contours of protective rock banks from the side of the pit crater 4 and the idle edge 1 (6, 7 respectively), safety areas of the banks from the side of unfinished underground working 2 (8) the idle pit edge 1 (9), the transport line on the first from the surface bench 5 (10), the transport line on the opposite side of the pit crater outbreak 4 (11), auxiliary protective rock banks on the opposite side of the idle pit edge 1 and aside the road 11 (12, 13) and direction of truck movement when filling pit craters 4 (14) are given in plan and section [2].

First, within the idle pit edge 1 from the side of underground mining there are determined contours of unfinished underground workings 2 and the height of roofs of uncaved surface over them on the rocks in the vertical section 3 are determined as well as the height of remaining free space on the rocks h_b (m) over the lower plane of the crater stoping 4 and the soft rock thickness h_m (m). According to the Design Standard, on the upper area of the first from the surface bench along soft rocks 5 there are determined contours of the protective banks 6 from the side of pit crater 4 and the idle pit edge 7 (Fig. 1)

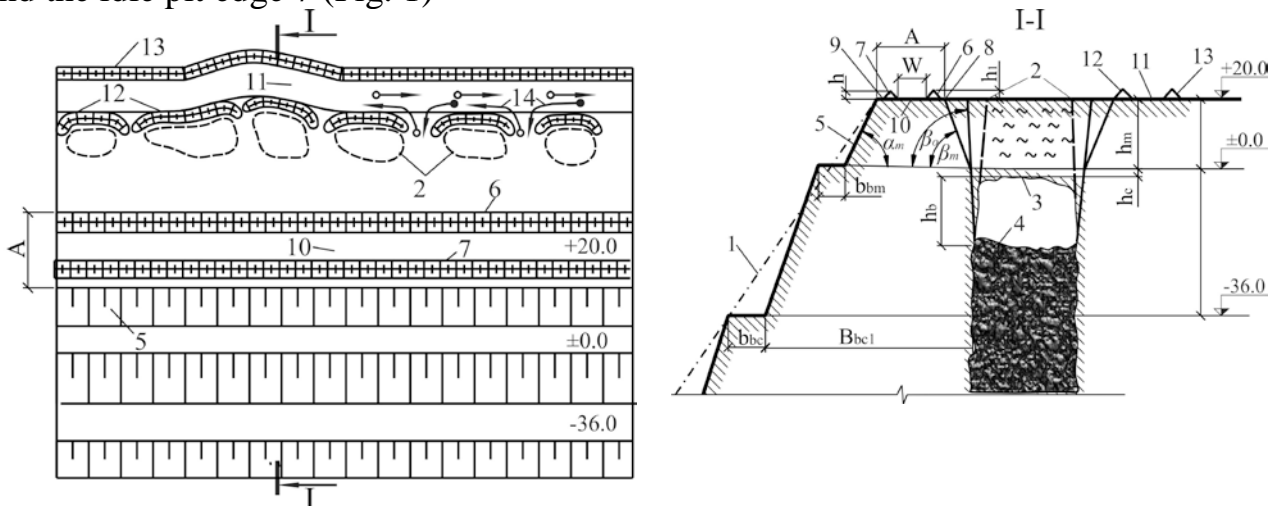


Fig. 1. The method of forming the non-working pit edge

At that, protective banks from the side of the crater stoping 4 are built with safety areas at the distance 8 from the contour of the unfinished underground working 2, and from the side of the idle pit edge – at the distance 9. The width of the transport line 10 is determined considering dimensions mining transport and equipment to be used for repairing protective banks 6 and 7 and for filling the underground area 4. The day surface above the underground areas 4 are backfilled, if necessary, with overburden rock delivered by the transport line 10 or it is placed on the opposite side of the outbreak the crater stoping on surface 11, and the overburden rock is delivered by transport means of the operating open pit. When setting the benches of the non-working edge into the final state they are sloped by common methods until stable values of the slope angle of about 40° and 80° for soft and hard rock respectively. Backfilling of underground areas is carried out continuously with the constant monitoring of the process along the height.

When forming the non-working edge 1 to increase the angle α of the stable slope it is possible to double soft rock benches along height and triple hard rock benches providing their stability by relevant sloping and presplitting methods. This results in pit working zone increase and additional iron ore volumes.

The suggested technology of forming the idle pit edge enables significant material and money savings. So, when operating Pit №3 of PJSC “ArcelorMittal Kryvyi Rih”, the foot-bench technology with locating the non-working eastern edge on the border with the zone of underground mining operations in axes XII and XIVb and keeping only three transport areas at horizons ± 0 m, -120 and -180 m enables temporary conservation of 15 mln m³ of oxidized hornstone till 2030.

The minimal width of the safety area $A = 163$ m on the surface between the edge of the idle bench 5 and the remaining underground area 2 can be determined as follows:

$$A \geq 2(h_1 + h_2) \operatorname{ctg} \alpha_m + W + (h_b + h_c + h_m) \operatorname{ctg} \beta_o + h_m \operatorname{ctg} \beta_m + C_1 + C_2, \quad (1)$$

where h_1 and h_2 – height of the protective rock banks from the side of the pit mined area and the underground area respectively, m; α_m – the rock slope angle in the protective banks, degrees; W – the mining transport line width, m; h_c , h_b – height of the remaining underground uncaved rock and the mined area respectively, m; h_m – thickness of upper bench soft rocks, m; β_o , β_m – the slope angles of caved hard and soft rocks, degrees; C_1 , C_2 – safe distance on the surface between the protective banks from the side of the pit and the underground area respectively, m.

The slope angle of the idle wall $\alpha_n = 50^\circ$ is determined as follows:

$$\alpha_n = \operatorname{arctg} H_{k.o.} / [H_m \operatorname{ctg} \alpha_m + n_m \cdot B_{b,m} + N_c h_c \operatorname{ctg} \alpha_c + n_c B_{bc} + (N - n_c) B_b], \quad (2)$$

where $H_{k.o.}$, H_m – oxidized hornstone and alluvium thickness respectively, m; α_m , α_c – angles of stable slopes of the temporary idle soft and hard rock edges, degrees; n_m , n_c – number of transport areas on soft and hard rocks, items; N_c , n_c – number (items) and height of soft and hard rock benches, m; B_{bc} – safety bench width, m.

Increase of the slope angle along the non-working edge profile up to 50° on the marked site enables additional 100 mln t of magnetite quartzite to be mined. Annual

profitability $E = 95,13$ mln UAH due to temporary retirement of only oxidized hornstone and is determined as follows:

$$E = (V_o \times q_o \times e) / T_o , \quad (3)$$

where V_o – the volume of long-term conservation of oxidized hornstone, mln m^3 ; q_o – cost of mining 1 m^3 of oxidized hornstone, US dollars; e – the factor of conversion into the national currency, UAH/US dollars.; T_o – the oxidized hornstone conservation period, years.

The overall profitability of the suggested method is to be substantiated during the design documentation preparation and will significantly increase due to not only the growth of slope angles of idle benches and the idle wall as a whole but also additional increase of the raw material base of the pit and reduction of the distance of transporting oxidized hornstone to the stockpiling zone in the mined area.

Besides the above method of backfilling crater stoping, it is possible to increase the mining safety through drilling holes on the entire area of the underground working roof. The mined area can be backfilled with the crushed overhanging and overburden rocks, safety of stockpiling can be increased and mining costs can be decreased. At that, according to rock hardness and roof height of the underground working there is determined the size of the drillhole spacing for loosening rock of the first from the surface bench according to rock hardness in the working zone of the pit 1 (Fig. 2), the location of the underground working 2 and the thickness of its roof (3). The working soft rock area 4 is widened sufficiently to form the working area 5 of the first from the surface bench 1 according to rock types where the area of possible outbreak of the roof 2 of the underground working 3 is enclosed with the protective rock banks 6.

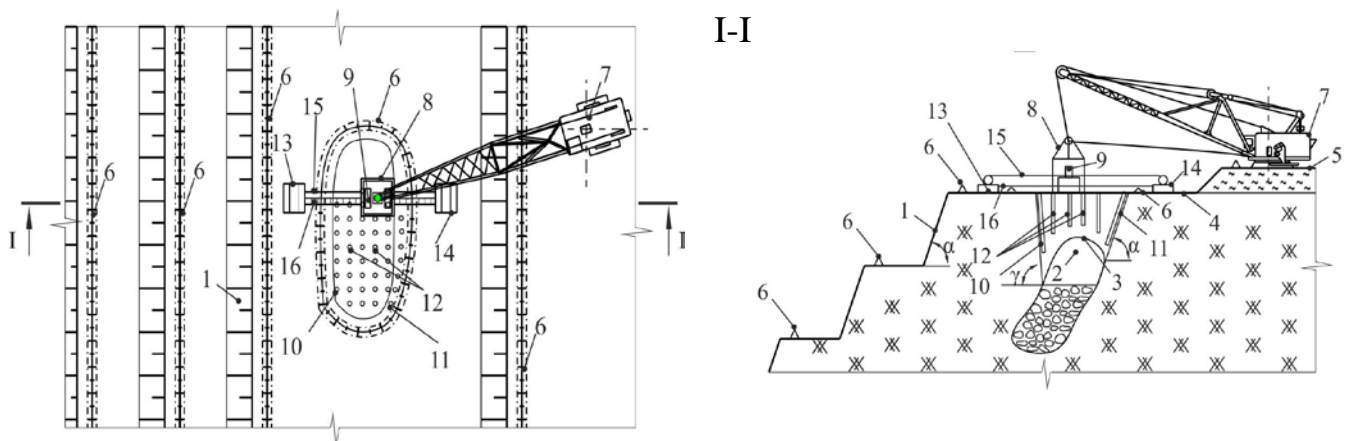


Fig. 2. The method of filling mine working in the massif of working pit edge

The dragline 7 is placed beyond the possible outbreak of the crater stoping of the underground working 2 on the working area 5. Instead of the bucket the dragline 7 is equipped with a suspended platform 8 with a drilling rig 9 on it and put down on the required place. Three sloping holes 10 are drilled sequentially on the outer contour at the angle γ from the side of the working pit edge and sloping 11- at the angle α from the side of the unmined massif. Then, according to the given spacing and depth parameters, loosening holes 12 are drilled.

To service drilling and blasting on a safe distance from the protective banks 6 on the opposite borders of the possible outbreak of the pit crater 2 two reversible winches (13, 14) are placed from the side of the mined area and from the side of the

unmined massif respectively. They are equipped with a suspension cable 15 which conveys explosives and stemming material to the places of hole drilling 12. Personnel use a footbridge on two cables 15 and 16. The suspension cable 15 and the footbridge 16 go across the cross-section of the underground working 2. After delivering explosives and stemming material to holes the equipment is taken beyond the drilling and blasting area. When breaking the roof 2 the loosened rock fills the underground area 3. Slope angles γ and α are made about 85° and 60° . After that the bench in the working zone of the pit 1 is mined in the established order.

The suggested technology of mining the underground area in the massif of the working pit edge allows to receive significant financial and material savings. At Pit№3 of the PJSC “ArcelorMittal Kryvyi Rih” there are several underground workings that interfere with normal development of benches [3]. As their outbreak into the working zone of the pit is planned to be done during a year or a five-year period, the profitability of the claimed technical solution advisable to calculate only investing capital in the acquisition of basic working equipment. In this case the annual profitability E (thousand UAH) is calculated as follows:

$$E = (m_1 - m_2) \cdot K \cdot C \cdot E_n,$$

where m_1, m_2 – working equipment weight, tonnes; in accordance with the technical characteristics and the prototype excavator ЕКГ-5 (248 t), the receiving bunker БС-120 (13 t), the jaw crusher ЩДП-12×15 (115.7 t), the conveyer loader (16 m, 15 t), the blast-hole drill СБШ-250МН (66 t); declared by way of lead dragline ЕШ-6/45МН (295 t), the blast-hole drill 2СБР-125-30 (12 t) which are moved on a platform weighing (5 t); K – cost of 1 t of the equipment, thousand US dollars, $K = 10000$ US dollars; C – the exchange rate of Ukraine’s National Bank as of 2015, $C = 21$ UAH; E_n – the normative factor of capital investment use, $E_n = 0,12$.

According to the given data the annual profitability due to introduction of the new technology equals 3168 thousand UAH.

Conclusion. On the basis of the analyses, observations and geological surveys carried out by the Research Ore Mining Institute the map has been made that systemizes the combined plan of underground craters stoping and anomalous zones, estimates the mined area and its possible outbreak on the surface. Open pit mining has been proved to be impossible without previous backfilling of voids. There has been developed the technology of backfilling craters stoping with rock overburden from the surface with the help of new methods and equipment. The technology enables substantial profitability due to prevention of surface destroying caused by surface dumps.

References

1. Сборник технико-экономических показателей горно-добывающих предприятий Украины в 2009-2010 гг. / Е.К. Бабец, Л.О. Штанько, В.А. Салганик, И.Е. Мельникова, С.Я. Гребенюк // Кривой Рог: ГП «НИГРИ», 2011. – 329с.
2. Спосіб формування неробочого борту кар’єра що підроблений підземними виробками . / А.Ю. Дриженко, Г.В. Козенко, О.В. Дремлюга, Є.К. Бабець // Патент України, Е21С41/26 №108040, 10.11.2014. Бюл. №5.
3. Бабец, Е.К. Проектирование железорудных карьеров в условиях поддержания их мощности. / Е.К. Бабец, Б.Е. Ященко, В.А. Ковальчук, Т.М. Ковальчук // Збірник наукових праць

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Дриженко А.Ю.
Надійшла до редакції 15.01.15*

УДК 622.647.2

© Р. В. Кирия, Т. Ф. Мищенко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И ЭНЕРГОЕМКОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГОРНОЙ МАССЫ КОНВЕЙЕРНЫМ ТРАНСПОРТОМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

На основании математической модели функционирования систем конвейерного транспорта с последовательным и параллельным соединением конвейеров и бункеров, а также с древовидной веерной и самоподобной структурами получен рекуррентный алгоритм определения их пропускной способности и энергоемкости транспортирования угля. Приведены примеры расчетов при различных значениях грузопотоков и производительностей питателей.

На підставі математичної моделі функціонування систем конвеєрного транспорту з послідовним і паралельним з'єднанням конвеєрів і бункерів, а також з деревовидною віяловою і самоподібною структурами одержано рекуррентний алгоритм визначення їх пропускної спроможності і енергоємності транспортування вугілля. Приведено приклади розрахунків при різних значеннях вантажопотоків і продуктивності живильників.

On the basis of mathematical model functioning of conveyor transport systems with a consistent and parallel connection conveyors and hoppers, and also tree-fan system and a self-similar structure. Receive the recurrent algorithm to determine their capacity and energy coal transport. Illustrates the calculated values for different values of traffic flows and capacity feeders

Вопросами определения пропускной способности систем конвейерного транспорта занимались многие исследователи [1–6].

В работах [5–6] на основании метода динамики средних для марковских процессов получен алгоритм определения средней пропускной способности системы конвейерного транспорта с последовательным и параллельным соединением конвейеров с бункерами и без бункеров, а также алгоритм определения средней пропускной способности системы конвейерного транспорта для древовидной веерной и самоподобной структур соединения конвейеров с бункерами и без бункеров.

В работе [6] приведен алгоритм определения средней энергоемкости транспортирования для систем конвейерного транспорта древовидной самоподобной структуры без бункеров.

В данной работе, на основе разработанных математических моделей функционирования систем конвейерного транспорта с бункерами [7], рассмотрен вопрос определения средней энергоемкости транспортирования системы подзем-

ного конвейерного транспорта угольных шахт с бункерами и на основании этого определен критерий эффективности ее функционирования.

Системы конвейерного транспорта высокопроизводительных угольных шахт имеют разветвленную самоподобную древовидную структуру, состоящую из конвейеров, бункеров, питателей и перегрузочных узлов [7].

Согласно [6], средняя пропускная способность и средняя энергоёмкость транспортирования системы конвейерного транспорта, с учетом простоев конвейерного оборудования, определяется по формулам

$$m_c = \sum_{i=1}^s P_k m_k ; \quad (1)$$

$$w_c = \sum_{i=1}^s P_k w_k , \quad (2)$$

где m_k – пропускная способность системы конвейерного транспорта, находящейся в k -ом состоянии, т/мин; w_k – мощность электроэнергии, идущей на транспортирование груза системой конвейерного транспорта, находящейся в k -ом состоянии, кВт; P_k – вероятность нахождения системы конвейерного транспорта в k -ом состоянии; s – количество состояний системы конвейерного транспорта.

Рассмотрим сначала последовательное соединение бункеров (рис. 1)

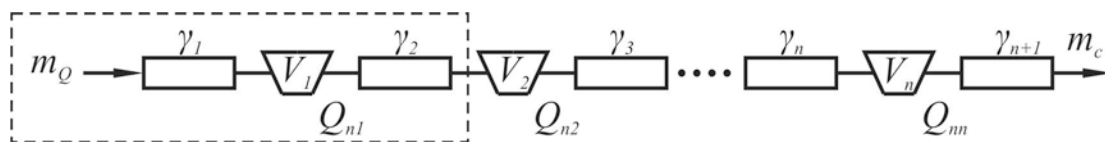


Рис. 1. – Расчетная схема последовательного соединения бункеров

Согласно работе [8], средняя пропускная способность этой системы определяется из рекуррентного соотношения

$$m_c = m_{c_n} , \quad (3)$$

где при $\bar{m}_{Q_i} > \bar{Q}_{n_i}$

$$m_{c_i} = \left[\frac{e^{A_{1i}\gamma V_i}}{\gamma_{\varepsilon_i}} + \frac{\bar{m}_{Q_i}}{(\bar{m}_{Q_i} - \bar{Q}_{n_i})} (e^{A_{1i}\rho V_i} - 1) \right] \bar{Q}_{n_i} , \quad (4)$$

$$\left[1 + \frac{e^{A_{1i}\rho V_i}}{\gamma_{\varepsilon_i}} + \frac{\bar{m}_{Q_i}}{(\bar{m}_{Q_i} - \bar{Q}_{n_i})} (e^{A_{1i}\rho V_i} - 1) \right]$$

$$\text{где } A_{1i} = \frac{\mu_c [m_Q - (1 + \gamma_{\varepsilon i}) \bar{Q}_{n_i}]}{(m_Q - \bar{Q}_{n_i}) \bar{Q}_{n_i}}; \quad \bar{m}_{Q_i} = \frac{m_Q}{1 + \gamma_{\varepsilon i}} = m_{c_{i-1}}; \quad \bar{Q}_{n_i} = \frac{Q_{n_i}}{1 + \gamma_{i+1}};$$

$$\bar{m}_Q = \bar{m}_{Q_1} = \frac{m_{Q_1}}{1 + \gamma_{\varepsilon 1}}; \quad \gamma_{\varepsilon i} = \frac{m_Q}{m_{c_{i-1}}} - 1; \quad \gamma_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i}; \quad (i = 1, n; \quad m_{c_0} = \frac{m_Q}{1 + \gamma_1}; \quad \mu_c = \mu_i);$$

при $\bar{m}_{Q_i} \leq \bar{Q}_{n_i}$

$$m_{c_i} = \left[\frac{1 + \frac{(Q_{n_i} - \bar{Q}_{n_i}) (1 - e^{A_{2i} \rho V_i})}{(\bar{Q}_{n_i} - \bar{m}_{Q_i})}}{1 + \gamma_{i+1} e^{A_{2i} \rho V_i} + \frac{(Q_{n_i} - \bar{Q}_{n_i}) (1 - e^{A_{2i} \rho V_i})}{(\bar{Q}_{n_i} - \bar{m}_{Q_i})}} \right] \bar{m}_{Q_i}, \quad (5)$$

$$\text{где } A_{2i} = \frac{\mu_c [\bar{m}_{Q_i} (1 + \gamma_{i+1}) - Q_{n_i}]}{\bar{m}_{Q_i} (Q_{n_i} - \bar{m}_{Q_i})}; \quad \bar{m}_{Q_i} = m_{c_{i-1}}; \quad \bar{Q}_{n_i} = \frac{Q_{n_i}}{1 + \gamma_{i+1}};$$

$$(i = 1, n; \quad m_{c_0} = \frac{m_Q}{1 + \gamma_1}; \quad \mu_c = \mu_i); \quad n - \text{количество бункеров в системе}; \quad \gamma_i = \lambda_i / \mu_i$$

– коэффициенты аварийности конвейеров системы конвейерного транспорта; λ_i , μ_i – параметры потоков отказов и восстановлений конвейеров системы конвейерного транспорта соответственно, 1/мин; V_i – объемы бункеров, м³; ρ – насыпная плотность транспортируемого груза, т/м³.

Теперь определим для системы конвейерного транспорта с последовательным соединением бункеров энергоемкость транспортирования горной массы.

Для этого выделим в схеме (см. рис. 1) простейшую элементную систему «конвейер – бункер – конвейер», обведенную пунктирной линией.

Для этой элементарной схемы определим затраты электроэнергии (мощности привода), идущей на транспортирование груза с учетом простоя конвейеров, в результате имеем:

$$w_1^{(s)} = \frac{w_0^{(s)}}{1 + \gamma_{c0}} + w_2^{(c)}, \quad (6)$$

$$\text{где } \gamma_{c0} = \frac{m_{c0}}{m_{c1}} - 1; \quad m_{c0} = \frac{m_Q}{1 + \gamma_1}.$$

Здесь $w_1^{(s)}$ – мощность, потребляемая системой «бункер – конвейер – бункер», обведенной пунктирной линией, кВт; $w_0^{(s)} = w_1^{(c)}$ – мощность, потребляемая первым конвейером (кВт); $w_2^{(c)}$ – мощность, потребляемая вторым конвейером (кВт).

Продолжая этот итерационный процесс n раз, в результате получим среднюю энергоёмкость транспортирования всей системой последовательного соединенных конвейеров и бункеров, равную

$$w_c = w_n^{(s)}, \quad (7)$$

где

$$w_i^{(s)} = \frac{w_{i-1}^{(s)}}{1 + \gamma_{c_{i-1}}} + w_{i+1}^{(c)}; \quad \gamma_{c_{i-1}} = \frac{m_{c_{i-1}}}{m_{c_i}} - 1 \quad (i = 1 \dots n). \quad (8)$$

Здесь $w_{i-1}^{(s)}$ – мощность энергии, потребляемой системой последовательно соединенных конвейеров и бункеров, расположенных до i -го бункера; $w_{i+1}^{(c)}$ – мощность энергии, потребляемая $(i+1)$ -ым конвейером; $m_{c_{i-1}}$ – пропускная способность системы последовательно соединенных конвейеров и бункеров, расположенных до i -го бункера.

Согласно [6], мощность i -го конвейера системы конвейерного транспорта определяется по формуле

$$w_i^{(c)} = N_i, \quad (9)$$

где

$$N_i = \frac{L_i}{1000\eta_i} \left[k_{1i} v_{li} (q'_{pi} + q''_{pi} + 2q_{li}) \omega'_i \cos \alpha_i + v_{li} q_{\Gamma i} (k_{1i} \omega'_i \cos \alpha_i + \sin \alpha_i) \right]. \quad (10)$$

Здесь N_i – мощность потребляемого приводом i -го конвейера, кВт; L_i – длина i -го конвейера, м; η_i – коэффициент полезного действия привода i -го конвейера; v_{li} – скорость ленты i -го конвейера, м/с; $q_{\Gamma i}$, q_{li} – соответственно погонные веса насыпного груза и ленты i -го конвейера, Н/м; q'_{pi} , q''_{pi} – соответственно погонные веса вращающихся частей роlikоопор верхних и нижних ветвей ленты i -го конвейера, Н/м; α_i – угол наклона i -го конвейера, град; k_{1i} – коэффициент, учитывающий местное сопротивление i -го конвейера; ω'_i – коэффициент сопротивления движению ленты с грузом по роlikоопорам i -го конвейера.

В формуле (10) погонная нагрузка $q_{\Gamma i}$ зависит от текущей производительности конвейера Q_i (т/ч) и определяется по формуле

$$q_{\Gamma i} = \frac{Q_i}{0,36v_{li}}. \quad (11)$$

Текущая производительность i -го конвейера системы конвейерного транспорта определяется по формуле

$$Q_i = 60m_{c_{i-1}} \quad (i = 1, n+1). \quad (12)$$

Рассмотрим систему конвейерного транспорта древовидной самоподобной структуры с бункерами (рис. 2).

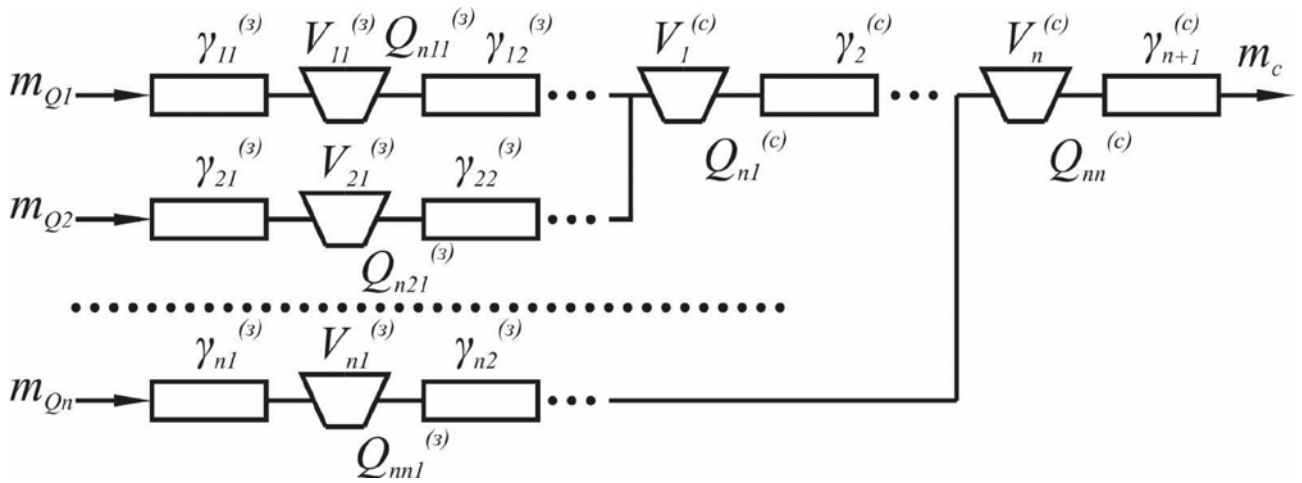


Рис. 2 – Расчетная схема самоподобной древовидной структуры соединения бункеров.

Обозначим через $\gamma_i^{(c)}, \gamma_{ij}^{(3)}$ – коэффициенты аварийности стволовых и забойных конвейеров соответственно; $V_i^{(c)}, V_{ij}^{(3)}$ – объемы бункеров стволовых и забойных путей; $Q_{ni}^{(c)}, Q_{nij}^{(3)}$ – производительности питателей стволовых и забойных путей, где $i=1, n; j=1, k_i; k_i$ – количество бункеров в i -ой забойной линии.

Согласно работы [8], пропускная способность этой системы определяется по рекуррентным формулам:

$$\text{при } m_i^{(s)} > \bar{Q}_{ni}^{(c)}$$

$$m_{ci} = \frac{\left[\frac{e^{A_{li}\rho V_i^{(c)}}}{\gamma_{\partial i}^{(c)}} + \frac{m_i^{(s)}}{(m_i^{(s)} - \bar{Q}_{ni}^{(c)})} \left(e^{A_{li}\rho V_i^{(c)}} - 1 \right) \right]}{\left[1 + \frac{e^{A_{li}\rho V_i^{(c)}}}{\gamma_{\partial i}^{(c)}} + \frac{m_i^{(s)}}{(m_i^{(s)} - \bar{Q}_{ni}^{(c)})} \left(e^{A_{li}\rho V_i^{(c)}} - 1 \right) \right]} \bar{Q}_{ni}^{(c)}, \quad (13)$$

$$\text{где } A_{li} = \frac{\mu_c \left[m_i^{(s)} (1 + \gamma_{\partial i}^{(c)}) - (1 + \gamma_{\partial i}^{(c)}) \bar{Q}_{ni}^{(c)} \right]}{\left[m_i^{(s)} (1 + \gamma_{\partial i}^{(c)}) - \bar{Q}_{ni}^{(c)} \right] \bar{Q}_{ni}^{(c)}}, \quad \gamma_{\partial i}^{(c)} = \frac{\sum_{k=1}^i m_{Qk}}{m_i^{(s)}} - 1;$$

$$m_i^{(s)} = m_{c_{i-1}} + \frac{m_{Q_i}}{1 + \gamma_{\partial i}^{(3)}}, \quad \bar{Q}_{ni}^{(c)} = \frac{Q_{ni}^{(c)}}{1 + \gamma_{i+1}^{(c)}}; \quad m_{c0} = 0; \quad \mu_c = \mu_i; \quad i = 1, n;$$

$\gamma_i^{(c)}$ – коэффициенты аварийности конвейеров стволового пути; $\gamma_{\text{э}i}^{(c)}$ – эквивалентные коэффициенты аварийности стволовых путей с бункерами; $\gamma_{\text{э}i}^{(з)}$ – эквивалентные коэффициенты аварийности забойных путей с бункерами;

при $m_i^{(s)} \leq \bar{Q}_{n_i}^{(c)}$

$$m_{c_i} = \frac{\left[1 + \frac{(Q_{n_i}^{(c)} - \bar{Q}_{n_i}^{(c)})}{(\bar{Q}_{n_i}^{(c)} - m_i^{(s)})} \left(1 - e^{-A_{2i} \rho V_i^{(c)}} \right) \right]}{\left[1 + \gamma_{i+1}^{(c)} e^{-A_{2i} \rho V_i^{(c)}} + \frac{(Q_{n_i}^{(c)} - \bar{Q}_{n_i}^{(c)})}{(\bar{Q}_{n_i}^{(c)} - m_i^{(s)})} \left(1 - e^{-A_{1i} \rho V_i^{(c)}} \right) \right]} m_i^{(s)}, \quad (14)$$

где $A_{2i} = \frac{\mu_c \left[m_i^{(s)} (1 + \gamma_{i+1}^{(c)}) - Q_{n_i}^{(c)} \right]}{m_i^{(s)} (Q_{n_i}^{(c)} - m_i^{(s)})}$, ($\mu_c = \mu_i$; $i = 1, n$).

Здесь эффективные коэффициенты аварийности забойных путей с бункерами определяются по формулам:

$$\gamma_{\text{э}i}^{(з)} = \frac{m_{c_i}^{(з)}}{m_{c_i}^{(з)}} - 1, \quad (\gamma_{\text{э}1}^{(з)} = \gamma_{\text{э}1}^{(з)}, i = 1, n), \quad (15)$$

где $m_{c_i}^{(з)}$ – средняя пропускная способность i -го забойного пути системы конвейерного транспорта с бункерами, определяемая аналогично по формулам (4) и (5).

Аналогично, как и при последовательном соединении конвейеров и бункеров, учитывая самоподобие древовидной системы конвейерного транспорта, получим рекуррентные формулы для определения средней энергоёмкости транспортирования w_c системы конвейерного транспорта самоподобной древовидной структуры с бункерами (см. рис. 2) в виде:

$$w_c = w_n^{(s)}, \quad (16)$$

где

$$w_i^{(s)} = \frac{w_{i-1}^{(s)}}{1 + \gamma_{\text{э}i-1}^{(c)}} + w_{i+1}^{(c)} + w_{i+1}^{(з)}, \quad (i=1, n), \quad (17)$$

$$\gamma_{\varepsilon_{i-1}}^{(c)} = \frac{m_i^{(s)}}{m_{c_i}} - 1; \quad m_i^{(s)} = m_{c_{i-1}} + \frac{m_{Q_i}}{1 + \gamma_{\varepsilon_i}^{(3)}}, \quad \gamma_{\varepsilon_i}^{(3)} = \frac{m_{Q_i}}{m_{c_i}} - 1, \quad (w_0^{(s)} = w_1^{(3)}, \\ w_i^{(c)} = N_i^{(c)}).$$

Здесь $w_i^{(s)}$ – мощность электроэнергии, потребляемой системой конвейерного транспорта на транспортирование горной массы на участке до $i+1$ бункера стволовой линии; $w_i^{(c)}$ – мощность электроэнергии, потребляемая i -м конвейером стволовой линии на транспортирование горной массы; $w_i^{(3)}$ – мощность электроэнергии, потребляемая i -м конвейером забойной линии на транспортирование горной массы; $\gamma_{\varepsilon_i}^{(3)}$ – эквивалентный коэффициент аварийности i -ой забойной конвейерной линии; $N_i^{(c)}$ – мощность привода i -го конвейера стволовой конвейерной линии, идущая на транспортирование горной массы, кВт; m_{Q_i} – средняя производительность i -го забоя, т/мин.

Кроме того, $w_i^{(3)}$ для каждой забойной конвейерной линии определяется согласно рекуррентным соотношениям (8), полученным для последовательного соединения конвейеров и бункера.

На основании полученных рекуррентных соотношений для систем конвейерного транспорта самоподобной древовидной системы были получены средние значения пропускной способности, энергоемкости транспортирования, а также критерий эффективности по формуле (1).

В таблицах 1 и 2 представлены исходные данные и результаты расчета указанных показателей для случаев $m_{Q_i} > Q_{n_i}$ и $m_{Q_i} \leq Q_{n_i}$ соответственно. При этом в расчетах принимались стоимость 1 т угля $C1 = 1200$ грн., стоимость 1 кВт электроэнергии $C2 = 0,75$ грн.

Таблица 1

Исходные данные и результаты расчета показателей эффективности системы конвейерного транспорта случае $m_{Q_i} > Q_{n_i}$ ($n=5; k_i = 5$)

m_{Q_i} , т/мин	$Q_{n_i}^{(c)}$, т/мин	$Q_{n_i}^{(3)}$, т/мин	$\gamma_i^{(c)}$	$\gamma_{ij}^{(3)}$	μ_i , 1/мин	$V_i^{(c)}$, м ³	$V_{ij}^{(3)}$, т/мин	m_c , т/мин	w_c , кВт	K , тыс. грн./мин
5,6	5,0	5,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0	4,42	99,0	0,85
5,6	5,0	5,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			
5,6	5,0	5,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			
5,6	5,0	5,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			
5,6	5,0	5,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			

Таблица 2

Исходные данные и результаты расчета показателей эффективности системы конвейерного транспорта случае $m_{Q_i} \leq Q_{n_i}$ ($n=5; k_i = 5$)

m_{Q_i} , Т/МИН	$Q_{n_i}^{(c)}$, Т/МИН	$Q_{n_i}^{(з)}$, Т/МИН	$\gamma_i^{(c)}$	$\gamma_{ij}^{(з)}$	μ_i , 1/МИН	$V_i^{(c)}$, М ³	$V_{ij}^{(з)}$, Т/МИН	m_c , Т/МИН	w_c , кВт	K , тыс. грн./мин
5,6	10,0	6,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0	20,69	525,5	1,18
5,6	15,0	6,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			
5,6	20,0	6,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			
5,6	25,0	6,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			
5,6	30,0	6,0	0,037	0,193	0,054	300,0	100,0			

Из таблиц 1 и 2 видно, что если производительность питателей больше грузопотоков, поступающих из лав ($m_{Q_i} \leq Q_{n_i}$), то средняя пропускная способность m_c и средняя энергоёмкость w_c увеличиваются примерно в 5 раз, а критерий эффективности K увеличивается в 1,4 раза по сравнению со случаем, когда производительность питателей меньше поступающих из лав грузопотоков ($m_{Q_i} > Q_{n_i}$).

Кроме того, из таблиц видно, что если величины грузопотоков, поступающих из лав, больше производительностей питателей ($m_{Q_i} > Q_{n_i}$), то коэффициент эффективности K системы подземного конвейерного транспорта близок к нулю ($K = 0,85$), т.е. работа системы подземного конвейерного транспорта угольных шахт не эффективна.

Расчеты показали, что при увеличении стоимости 1 кВт электроэнергии до 1 грн. ($C_2 = 1$ грн.), независимо от соотношения величин поступающих грузопотоков из лав и производительностей питателей коэффициент эффективности $K < 0$, т.е. работа системы подземного конвейерного транспорта не эффективна.

Выводы. На основании математических моделей функционирования систем подземного конвейерного транспорта угольных шахт получен алгоритм определения средней энергоёмкости транспортирования горной массы. При этом учитывались простои конвейеров и бункеров, а также структура системы конвейерного транспорта.

Определен критерий эффективности функционирования системы подземного конвейерного транспорта при различных соотношениях поступающих из лав грузопотоков и производительностей питателей бункеров.

При этом установлено, если производительность питателей системы конвейерного транспорта больше грузопотоков поступающих из лав, то средняя пропускная способность и средняя энергоёмкость транспортирования и критерий эффективности существенно увеличиваются по сравнению со случаем, когда производительность бункеров меньше грузопотоков поступающих из лав.

Наиболее существенными параметрами, влияющими на эффективность функционирования систем подземного конвейерного транспорта угольных шахт, являются величины грузопотоков, поступающих из лав, производительности питателей, объемы бункеров и стоимость 1 кВт электроэнергии.

Список литературы

1. Системы подземного транспорта на угольных шахтах / В. А. Пономаренко, Е. Л. Креймер, Г. А. Дунаев [и др.]. – М.: Недра, 1975. – 309 с.
2. Спиваковский А.О. Карьерный конвейерный транспорт / А.О. Спиваковский, М.Г. Потапов, Г.В. Приседский. – М.: Недра, 1979. – 264 с.
3. Степанов П. Б. Надежность многобункерных конвейерных линий / П. Б. Степанов, Л. М. Алотин // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1978. – №1. – С. 94-99.
4. Климов Б. Г. Оценка эффективности функционирования шахтных транспортных систем с бункерами / Б. Г. Климов, В. Я. Богуславский // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1976. – № 5. – С. 93–96.
5. Кирия Р. В. Применение фракталов к определению пропускной способности систем конвейерного транспорта горных предприятий / Р. В. Кирия // Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2010. – Випуск 2(67). – С. 167–174.
6. Кирия Р. В. Адаптивное управление конвейерными линиями горных предприятий / Р. В. Кирия, В. Ф. Монастырский, В. Ю. Максютенко // Форум гірників–2011: Матеріали міжнарод. конф., 12–15 жовтня 2011 р. – Днепропетровск: Національний гірничий університет, 2011. – С. 87–95.
7. Кирия Р. В. Математические модели функционирования систем конвейерного транспорта угольных шахт / Р. В. Кирия, Т. Ф. Мищенко, Ю. В. Бабенко // Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2014. – Випуск 1. – С. 146–158.
8. Кирия Р. В. Разработка быстрого алгоритма определения пропускной способности системы «конвейер – бункер – конвейер» / Р. В. Кирия, Т. Ф. Мищенко, Ю. В. Бабенко // Системні технології: Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2013. – Випуск 1. – С. 146–158.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ширінім Л.Н.
Надійшла до редакції 16.01.15*

УДК 622.625.28(043.5)

© І.О. Таран

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСМІСІЇ ШАХТНОГО ДИЗЕЛЕВОЗА

Установлены зависимости кругового передаточного числа замкнутого контура гидрообъемно-механической трансмиссии от характера изменения потоков мощности с учетом потерь и к.п.д. в гидрообъемных передачах, определены и доказаны условия циркуляционных и безциркуляционных режимов работы двухпоточных гидрообъемно-механических коробок передач в случаях планетарного механизма на входе и выходе.

Встановлено залежності кругового передаточного числа замкнутого контуру гідрооб'ємно-механічної трансмісії від характеру зміни потоків потужності з урахуванням втрат і к.к.д. в гідрооб'ємних передачах, визначено і доведено умови циркуляційних і безциркуляційних режимів роботи двопотокових гідро-об'ємно-механічних коробок передач у випадках планетарного механізму на вході або виході.

The dependencies of the circular transmission number of a closed circuit of hydromechanical transmission on the nature of power stream variation are identified, taking into account losses and efficiency of the hydraulic transmissions, as well as conditions of circular and noncircular operating modes of double-stream hydromechanical gears are determined and proved for the case when planetary mechanism on entry and exit to be extremely important while choosing variator type.

Вступ. Ефективність роботи рейкового транспорту шахт багато в чому визначається технічною досконалістю засобів тяги, найбільш перспективні з яких – дизелевози. Переваги дизелевозів, які використовуються у багатьох вугледобувних країнах світу, визначають актуальність робіт зі створення національних зразків, що формують перспективний напрям шахтного локомотивобудування. Силкові установки дизелевозів – теплові двигуни – не в змозі забезпечити зміну параметрів потоку механічної енергії в межах, необхідних для виконання різних тягових і маневрових робіт. Регулювання силових і швидкісних параметрів потоку механічної енергії в дизельних двигунах нерационально, тому що розширення діапазону регулювання пов'язане зі значною витратою палива і збільшенням вихлопу газів у шахтну атмосферу. Враховуючи, що ефективна передача енергії, яка реалізується в тягове зусилля, забезпечується трансмісіями, робота присвячена розвитку наукових уявлень щодо вдосконалення трансмісії шахтного дизелевоза. Трансмісія – складний багаторежимний агрегат, що вимагає визначення необхідних конструктивних параметрів, які забезпечують паливну економічність, мінімальні викиди в шахтну атмосферу, високий к.к.д. і відповідність технічних характеристик трансмісії функціональному призначенню транспортного засобу.

Таким чином, мета роботи полягає у визначенні залежностей формування та передачі потоків потужності в елементах трансмісії шахтного дизелевоза у робочому діапазоні експлуатаційних швидкостей у реальних умовах експлуатації для обґрунтування нових технічних рішень з удосконалення трансмісії шахтного дизелевоза. Для досягнення сформульованої мети необхідно теоретично встановити взаємозв'язок кругового передаточного відношення замкнутого контуру двопотокових гідрооб'ємно-механічних коробок передач з параметром регулювання гідрооб'ємних передач для визначення закономірностей у характері зміни циркуляційних і безциркуляційних режимів у робочому діапазоні.

Основні результати дослідження. У кожному транспортному засобі для трансформації обертового моменту і кутової швидкості двигуна застосовуються трансмісії, які залежно від способу зміни передаточного відношення можуть бути двох класів: ступінчасті механічні та безступінчасті (повно- і двопотокові). Розрахунково-теоретичною основою при створенні безступінчастих трансмісій транспортних засобів визнано роботи вчених Г.А. Авруніна, Є.Є. Александрова, Т.М. Башти, Д.О. Волонцевича, К.І. Городецького, Е.С. Кісточкіна, В.О. Кононенко, М.К. Крісті, А.Д. Крюкова, Ю.І. Ловцова, В.О. Петрова, Ю.Ф. Пономаренка, В.М. Прокоф'єва, В.Б. Самородова, М.В. Філичкіна, І.С. Цитовича, К.Д. Шабанова [1].

Методика матричного аналізу трансмісій базується на розділенні кінематичної схеми на структурні елементи і зв'язки між ними та побудові матричної системи на базі узагальнених матриць кожного елемента. Перспективною, з погляду універсальності та можливості реалізації за допомогою обчислювальної техніки, є методика аналізу трансмісій проф. В.Б. Самородова [2], що вибрана за базову. У квазістаціонарній постановці повна матрична система трансмісії в загальному випадку нелінійна за рахунок втрат у механічній частині трансмісії на тертя в зубчастих зачепленнях і в більшій мірі – за рахунок об'ємних і механічних втрат в гідрооб'ємній передачі. Для аналізу повнопотокової гідрооб'єм-

но-механічної трансмісії шахтного (ГОМТ) дизелевоза Д8-600 кінематичну схему його трансмісії замінено структурною (рис. 1).

Нумерація кінематичних ланок на структурній схемі проводиться у такий спосіб, щоб кожній ланці відповідало власне позначення кутової швидкості – $\omega_1 \dots \omega_6$. Моменти ланок проставляються з подвійною індексацією, перший індекс моменту збігається з номером кінематичної ланки, другий – є латинською буквою за абеткою. На кожній ланці присутні мінімум два моменти, наприклад M_{2A} і M_{2B} для кінематичної ланки № 2, яким відповідає кутова швидкість ω_2 .

Базові елементи трансмісії наведені на рис. 2.

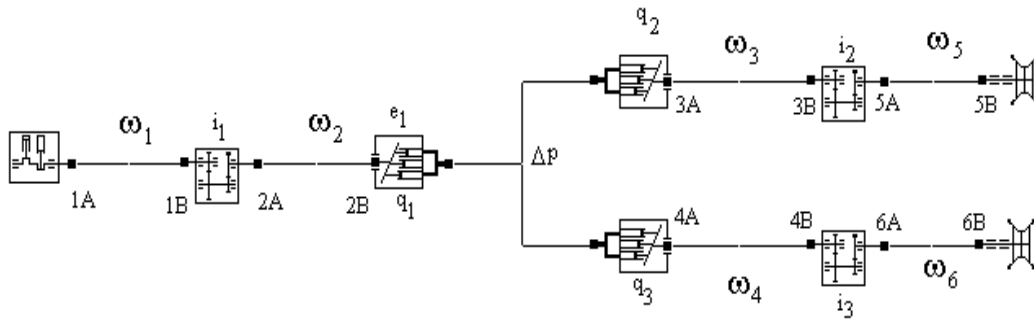


Рис. 1. Структурна схема ГОМТ дизелевоза Д8-600

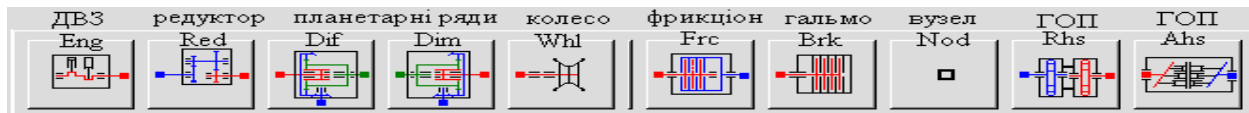


Рис. 2. Головне меню базових елементів трансмісії

Повна матрична система ГОМТ дизелевоза Д8-600 має вигляд:

$$\begin{bmatrix}
 -i_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -i_2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -i_3 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -e_1 q_1 & q_2 & q_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Sigma k_y \\
 1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \eta_1 & i_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \eta_2 & 0 & 0 & i_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \eta_3 & 0 & 0 & i_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & e_1 q_1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & q_2 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & q_3 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & M_{4A} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & M_{4B} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & M_{5A} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & M_{5B} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & M_{6A} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & M_{6B} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Delta P
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 \omega_1 \\
 \omega_2 \\
 \omega_3 \\
 \omega_4 \\
 \omega_5 \\
 \omega_6 \\
 M_{1A} \\
 M_{1B} \\
 M_{2A} \\
 M_{2B} \\
 M_{3A} \\
 M_{3B} \\
 M_{4A} \\
 M_{4B} \\
 M_{5A} \\
 M_{5B} \\
 M_{6A} \\
 M_{6B} \\
 \Delta P
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 \omega_x \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 \Delta M_1 \\
 \Delta M_2 \\
 \Delta M_3 \\
 M_x \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{bmatrix}$$

де i_1, i_2, i_3 – передаточні відношення редукторів; η_1, η_2, η_3 – к.к.д. редукторів; e_1 – параметр регулювання гідронасоса; q_1, q_2, q_3 – продуктивність гідронасоса і гідромоторів відповідно, м³/рад; $\sum k_y$ – сумарний коефіцієнт витоків у ГОП; M_{1A} – активний момент на валу двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), Н·м; Δp – перепад робочого тиску, МПа; ω_d – кутова швидкість колінчатого вала ДВЗ, отримана в процесі чисельного інтегрування при моделюванні роботи системи «двигун – трансмісія», рад/с; M_X – момент на ведучих колесах, Н·м.

Недоліком існуючої методики матричного математичного моделювання трансмісій є неможливість моделювання режимів роботи трансмісій на базі електричних передач. Для розвитку існуючої методики із застосуванням матричної алгебри і теорії електричних машин отримані матричні рівняння, що описують роботу синхронного генератора (1), частотного перетворювача (2), асинхронного двигуна (3) і електропередачі на їх базі (4):

$$\begin{bmatrix} -k_u & 0 & 1 & 0 & R_1 \\ -1 & 0 & 0 & 2\pi & 0 \\ 0 & 2\eta_r & 0 & 0 & k_u \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_1 \\ M_1 \\ U_1 \\ f_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -k_e & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -e & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \eta_c & 0 & 0 & k_e \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_1 \\ f_1 \\ I_1 \\ U_2 \\ f_2 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 2\pi(s-1) & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & k_r \eta_d & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_2 \\ f_2 \\ I_2 \\ \omega_2 \\ M_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} e(1-s) & 0 & 1 & 0 \\ 0 & \eta & 0 & e \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \omega_1 \\ M_1 \\ \omega_2 \\ M_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

де k_u – коефіцієнт, що залежить від конструктивних характеристик генератора, зокрема, від магнітного потоку постійних магнітів, сумарної довжини обмотки, зазору між ротором і статором, В·рад/с; ω_1 – кутова швидкість вала генератора, рад/с; M_1 – момент навантаження на валу генератора, Н·м; U_1 – амплітудне значення напруги, В; I_1 – амплітудна величина сили струму, А; f_1 – частота напруги, Гц; η_r – постійна складова к.к.д. генератора, яка не враховує втрати потужності на активному опорі в обмотках статора; R_1 – активний опір обмоток статора, Ом; U_1, U_2 – напруга на вході та виході перетворювача, В; I_2 – сила струму на виході перетворювача, А; η_c – постійний к.к.д. перетворювача; $e \in [0; 2]$ – параметр регулювання; $k_e \in [0; 1]$ – коефіцієнт трансформації, що відображає здатність частотного перетворювача регулювати напругу на виході; s – ковзання електродвигуна; ω_2 – кутова швидкість вала електродвигуна, рад/с; M_2 – момент на валу електродвигуна, Н·м; η – добуток к.к.д. генератора, частотного перетворювача і механічного к.к.д. асинхронного електродвигуна.

З урахуванням заміни в структурній схемі дизелевоза Д8-600 роздільної гідросистеми на систему «генератор – частотний перетворювач – електродвигун» і застосуванням введених базисних матриць нових структурних елементів, проаналізовано повнопотокову електричну трансмісію, структурна схема якої наведена на рис. 3.

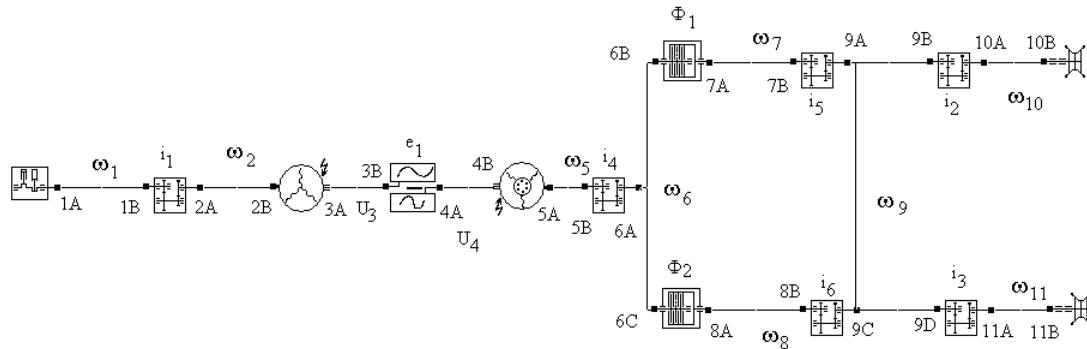


Рис. 3. Структурна схема повнопотокової електричної трансмісії

У результаті застосування повнопотокового варіанта електротрансмісії, як і у випадку повнопотокової ГОМТ, отриманий відносно низький к.к.д. трансмісії, який регламентується невисоким максимальним к.к.д. ГОП і електропередачі. У свою чергу, останній не перевищує 0,71, а з урахуванням к.к.д. редукторів загальний к.к.д. трансмісії складає не більше ніж 0,64. Перераховані недоліки властиві всьому класу повнопотокових трансмісій. Двопотокові безступінчасті трансмісії мають більш високі значення загального к.к.д. за рахунок передачі потужності не тільки через безступінчастий варіатор (ЕП або ГОП) з істотно змінним к.к.д., але і через механічну гілку з відносно високим к.к.д. Структурний та параметричний синтез безступінчастих двопотокових трансмісій дозволяє для заданого транспортного засобу визначити кінематичну схему та конструктивні параметри, оптимальні за тяговою динамікою або за к.к.д. у діапазонах найбільш імовірних робочих режимів тягово-транспортної машини, тобто максимізувати тягові й енергетичні можливості трансмісії. Застосування ЕП розглянутого типу можливо в двопотокових безступінчастих трансмісіях, кінематичні схеми яких забезпечують тільки паралельний потік потужності від двигуна до ведучих коліс по обох гілках трансмісії – механічній та електричній.

Закономірності передачі потужності по гілках двопотокових трансмісій розглянемо на прикладі двопотокових гідрооб'ємно-механічних коробок передач (ГОМ КП), які є складовою частиною ГОМТ.

Розглянемо клас двопотокових безступінчастих ГОМ КП з планетарним механізмом на виході (рис. 4). Для опису кутових швидкостей ω , параметрів регулювання e , втрат і к.к.д. η перший індекс «1» буде належати регульованій гідромашині (ГМ1), індекс «2» – нерегульованій (ГМ2) [3]. Перепад робочого тиску Δp для обох гідромашин приймемо однаковим. На рис. 7 виділені ланки Д, К, В замкнутого контуру двопотокової ГОМ КП. Як правило, перед регульованою гідромашиною ГМ1 встановлюється узгоджувальний редуктор з передаточним ві-

дношенням i_1 , а після нерегульованої гідромашини ГМ2 – редуктор з передаточним відношенням i_2 ; i_3 – передаточне відношення механічної передачі ($i_3 = 0$).

При розгляді можливих режимів роботи ГОМТ (рис. 5) на підставі закону збереження енергії були виведені універсальні співвідношення, що описують частки потужності, які передаються по гілках трансмісії:

$$\frac{N_k}{N_D} = \frac{\eta_{ГОП}^{\pm 1}}{\eta_{ГОП}^{\pm 1} - i_{dkвд}}; \quad \frac{N_e}{N_D} = \frac{\eta_{ГОП}^{\pm 1} i_{dkвд}}{i_{dkвд} - \eta_{ГОП}^{\pm 1}}, \quad (5)$$

де $\eta_{ГОП}$ – к.к.д. ГОП; $i_{dkвд}$ – кругове передаточне відношення.

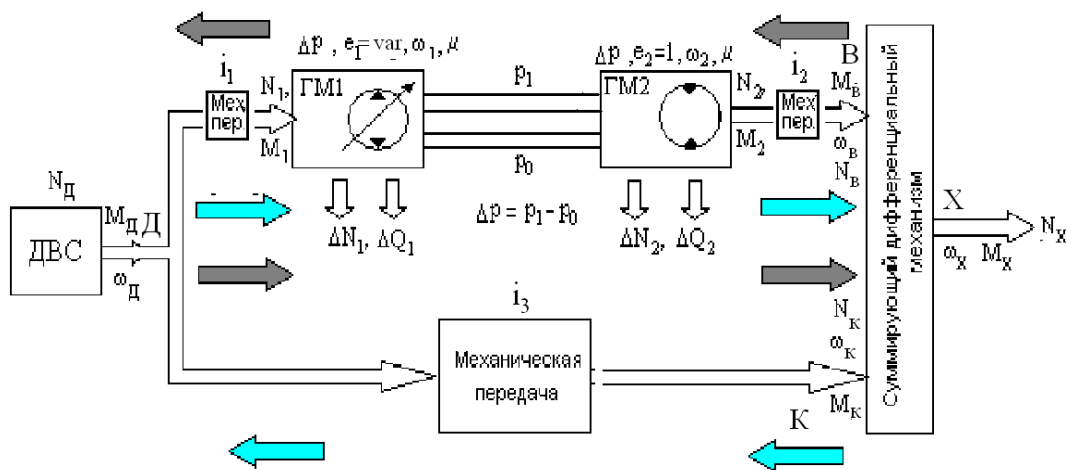


Рис. 4. Функціональна схема двопотокових безступінчастих ГОМ КП з планетарним механізмом на виході: N_1, M_1 й N_2, M_2 – потужності і моменти на валах ГМ1 і ГМ2; ω_D, N_D, M_D й ω_X, N_X, M_X – кутові швидкості, потужності й моменти на валу ДВЗ і вихідному валу; $\Delta N_1, \Delta N_2$ – сумарні гідромеханічні втрати на гідромашинах; $\Delta Q_1, \Delta Q_2$ – сумарні об'ємні втрати; p_0, p_1 – тиск навантаження і підживлення відповідно; μ – середній коефіцієнт динамічної в'язкості робочої рідини. Стрілки вказують можливі напрямки потоків потужності в двопотокових ГОМТ

В окремому випадку за відсутності втрат у ГОП ($\eta_{ГОП} = 1$) вирази (5) приводять до співвідношень, що отримані в роботах М.К. Крісті, В.І. Красенькова і О.Д. Вашеца [4], для планетарних коробок передач.

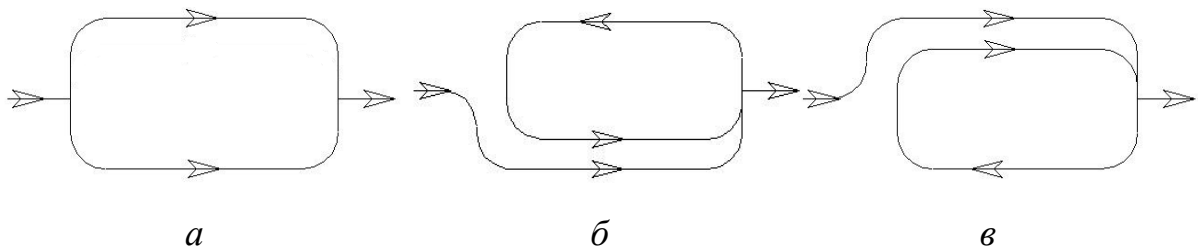


Рис. 5. Можливий розподіл потоків потужності в двопотокових ГОМТ: *a* – паралельні потоки; *б* – циркуляція через механічну гілку; *в* – циркуляція через ГОП

Отримані формули використані для побудови графіків, що дають повну і безперервну характеристику для будь-якого з розглянутих випадків відносно наявності циркулюючої потужності та її напрямку залежно від к.к.д. ГОП і кругового передаточного відношення замкнутого контуру.

У випадку 1 (рис. 5, *a*) $i_{\text{дквд}} < 0$ циркуляції потужності в контурі ДКВД немає. На рис. 9 наведені графіки відношень N_k/N_δ та N_θ/N_δ у разі відсутності втрат у ГОП та з їх урахуванням. Видно, що при зменшенні $\eta_{\text{ГОП}}$ з 1 до 0,1 відповідно зменшуються ординати відношень N_k/N_δ та N_θ/N_δ (II квадрант системи координат на рис. 6).

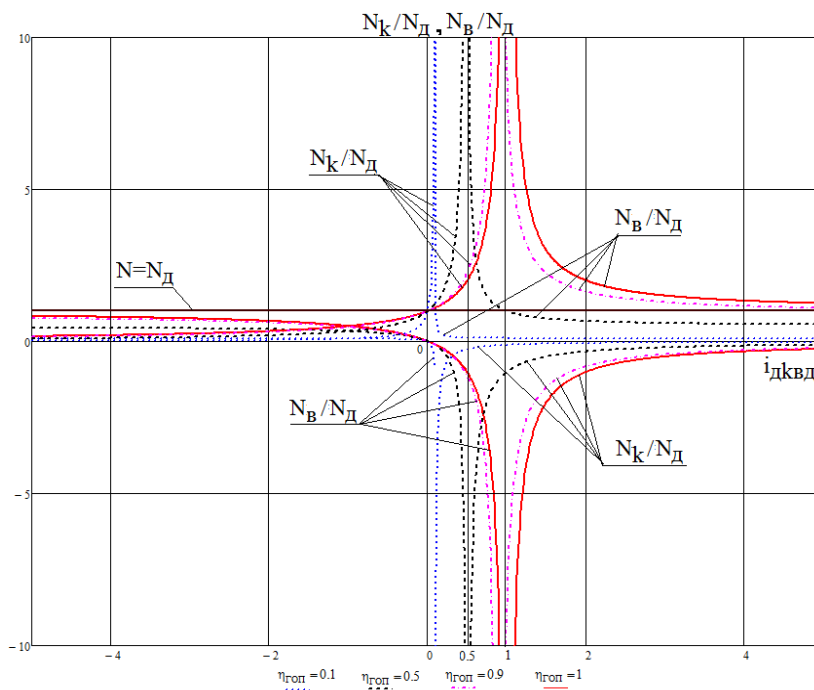


Рис. 6. Взаємозв'язок циркулюючих потужностей з круговим передаточним відношенням контуру ГОМТ для випадків 1 і 3

У випадку 3 (рис. 5, в) $i_{\partial k \partial} > 0$ і при оберненні знаменників у виразах (5) в нуль, тобто в точках перетину вертикальних асимптот з віссю $i_{\partial k \partial}$ в точках $i_{\partial k \partial} = \eta_{ГОП}$, теоретично циркулюючі потужності N_k і N_e спрямовуються в нескінченність за абсолютною величиною і мають різні знаки. При переході через точки $i_{\partial k \partial} = \eta_{ГОП}$ циркулюючі потужності змінюють знаки. Отже, циркулююча потужність N_e збігається за напрямком, а значить і за знаком, з потужністю двигуна N_d , а відношення N_k/N_d та N_e/N_d розглядаються відповідно в I і IV квадрантах системи координат (рис. 6) при $i_{\partial k \partial} > \eta_{ГОП}$. У цьому випадку ГОП і ланка B перевантажені. Зі зменшенням $\eta_{ГОП}$ від 1 до 0,1 вертикальна асимптота $i_{\partial k \partial} = \eta_{ГОП}$ наближається до осі ординат справа наліво, а циркулюючі потужності N_k і N_e зменшуються за абсолютною величиною в порівнянні з випадком відсутності втрат при $\eta_{ГОП} = 1$.

Так, при $\eta_{ГОП} = 0,5$ вертикальна асимптота $i_{\partial k \partial} = \eta_{ГОП} = 0,5$; при $\eta_{ГОП} = 0,9$ – $i_{\partial k \partial} = \eta_{ГОП} = 0,9$; при $\eta_{ГОП} = 0,1$ – $i_{\partial k \partial} = \eta_{ГОП} = 0,1$. Слід зазначити, що у випадку 3 циркуляція потужності починається при $\eta_{ГОП} = 0,5$ та триває з ростом $i_{\partial k \partial}$. Однак втрати в ГОП і її к.к.д. суттєво змінюють характер циркуляції потужності. Так, в інтервалі $0,5 < i_{\partial k \partial} < 1$ при $\eta_{ГОП} = 0,5$ без урахування втрат (при $\eta_{ГОП} = 1$) у замкнутому контурі ГОМ КП теоретично повинна бути циркуляція за випадком 2 із зворотним потоком потужності через ГОП, проте з урахуванням втрат (при $\eta_{ГОП} = 0,5$) у цьому інтервалі спостерігається циркуляція за випадком 3 з прямим потоком потужності через ГОП.

Таким чином, доведено суттєвий вплив втрат в ГОП і їх к.к.д на кругове передаточне відношення замкнутого контуру, що в свою чергу впливає на перерозподіл потоків потужності в ньому, тому що значення й напрямки потоків енергії, які передаються ланками двопотокової передачі визначаються тільки значенням і знаком кругового передаточного відношення замкнутого контуру.

Особливістю безступінчастих двопотокових ГОМТ є те, що для повного максимально ефективного використання кінематичного і силового діапазону ГОП її робота на кожному швидкісному діапазоні повинна супроводжуватися попереминою зміною параметра регулювання e ГОП (і ГОМТ у цілому) в інтервалах $e \in [-1; 1]$ і $e \in [1; -1]$. При цьому крива швидкості вихідної ланки ω_x трансмісії (і, звичайно, лінійна швидкість V дизелевоза) при перемиканні з діапазону на діапазон зростає плавно і безступінчасто. Тому похідна $\frac{di_{xd}}{dV} > 0$ як

для випадку $\frac{de}{dV} > 0$, так і для $\frac{de}{dV} < 0$. Це добре ілюструється «пилоподібними» регулювальними характеристиками (РХ) ГОМТ – залежностями відносного параметра регулювання e від швидкості руху машини V .

Для безступінчастих ГОМТ існує два типа «пилоподібних» РХ [5]. Перший тип РХ проходить через нуль, це нульова або реверсивна РХ, і позначається

ся як РХ (0). Другий тип – нереверсивна РХ починається при $V = 0$ і $e = \pm 1$ і позначається як РХ (± 1).

При аналізі апробованими методами теорій машин і механізмів замкнутих двопотокових передач та класичної безступінчастої двопотокової ГОМТ з планетарним механізмом передач (ПМП) на виході за ПМП прийнятий механізм, що складається з n планетарних рядів, який на кожному j -му діапазоні зводиться в даній структурі ГОМТ до еквівалентного ПМП з двома ступенями вільності. Одна з його ведучих ланок пов'язана з колінчатим валом двигуна $\omega_k = \omega_\partial$, друга через узгоджувальний редуктор i_1 , гідромашини ГМ1 і ГМ2 та редуктор i_2 також пов'язана з двигуном: $\omega_g = e i_1 i_2 \omega_\partial$. Веденою ланкою є ланка ω_x . Припустимо, що на першому швидкісному діапазоні $\omega_2 = \omega_g$, $\omega_3 = \omega_x$. Очевидно, що $\omega_k = \omega_g$, $\omega_g = e i_1 i_2 \omega_\partial$, $\omega_\partial = const$. З використанням для ПМП рівняння Вілліса:

$$\frac{\omega_k - \omega_x}{\omega_g - \omega_x} = k \Rightarrow (1 - k)\omega_x = \omega_k - k\omega_g = \omega_\partial - kei_1i_2\omega_\partial.$$

Кінематичний параметр ПМП або внутрішнє передаточне відношення $i_{kg} = \left. \frac{\omega_k}{\omega_g} \right|_{\omega_x=0} = k$. Для визначеності встановимо умови рушання машини на I ді-

апазоні: – при $k < 0$ ($i_{kg} < 0$), $\omega_x = 0 \Rightarrow e = \frac{1}{ki_1i_2} = -1 < 0$;

– при $k > 0$ ($i_{kg} > 0$), $\omega_x = 0 \Rightarrow e = \frac{1}{ki_1i_2} = +1 > 0$.

Максимальне значення кутової швидкості ω_x веденої ланки ГОМ КП досягається: – при $k < 0$, $e = 1$, $\omega_x = \frac{1 - ki_1i_2(+1)}{1 - k} \omega_\partial > 0$;

– при $k > 0$, $e = -1$, $\omega_x = \frac{1 - ki_1i_2(-1)}{1 - k} \omega_\partial > 0$.

Очевидно, ці кутові швидкості однакові та відповідають у випадку 1 кінцю висхідної РХ (-1) при $e = +1$, а у випадку 2 – кінцю спадної РХ ($+1$) при $e = -1$. Причому висхідній РХ (-1) відповідає від'ємне значення i_{kg} , а спадній РХ ($+1$) – додатне значення i_{kg} . Певно, що з ростом ω_x похідна $\frac{d}{dV} \left(\frac{\omega_x}{\omega_\partial} \right) > 0$. З

урахуванням того, що передаточне відношення ГОМ КП від вихідної ланки x до

двигуна $i_{x\partial} = \frac{\omega_x}{\omega_\partial} = \frac{1 - ki_1i_2e}{1 - k}$, то $\frac{d}{dV} \left(\frac{\omega_x}{\omega_\partial} \right) = -\frac{ki_1i_2}{1 - k} \frac{de}{dV} > 0$, звідки на висхідній

РХ (-1) при $\frac{de}{dV} > 0$ внутрішнє передаточне відношення ПМП $k < 0$, $i_{k\delta} = k < 0$, а на спадній РХ (+1) – $\frac{de}{dV} < 0$, тоді $k > 0$, $i_{k\delta} = k > 0$. Знак кругового передаточного відношення з урахуванням $i_{\delta k} = 1$, $i_{k\delta} = k$, $i_{\delta\delta} = i_1 i_2 e$:

$$\begin{aligned} \text{sign}(i_{\delta k \delta}) &= \text{sign}(i_{\delta k} i_{k\delta} i_{\delta\delta}) = \text{sign}(1 \cdot k i_1 i_2 e) = \\ &= \text{sign}\left(k i_1 i_2 2 \left[\frac{V - V_{1\min}}{V_{1\max} - V_{1\min}} - \frac{1}{2} \right] \text{sign} \frac{de}{dV}\right). \end{aligned}$$

Для висхідної РХ (-1) при $\frac{de}{dV} > 0$ $k < 0$, $i_{k\delta} = k < 0$ – для будь-якої швидкості першої половини швидкісного діапазону при $V \in [0; 0,5V_{1\max}]$:

$$\begin{aligned} \text{sign}(i_{\delta k \delta}) &= \text{sign}(k) \text{sign}(i_1 i_2) \text{sign}\left[\frac{V - V_{1\min}}{V_{1\max} - V_{1\min}} - \frac{1}{2} \right] \times \\ &\times \text{sign} \frac{de}{dV} = (-1) \cdot (+1) \cdot (-1) \cdot (+1) = 1 > 0. \end{aligned}$$

Для спадної РХ (+1) при $\frac{de}{dV} < 0$ $k > 0$, $i_{k\delta} = k > 0$ – для будь-якої швидкості першої половини швидкісного діапазону при $V \in [0; 0,5V_{1\max}]$:

$$\begin{aligned} \text{sign}(i_{\delta k \delta}) &= \text{sign}(k) \text{sign}(i_1 i_2) \text{sign}\left[\frac{V - V_{1\min}}{V_{1\max} - V_{1\min}} - \frac{1}{2} \right] \times \\ &\times \text{sign} \frac{de}{dV} = (+1) \cdot (+1) \cdot (-1) \cdot (-1) = 1 > 0 \end{aligned}$$

У контурі безступінчастих двопотокових ГОМ КП у першій половині швидкісного діапазону при $V \in [0; 0,5V_{1\max}]$, як при $e \in [-1; 0]$ на висхідній РХ (-1), так і при $e \in [+1; 0]$ на спадній РХ (+1), має місце циркуляція потужності, зворотний потік потужності через ГОП і виконуються умови $i_{\delta k \delta} > 0$ і $\text{sign}\left(e \frac{de}{dV}\right) < 0$. Аналогічно одержимо таке: в контурі безступінчастих двопотокових ГОМТ у другій половині швидкісного діапазону при $V \in [0,5V_{1\max}; V_{1\max}]$ як

при $e \in [0; 1]$ на висхідній РХ (-1), так і при $e \in [0; -1]$ на спадній РХ (+1), відсутня циркуляція потужності та виконуються умови $i_{\partial k \partial} < 0$ і $\text{sign}(e \frac{de}{dV}) > 0$.

Докладні обчислення проведені для всіх шести можливих станів планетарного механізму передач на виході з ГОМ КП для спадної РХ (+1) [6].

Дослідження показують, що на спадних РХ (+1) $i_{k\partial}$ завжди додатне, а в першій половині швидкісного діапазону до перетину регульовальної характеристики з віссю швидкості V циркуляція в двопотокових ГОМ КП з ПМП на виході завжди має місце із зворотним потоком потужності через ГОП, проте в другій половині швидкісного діапазону до максимальної швидкості на ньому має місце паралельний потік потужності в ГОМ КП та прямий потік потужності через ГОП. Аналогічно розглянутий клас двопотокових безступінчастих ГОМ КП з планетарним механізмом на вході. У зв'язку з відсутністю циркуляцій потужності в ГОМ КП, у яких ПМП розташований на вході, такі безступінчасті коробки передач є більш перспективними і можуть агрегатуватися необоротними варіаторами.

Висновки:

1. Створення двопотокової електромеханічної трансмісії, в якій центральний вузол, що забезпечує безступінчасте регулювання, повинен працювати як у прямому, так і в зворотному потоці потужності, неможливе. Електрична передача може застосовуватися в двопотокових трансмісіях, схеми і конструкції яких забезпечують тільки паралельні потоки потужності, або у складі повнопотокової електромеханічної трансмісії.

2. Для аналізу трансмісій шахтних дизелевозів використана методика матричного моделювання. У ході чисельного експерименту встановлено, що повнопотокові гідрооб'ємно-механічні та електромеханічні трансмісії мають неприйнятно низький к.к.д. (0,6 – 0,7 – для ГОМТ, 0,64 – 0,71 – для ЕМТ), регламентований невисоким максимальним к.к.д. ГОП та електропередачі й низькі тягові та техніко-економічні характеристики. Це властиво всьому класу повнопотокових трансмісій.

3. Доведена лема про наявність або відсутність циркуляцій потужності в трансмісії, що визначає вибір типу використовуваного варіатора. Встановлено, що у зв'язку з відсутністю циркуляцій потужності в ГОМ КП, в яких ПМП розташований на вході, такі безступінчасті коробки передач є більш перспективними.

4. Встановлено взаємозв'язок кругового передаточного відношення двопотокових гідрооб'ємно-механічних коробок передач з параметром регулювання гідрооб'ємних передач у всіх можливих випадках розташування планетарного механізму на вході та виході, що дозволило встановити залежності формування, розподілу та передачі потоків потужності по гілках двопотокових гідрооб'ємно-механічних трансмісій.

Список літератури

1. Александров Е.Е. Динамика самоходного транспортного средства с двухпоточной ГОМТ / Е.Е. Александров, И.В. Музыка, В.Б. Самородов // Динамика и прочность машин. – Харьков: Вища шк., 1985. – Вып. 42. – С. 99 – 104.
2. Самородов В.Б. Основы теории автоматизированной генерации математических моделей трансмиссий / В.Б. Самородов // Механика и машиностроение. – 1998. – № 1. – С. 109 – 115.
3. Самородов В.Б. Научное обоснование структуры силовых матричных систем моделирующих работу гидрообъемно-механических трансмиссий / В.Б. Самородов // Вестник ХГПУ. – 1999. – Вып. 47. – С. 33 – 37.
4. Красеньков В.И. Проектирование планетарных механизмов транспортных машин / В.И. Красеньков, А.Д. Вашец. – М.: Машиностроение, 1986. – 272 с.
5. Таран И.А. Результаты исследования закономерностей распределения потоков мощности на примере трансмиссии шахтного дизелевоза / И.А. Таран // Збірник наукових праць НГУ. – 2012. – № 37. – С. 190 – 198.
6. Таран И.А. Взаимосвязь кругового передаточного отношения двухпоточной трансмиссии с параметром регулирования в случае планетарного механизма на выходе / И.А. Таран // Науковий вісник НГУ. – 2012. – № 3. – С. 78 – 85.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ширінім Л.Н.
Надійшла до редакції 16.01.15*

ОЦІНКА МОДИФІКОВАНОГО ГРУНТОВОГО МАСИВУ НА ОСНОВІ ШЛАКУ ТА ВАПНА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ТЕХНОЛОГІЇ ДВОФАЗНОГО ЗМІШУВАННЯ

Наведені результати випробувань для нового матеріалу, який був створений в лабораторних умовах. Композит отримав нові властивості, що дозволяє застосовувати його в основах підземних споруд.

Приведены результаты исследований для нового материала, который был создан в лабораторных условиях. Композит получил новые свойства, что позволяет применять его в основании подземного сооружения.

The research results are presented for the new material, which was created in the laboratory. The material has received the new properties that can be used in the base of the underground construction.

Вступ. Боротьба зі слабкими ґрунтами в основі підземної споруди на даний момент має велике значення, так як все частіше під забудову освоюються території з несприятливими гідро-геологічними умовами, на яких планується зводити об'єкти зі значними статичними і динамічними навантаженнями, що обумовлює актуальність досліджень в області стабілізації ґрунтових масивів. Насичені водою слабкі глинисті ґрунти неможливо закріпити існуючими методами (цементация, бітумізація, полімеризація), тому необхідно створювати нові ефективні методи закріплення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Метод глибинного змішування почав застосовуватись і досліджуватись в Індії та Японії з 1975 р. [1, 2, 3]. Основні роботи в цьому напрямку виконувалися зарубіжними вченими. Всі дослідження були спрямовані на вивчення закріплених ґрунтів стандартними цементними в'язучими [4, 5, 6]. Та мало приділялося уваги вивченню багатокомпонентного закріплення слабких ґрунтових масивів в декілька технологічних фаз. Спроби вивчення впливу різних хімічних речовин та властивостей слабких перенасичених ґрунтів виявлені в роботах [7, 8, 9].

Формування цілі роботи. Проаналізувати механізм формування ґрунтового композиту за допомогою технології глибинного змішування ґрунту з доменним шлаком, або вапном в комплексі з цементом. Розробити теоретичні передумови, спрямовані на регулювання параметрів закріпленого ґрунтового масиву. Визначити ефективність застосування запропонованого методу закріплення.

Викладення основного матеріалу. В рамках даних дослідів, на першому етапі були виконані випробування двох видів сумішей: текучого суглинку зі шлаком (склад наведено в таблиці 1) при додаванні активатора у вигляді гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ та різному співвідношенні доданого шлаку, та суміші текучого суглинку з негашеним вапном. На другому етапі в стабілізований ґрунт додавався портландцемент та через 28 діб виконувались дослідження отриманого ґрунтового композиту. Шлак та вапно застосовувались у вигляді молотого порошку з питомою поверхнею $S=300-350 \text{ м}^2/\text{кг}$. Активатор $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ додавався в кількості 2% від маси при застосуванні шлаку.

Досліди виконувались для визначення впливу кількості доданого в'язучого на першому та другому етапах на міцнісні характеристики зразків, а також виявлення різниці між зразками, виконаних в лабораторних та польових умовах, за допомогою спеціальної будівельної техніки, для визначення коригуючих параметрів.

Таблиця 1.

Оксид	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	CaO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	MgO
Відсоткове співвідношення	1%	9%	18%	1%	45%	5%	-	11%

Таблиця 2.

Намивний пісок дрібний, маловологий	
Природна вологість, W	0,1-0,36
Питома вага γ_s , кН/м ³	17
Питома вага сухого ґрунту γ_d , кН/м ³	15,5
Коефіцієнт пористості e	0,64
Модуль деформації E, МПа	20
Кут внутрішнього тертя ϕ , °	32
Питоме зчеплення C, кПа	2
Суглинок текучо-пластичний, водонасичений	
Природна вологість, W	0,31
Вологість на границі текучості, W _L	0,34
Вологість на границі розкатування, W _p	0,20
Число пластичності I _p	0,15
Показник текучості I _L	0,8
Питома вага γ_s , кН/м ³	18,2
Питома вага сухого ґрунту γ_d , кН/м ³	14,1
Коефіцієнт пористості e	0,86
Ступінь вологості S _r	0,96-1,0
Відносний вміст органічних речовин	0,04
Модуль деформації E, МПа	4
Кут внутрішнього тертя ϕ , °	13
Питоме зчеплення C, кПа	18
Пісок дрібний, водонасичений	
Природна вологість, W	0,134
Питома вага γ_s , кН/м ³	17,5
Питома вага сухого ґрунту γ_d , кН/м ³	15,8
Коефіцієнт пористості e	0,54
Ступінь вологості S _r	1,0
Модуль деформації E, МПа	20
Кут внутрішнього тертя ϕ , °	32
Питоме зчеплення C, кПа	2

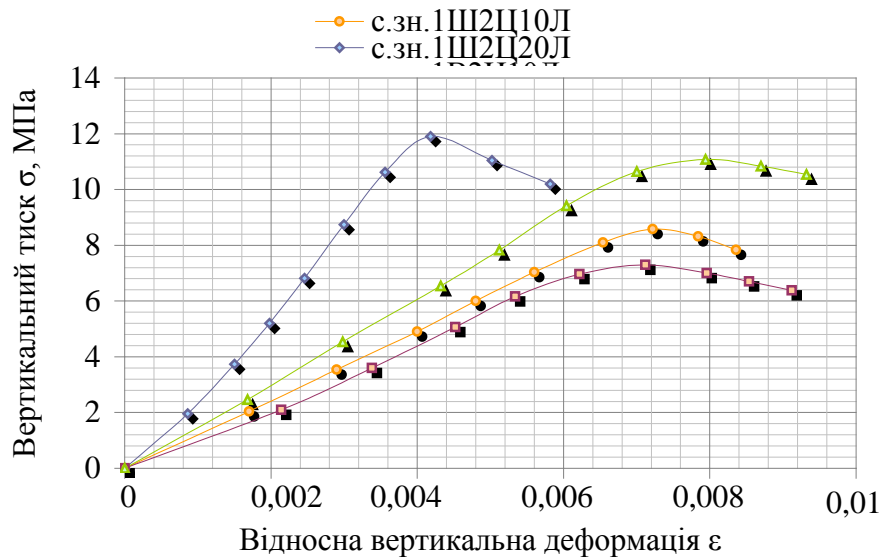


Рис. 1. Результати випробувань закріпленого ґрунтового матеріалу після двох фаз змішування в лабораторних умовах

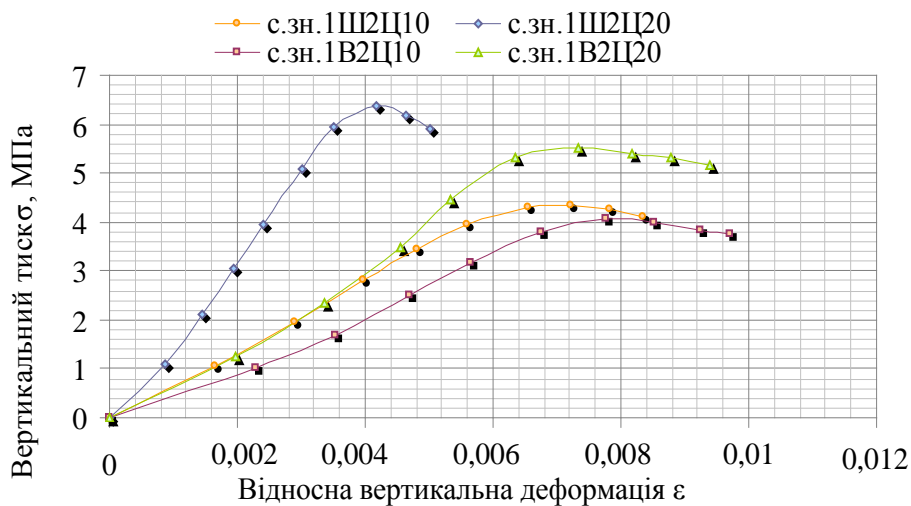


Рис. 2. Результати випробувань закріпленого ґрунтового матеріалу після двох фаз змішування в польових умовах

Випробування ґрунтового матеріалу виконувались з використанням пристроїв на одновісне стискання та однопліщинний зріз. Використання декілька пристроїв дозволило провести комплекс випробувань при різних видах напружено-деформованих станів та траєкторіях навантаження.

Для даних експериментів були виконані декілька колон діаметром 650 мм і глибиною до 17 м в ґрунтовому масиві на дослідній ділянці будівельного майданчику. Для виконання колон закріпленого ґрунту використовувався буровий станок з гідравлічним приводом, зі спеціальним обладнанням для глибокого змішування. Детально характеристики ґрунтів дослідної ділянки представлені в таблиці 2.

В результаті досліджень отримали матеріал з якісно новими показниками міцності в порівнянні з характеристиками ґрунту в початковому стані. Всі показники міцності на декілька порядків вище початкових. Були виконані

порівняльні графіки для даного матеріалу при різних компонентах стабілізатора а також умов виготовлення.

З рис. 1 видно що зразки, для закріплення яких застосовувався шлак та цемент (1Ш2Ц10Л та 1Ш2Ц20Л) мають більшу міцність на стискання та відповідно модулі пружності та модулі зсуву ніж зразки, в закріпленні яких застосовувалось вапно (1В2Ц10Л та 1В2Ц20Л). Аналогічна тенденція спостерігається зі зразками, що виконані в польових умовах (рис. 2). Зразки для закріплення яких застосовувався шлак мають більш високі показники міцності ніж зразки з вмістом вапна. Це можна пояснити тим, що гідравлічно активний шлак має властивості більш схожі з цементом, тому матеріал в результаті стає більш жорсткішим. Але, при цьому, матеріал, для створення якого застосовувалось вапно, має більшу піддатливість що також не погано при впливі динамічних навантажень. Окрім цього збільшення вмісту цементу в другій фазі з 10% до 20% значно збільшує показники міцності не залежно від стабілізатора, що застосовувався на першій фазі.

Треба відмітити той факт, що щільність отриманого композиту, для усіх видів сумішей, знаходиться в межах 16,7-18,9 кН/м³, що вказує на той факт, що незакріплений ґрунт ущільнюється за рахунок введення додаткового об'єму речовин в загальній кількості 40% від об'єму закріпленого ґрунту. Модуль деформації для ґрунтового матеріалу становить близько 1860 МПа.

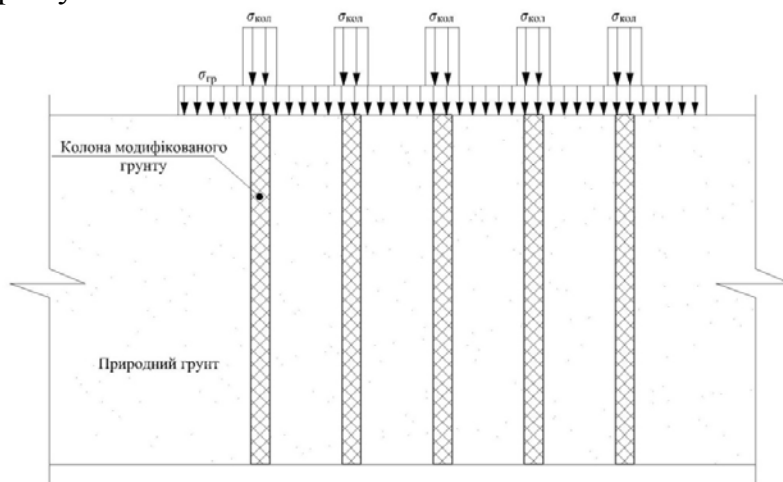


Рис. 3. Розрахункова схема геомасиву, що закріплений колонами модифікованого ґрунту

Незакріплений ґрунт може сприймати навантаження значно менші ніж колони з ґрунтового композиту. На рис. 3 представлена розрахункова схема масиву, закріпленого колонами модифікованого ґрунту. Схема показує, як в реальних умовах буде розподілене навантаження на геомасив.

Нами були проведені розрахунки дослідної ділянки в програмному комплексі Plaxis. Спочатку провели розрахунки ділянки без закріплення, для визначення основних показників геомасиву під статичним навантаженням 250кН/м² в комплексі з динамічним навантаженням з амплітудою 30кН/м² і частотою 60 Гц, що відповідають навантаженню на фундамент підземної транспортної споруди.

Для розрахунку прийняли $d_{\text{кол}}=1$ м, крок колон $L_c=2$ м, ширина умовної фундаментної плити $B=10$ м, товщина 0,5 м.

Армування масиву колонами модифікованого ґрунтового матеріалу дозволяють знизити вплив статичних і динамічних навантажень до мінімуму.

У випадку армованого масиву геотехнічна система працює якісно по іншому. При дії навантажень на незакріплений масив основні вертикальні переміщення відбуваються в найближчих шарах ґрунтів і сумарно становлять в нашому випадку 90 мм. А при створенні в масиві армуючих колон, за допомогою технології глибинного змішування, в переміщенні приймають участь всі шари через які проходять колони та, в комплексі з покращеними міцнісними характеристиками ґрунтового матеріалу колон, в геотехнічній системі відбуваються мінімальні сумарні переміщення, що становлять 4,8 мм.

У випадку з незакріпленим масивом виникають великі горизонтальні деформації, що свідчить про зсувні процеси в товщі слабких ґрунтів, що неприпустимо для підземних будівельних об'єктів (загальні горизонтальні переміщення становлять близько 50 мм). Але при застосуванні закріплення масиву колонами з ґрунтового матеріалу, горизонтальні переміщення зменшуються в багато раз та мають розподілений характер, в такому випадку сумарні горизонтальні деформації становлять 1,2 мм.

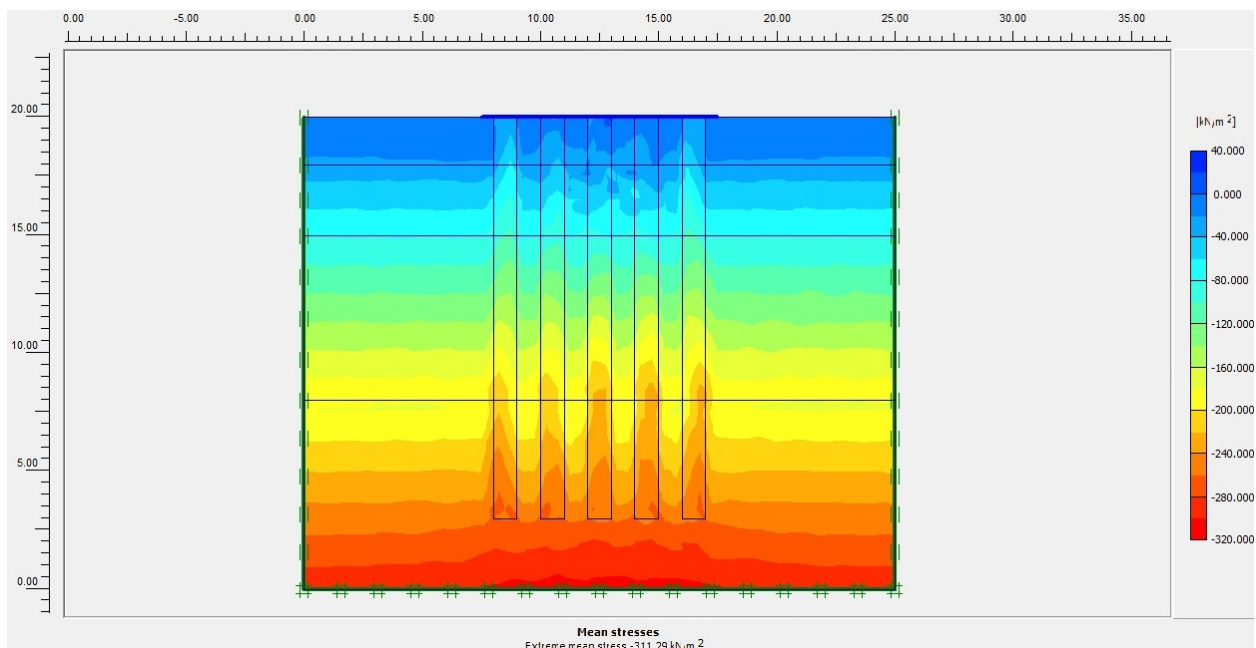


Рис. 4. Сумарні напруження в масиві без закріплення та з закріпленням

По рис. 4 можна спостерігати, яким чином перерозподіляються напруження в закріпленому геомасиві, видно що колони сприймають більші напруження ніж оточуючий ґрунт, що дозволяє зняти частину напруження з оточуючих слабких ґрунтів.

Висновки. З дослідів стало зрозуміло, що даний спосіб модифікації ґрунтового масиву є дуже ефективним, а зважаючи на економічну складову більш прийнятним ніж класичний спосіб будівництва на пальових фундаментах так як економічний ефект при використанні модифікації ґрунтового масиву шлаком та вапном є дуже значним.

Отже економічна ефективність використання технології глибинного змішування за двофазною схемою становить близько 30%.

Це означає, якщо для нашого транспортного тунелю необхідно влаштувати 5 паль (колон) на 1 п.м. то економічна ефективність на 1 п.м. при

використанні двофазної технології глибинного змішування буде становити 33350 грн (На 2013 рік) Що є суттєвим показником, якщо враховувати можливі обсяги робіт.

Список літератури

1. Brooms, B.B. and Boman, P. (1975), "Lime stabilized column", Proc. 5th Asian Regional Conf., Bangalore, Indian Institute of Science, Vol. 1, 1975, pp. 227-234.
2. Okumura, T. and Terashi, M. (1975), "Deep lime mixing method of stabilization of marine clays", Proc. 5th Asian Regional Conf., Bangalore, Indian Institute of Science, Vol. 1, 1975, pp. 69-75.
3. Nagaraj, T.S. (1996), "Prediction of strength development by cement admixture based on water content", Proc. 2nd Int. Conf. on Ground Improvement Geo-systems, Grouting and Deep Mixing, Tokyo, Vol. 1, 1996, pp. 431-436.
4. Kamaluddin, M. and Balasubramaniam, A.S. (1995), "Over consolidated behavior of cement treated soft clay", Proc. 10 Asian Regional Conf. of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Thailand, 1995, pp. 407-412.
5. Uddin, K., Balasubramaniam, A.S. and Bergado, D.T. (1997), "Engineering behavior of cement treated Bangkok soft clay", Geotechnical Engineering Journal, Vol. 28, no. 1, pp. 89-119.
6. Yin, J.H. and Lai, C.K. (1998), "Strength and Stiffness of Hong Kong Marine Deposits Mixed with Cement", Geotechnical Engineering Journal, Vol. 29, no. 1, pp. 29-44.
7. Самедов А.М. и др. Взаимосвязь вязкопластического течения масс пород с инфильтрацией водного раствора в процессе закрепления оснований сооружений. /А.М. Самедов, Е.В. Скобленко, Вісник, НТУУ «КПІ», серія «Гірництво», вип. 18, К.: 2009, с.27÷34.
8. Ткач Д.В. Процес формування ґрунтового композиту із насиченого водою глинистого ґрунту на основі шлаку в основі підземної споруди. / Д.В. Ткач, Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Островського», Кременчук, КрНУ, Випуск 6, 2013, с.110÷113.
9. Самедов А.М. Укрепление переувлажненных глинистых грунтов молотой негашеной известью или жженой магнезией. / А.М. Самедов, Д.В. Ткач, Известия Тульского государственного университета «Науки о Земле» выпуск 2, Тула, ТулГУ, 2012, с. 162÷170

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Шашенком О.М.
Надійшла до редакції 16.01.15*

ДЕФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО СООРУЖЕНИЯ ПРИ НАБУХАНИИ ПОДСТИЛАЮЩЕГО СЛОЯ ОТ УВЛАЖНЕНИЯ ГОРЯЧЕЙ ВОДОЙ

В статье рассмотрены особенности строительства подземных сооружений на намывных песках с подстилающим набухающим слоем грунта при увлажнении горячей водой. Проведены исследования свойств набухающих грунтов и обоснованы эффективные методы инженерных мероприятий, направленных на увеличение надежности и долговечности сооружений.

В статті розглянуто особливості будівництва підземних споруд на намивних пісках з підстиляючим набухаючим шаром ґрунту при зволоженні гарячою водою. Проведено дослідження властивостей набухаючих ґрунтів та обґрунтовані ефективні методи інженерних заходів, спрямовані на збільшення надійності і довговічності споруд.

The article describes the features of underground construction on alluvial sands with the underlying layer of swelling soil, moistened with hot water. The research on properties of swelling soils is conducted and effective methods of engineering measures aimed at increasing the reliability and durability of structures are proved.

Вступление. Как показывает строительная практика, недооценка деформаций набухания и усадки глинистых грунтов в основаниях приводит к преждевременным повреждениям конструкций сооружений вследствие неравномерных и длительных деформаций грунтов их оснований. Проблема набухания грунтов основания в строительстве зданий, особенно под тепловыми сооружениями, возникает в том случае, если глинистый грунт под фундаментом из-за уменьшения уплотняющих давлений или увеличения содержания влаги в грунте начинает набухать.

Глинистые набухающие грунты имеют широкое распространение. Достаточно, например, указать, что в Индии более 30% территории занимают так называемые хлопковые почвы, способны интенсивно увеличиваться в объеме при замачивании. Такие грунты распространены в Египте, Южно-Американской республике, Южной и Северной Корее, Бирме, США, в районах Поволжья, Закавказской республике, Казахстане, на Крымском полуострове, Павлодарском Прииртышье, в Европейских странах: Германии, Польше, Австрии, Словакии, Франции, Англии, Китае, Латинской Америке, Новой Зеландии и т.д.

Возведенные на набухающих глинистых грунтах тепловые сооружения, при работе которых выделяется большое количество теплоты и распространяется на большую глубину, нагревает подземные воды до кипения, создает подъем уровня подземных вод.

Можно привести множество случаев из практики строительства и эксплуатации зданий и сооружений (особенно тепловых сооружений), когда деформация набухания грунтов основания привела к аварийным ситуациям.

Набухание глинистых грунтов при взаимодействии с водой (особенно с горячей водой), носит сложный физико-химический, химико-минералогический и реологический характер. Отрицательные влияния температурных факторов на

деформацию набухания глинистых грунтов не изучены и при проектировании тепловых сооружений влияние воды на свойства глинистых грунтов принимают без учета высокой температуры воды.

Анализ последних исследований и публикаций. В литературных источниках [1-4] приведены свойства набухающих грунтов, а также расчет и проектирование сооружений при строительстве на набухающих грунтах, которые изучены многими учеными, однако до сих пор не исследовано изменение оснований под подошвой сооружений состоящих из подстилающих набухающих грунтов, когда они находятся под намывными песками малой толщины и подвергаются увлажнению горячей водой.

Формулирование цели работы. Исследование процесса деформирования основания подземного сооружения на намывных песках с подстилающим набухающим слоем грунта при увлажнении горячей водой. Установить возможное набухание подстилающего слоя под намывными грунтами и подземным сооружением для принятия эффективных методов, направленных на увеличение надежности и долговечности сооружений.

Изложение основного материала. В лаборатории были исследованы образцы из подстилающих под намывным песчаным слоем монтмориллонитовых глин, взятые под дном открытого котлована будущего подземного сооружения бурением скважины. В результате исследований были получены следующие показатели: предел пластичности при текучести - $W_L=0,72$; предел пластичности при раскатывании - $W_p=0,52$; число пластичности $I_p=W_L-W_p=0,72-0,52=0,20>0,17$ – глина; удельный вес частицы $\gamma_s=27,6\text{кН/м}^3$; удельный вес в природном состоянии $\gamma=19,4\text{кН/м}^3$; удельный вес в сухом состоянии $\gamma_d=17,6\text{кН/м}^3$; природная влажность $e_0 = 0,535$, модуль общей деформации в природном состоянии без увлажнения $E_0=36,0$ МПа, после увлажнения водой при $T=60^\circ\text{C}$ до водонасыщения $W_{sat}=0,30$; $E'_{0,60^\circ\text{C}}=8,2$ МПа (в 4 раза меньше, чем без увлажнения, E_0); коэффициент жесткости набухающего грунта при набухании (коэффициент постели) $K_0=1,1\cdot 10^4$ кН/м³; пороговое давление набухания при увлажнении водой $T=60^\circ\text{C}$, $P_{sw,60^\circ\text{C}}=0,55$ МПа, а при увлажнении водой $T=20^\circ\text{C}$, $P_{sw,20^\circ\text{C}}=0,40$ МПа; нижняя граница области давления набухания при увлажнении водой $T=60^\circ\text{C}$, $P'_{sw,60^\circ\text{C}}=0,32$ МПа, а при $T=20^\circ\text{C}$, $P'_{sw,20^\circ\text{C}}=0,24$ МПа;

Сила сцепления в природном состоянии $c=0,068$ МПа, при увлажнении водой $T=60^\circ\text{C}$, $c'_{60^\circ\text{C}}=0,0034$ МПа (в 20 раз меньше, чем $c=0,068$ МПа), а при $T=20^\circ\text{C}$, $c''_{20^\circ\text{C}}=0,0042$ МПа (в 13 раз меньше, чем без увлажнения); угол внутреннего трения в природном состоянии $\varphi=19^\circ 40'$, при увлажнении водой $T=60^\circ\text{C}$, $\varphi'_{60^\circ\text{C}}=5^\circ 45''$ (в 4 раза меньше, чем φ), при увлажнении водой $T=20^\circ\text{C}$, $\varphi''_{20^\circ\text{C}}=6^\circ 33'$ (в 2,8 раза меньше, чем φ).

Изменения относительных деформаций набухания ε_{sw} и усадки ε_{sh} зависят от влажности при замачивании W_{sw} и от уплотняющего давления P_{sw} , можно определить формулами:

- а) относительная деформация набухания:
 - от увлажнения:

$$\varepsilon_{sw} = \left[1 - e^{-\alpha_H (W - W_H)} \right] \beta_T \quad (1)$$

- от уплотняющих давлений:

$$\varepsilon_{sw} = \left[\varepsilon_{sw,H} \left(1 - \frac{P}{P_{sw}} \right)^{m_0} \right] \beta_T \quad (2)$$

б) относительная деформация при усадке:

$$\varepsilon_{sh} = 1 - e^{-\alpha_y (W - W_{sh})} \quad (3)$$

где $e=2,72$ – величина логарифма натурального; α_H – параметр, зависящий от свойства и состояния набухающих глин, определяется по формуле:

$$\alpha_H = \frac{1}{W_{sw} - W_H} \ln \frac{1}{1 - \varepsilon_{sw,k}} \quad (4)$$

где W_H – начальная влажность; W_{sw} – изменение влажности при набухании; $W_{sw,k}$ – относительная деформация набухания, соответствующая по влажности W_{sw} ; m_0 – параметр нелинейной деформируемости грунта при набухании, определяют компрессионными испытаниями, в наших случаях $m_0=1,12$.

Параметр при усадке α_y определяется формулой:

$$\alpha_y = \frac{1}{W_H - W_{sh}} \ln \frac{1}{\varepsilon_{sh,H}} \quad (5)$$

где W_{sh} – влажность при усадке; ε_{sh} – относительная деформация усадки, соответствующая по начальной влажности W_H ; β_T – коэффициент, зависящий от температуры воды при увлажнении набухающих глин:

При $T=18-25^\circ\text{C}$, $\beta_T=1,0$; при $T=40^\circ\text{C}$, $\beta_T=1,2$; при $T=60^\circ\text{C}$, $\beta_T=1,35$; при $T=80^\circ\text{C}$, $\beta_T=1,55$.

Возможное набухание подстилающего слоя под намывными грунтами и подземным сооружением показано на рис. 1.

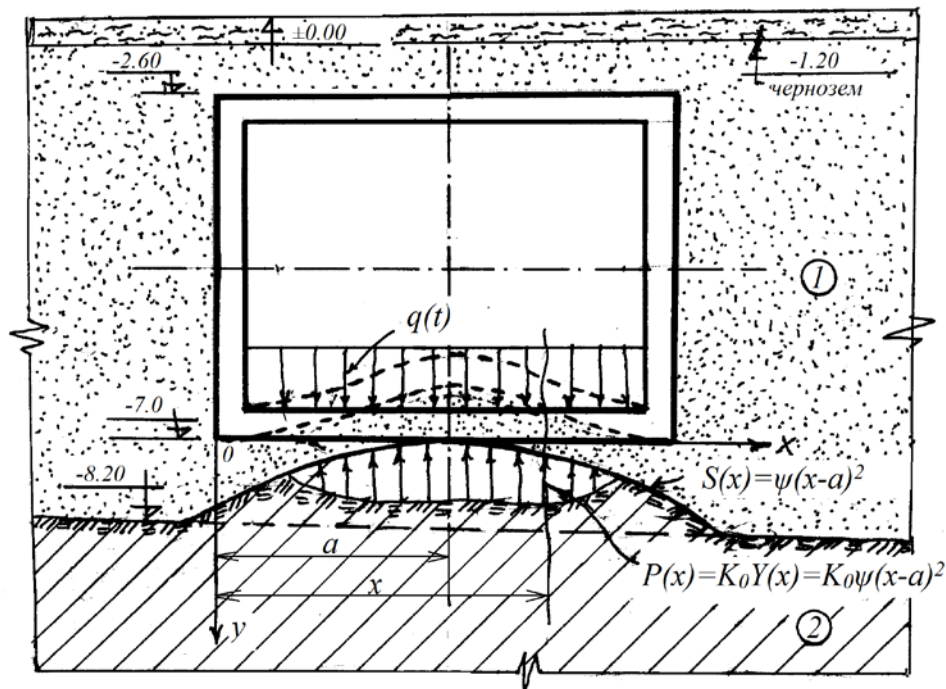


Рис. 1. Расчетная схема при набухании подстилающего слоя основания под сооружением и под намывным песком: 1 – намывной песок; 2 – набухающая монтмориллонитовая глина мощностью 8м.

Поверхность «бугра» или максимальная траектория набухающей глины при гидротермальном увлажнении на произвольном x расстоянии определяется формулой квадратной параболы следующего вида:

$$S = \psi(x-a)^2 = \psi l^2 x^2 = 1,1 \cdot 10^{-2} \cdot 6^2 \quad (6)$$

где $\psi=10^{-2}\text{м}^{-1}$ - показатель криволинейной траектории при набухании; $l=2a$; a – половина ширины сооружения; x – произвольное расстояние от начала системы координат.

Реактивное давление подстилающего набухающего слоя под подошвой сооружения будет:

$$S(x) = \psi l^2 x^2 = 10^{-2} \cdot 6^2 \cdot x^2$$

$$P(x) = k_0 \psi(x-a)^2 = 1,1 \cdot 10^4 \cdot 10^{-2} \cdot (x-3)^2 = 1,1 \cdot 10^2 (x-3)^2.$$

Зная траекторию набухания подстилающего слоя из набухающей глины $S(x)$, прогиб днища сооружения $Y(x)$, реактивное давление $P(x)$ можно вычислить изгибающие моменты $M(x)$, перерезывающих сил $Q(x)$ и угла поворота $\theta(x)$ в любых сечениях днища сооружения.

Выводы. Подстилающие глинистые грунты, оставшиеся под намытыми песками в основаниях подземных сооружений при гидротермальном увлажнении могут набухать и деформировать сооружения. Сила набухания монтмориллонитовой глины при увлажнении горячей водой может достигать до $1500\text{кН/м}^2=1,50\text{МПа}$, что значительно превышает давление через дно подземного сооружения на основание и может деформировать конструкцию любых сооружений.

Определены изменения относительных деформаций набухания и усадки, траектория поверхности набухания, реактивные давления при набухании.

Получены необходимые параметры для расчета оснований сооружений, состоящих из подстилающего набухающего грунта при увлажнении горячей водой и водой комнатной температуры.

Список литературы

1. Самедов А.М. Расчет и проектирование подземных сооружений мелкого заложения: монография / А.М. Самедов. – Киев, НТУУ «КПИ», 2013. – 851с.
2. Ухов С.Б. Механика грунтов, основания и фундаменты / С.Б. Ухов. – М.: Высшая школа, 2002. – 527с.
3. Месчан, С.Р. Экспериментальная реология глинистых грунтов / С.Р. Месчан. — Ер.: Гитутюн, 2005. – 498 с.
4. Воблых В.А., Дионисьев-Македонский А.Д., Омар-М.Ш. Расчет подъема основания и фундамента при набухании грунта // Науковий вісник будівництва (ХДТ УБА). – 2000. – Вип. 11. – С.131–137.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Шашенком О.М..
Надійшла до редакції 17.01.15*

О РАСЧЕТЕ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ ОСНОВАНИЙ ПРИ ЗАМЕНЕ СТРУКТУРНО-НЕУСТОЙЧИВЫХ ГРУНТОВ

Рассмотрены основные принципы расчета виброизолирующих оснований при замене структурно-неустойчивых грунтов в грунтовых массивах под подошвой и с боковых сторон подземных сооружений. Составлены и решены уравнения колебательных движений виброизолирующих оснований, которые состоят из реологических элементов жесткости упругой пружины и жесткости неупругих сопротивлений в виде амортизатора вязкости трения или вязкости Ньютона.

Розглянуто основні принципи розрахунку виброизолирующих підстав при заміні структурно-нестійких ґрунтів в ґрунтових масивах під подошвою і з бічних сторін підземних споруд. Складено й вирішені рівняння коливальних рухів виброизолирующих підстав, які складаються з реологических елементів жорсткості пружної пружини і жорсткості непружних опорів у вигляді амортизатора в'язкості тертя або в'язкості Ньютона.

The basic principles for calculating antivibration foundations when replacing structurally unstable soils into groundwater arrays under the sole and sides of underground structures. Formulated and solved equation oscillatory motions antivibration bases, which consist of the rheological stiffeners elastic spring stiffness and internal damping of damper friction or viscosity Newtonian viscosity.

Вступление. Основания подземных сооружений часто состоят из структурно-неустойчивых грунтов, которые подробно рассмотрены в работе [5].

Основание под сооружением подвергается динамическим воздействиям и имеет колебания, которые необходимо виброизолировать. Это изложено в трудах [1-4], однако до сих пор отсутствуют способы расчета виброизолирующих оснований подземных сооружений.

Результаты исследований. При проектировании подземных сооружений часто встречаются основания, состоящие из структурно-неустойчивых грунтов. К структурно-неустойчивым грунтам относятся грунты, которые при некоторых добавочных внешних воздействиях (замачивании, оттаивании, вибрации и т.п.) коренным образом изменяют свою структуру, т.е. дают значительные просадки, осадки, смещения, разжижения, выдавливания в сторону, набухания, лавинные разрушения структурных связей между частицами и другие виды деформаций (хотя и устойчивые в обычных природных условиях).

К структурно-неустойчивым грунтам относятся: лессовые глины, лессовидные супеси и суглинки – как просадочные, илистые, слабо-глинистые супеси и суглинки, органо-минеральные и водно-каллоидные и пылеватые отложения, которые обладают разжижаемостью и тиксотропными свойствами при нарушении их структурных связей, заторфованные органо-минеральные грунты с содержанием органических веществ от 10-60% и более 60%, обладающие весьма большой и неравномерной сжимаемостью, ленточные озерно-ледниковые глинистые отложения большой мощности, состоящие из отдельных тонких слоев (толщиной до 1 см) глины, суглинки и супеси покрытые водой, в которых при динамических нагрузках нарушаются

коллоидные связи и увеличивается количество свободной воды, возникает текучее состояние в основаниях сооружений. Прочностные параметры ленточных глин имеют величины: -угол внутреннего трения $\varphi = 12 \div 19^\circ$, сила сцепления $c = 0,01 \div 0,03$ МПа, коэффициент сжимаемости $m_0 = 0,2 \div 0,3$ МПа.

Набухающие – монтмориллонитовые, бентонитовые, каолиновые глины относятся к структурно-неустойчивым грунтам и при увлажнении набухают и резко изменяют сопротивление сдвигу – уменьшается модуль деформации с 40МПа до 5МПа, угол внутреннего трения уменьшается в несколько раз, а сцепление до 15 раз, сила набухания может достичь $1,2 \div 1,5$ МПа (до 1500 кН/м^2), которая значительно превосходит давление от фундаментов на их основания. Поэтому допускать развития сил набухания по подошве фундамента ни в коем случае нельзя.

Из приведенного выше следует, что для подземных сооружений необходимо заменять структурно-неустойчивые грунты виброизолирующим основанием. Как известно, виброизоляция оснований обеспечивает долговечность подземных сооружений в процессе эксплуатации при динамических воздействиях.

Для расчета виброизолирующего объекта, принимаем подземное сооружение в виде тоннеля прямоугольного сечения: ширина $2a$, высота $2b$, длина L , находящееся в структурно неустойчивых грунтах из торфяных и лессовых просадочных суглинков как показано на рис. 1.

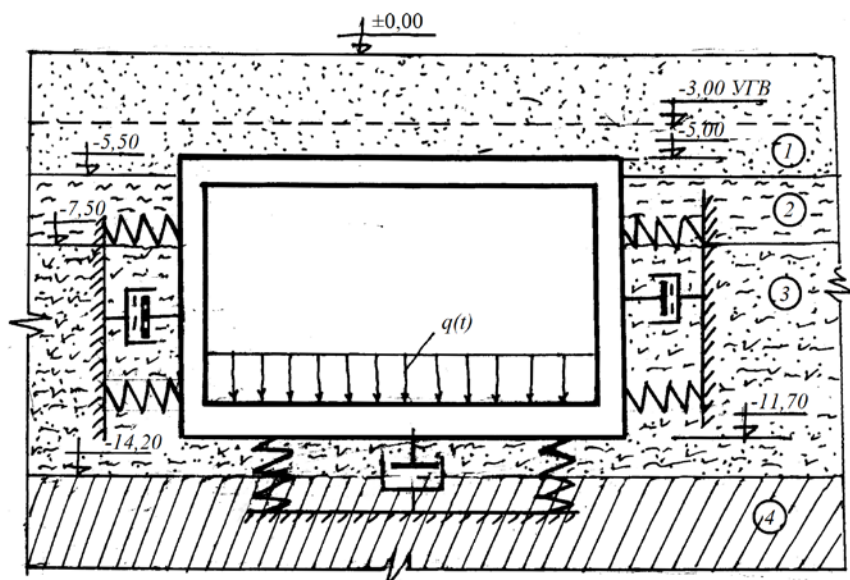


Рис.1. Схема расположения подземного сооружения в массиве из структурно-неустойчивых грунтов: 1 – пылеватый песок; 2 – торф; 3 – лессовый суглинок по II-му типу просадочности; 4 – глина полутвердая, мощностью 9,5 м. (до отм. 23,70)

В верхней части тоннеля находятся пылеватые пески от отметки 3,0м ниже поверхности земли уровень грунтовых вод в водонасыщенном состоянии

до 2,5 м, т.е. до отм. -5,5 м, а затем торф до отм. -7,5 м. Ниже торфяного слоя до отм. -14,2 м находится лессовый суглинок по II-му типу просадочности. Эти грунты относятся к структурно-неустойчивым грунтам и для оснований подземных сооружений не пригодны. Поэтому необходимо виброизолирующее основание, которые заменит эти грунты.

Для расчета виброизолирующего основания принимаем реологические модели грунтов в виде пружины упругого элемента и амортизатора вязкого трения или гидравлический демпфер (силы вязкого трения – вязкость Ньютона), как показано на рис.1

На виброизолирующие основания действуют нагрузки $q(t) = q_{ст} + \beta q_d$, где $q_{ст}$ – статические нагрузки от собственного веса сооружения и технического оборудования, кН/м, $\beta=1,5$ – коэффициент уплотнения материалов основания, q_d – динамические нагрузки от технологического оборудования, кН/м.

От действия собственного веса сооружения, технологических машин и механизмов статические и динамические нагрузки передаются от площади подошвы сооружения на виброизолирующее основание, которое создает колебания вдоль вертикальной оси z с учетом внутреннего трения основания. Уравнения колебаний виброизолированного основания можно выразить с помощью упругой пружины и вязкого демпфера т.е. в комплексной форме:

$$mW^I + (1+i\gamma_z)K_1w = P_{oz}(\cos w_0 t + i \sin w_0 t), \quad (1)$$

где m – масса сооружения с технологическим оборудованием, кН, условно отрезанного участка длиной 1 пог. м.; w – перемещение по оси z; W^I – производные перемещения w , относительно оси z, т.е. $d^2w/dz^2 = W^I$; i – мнимая единица; γ_z – коэффициент потерь внутреннего трения; t – время действия динамических нагрузок; P_{oz} и w_0 – соответственно амплитуда и круговая частота силы от $q(t)$. Амплитуду P_{oz} можно определить с помощью жесткости неупругого сопротивления или вязкости Ньютона c_z и амплитуды перемещения α_{oz} следующей формулой:

$$P_{oz} = c_z \alpha_{oz}; \quad c_z = \gamma_z K_z; \quad \gamma_z = \frac{c_z}{K_z}; \quad K_z = \frac{Gd}{8c^2 n}, \quad (2)$$

где G – модуль сдвига для пружины; d – диаметр проволоки пружины, см; $c = \frac{D}{d}$ – показатель пружины, D – диаметр спирали пружины, см; n – количество витков в пружине.

Логарифмический декремент колебания δ_z тесно связан с коэффициентом потери γ_z и определяется формулой :

$$\delta_z = \pi \gamma_z \quad (3)$$

В демпферах с жидкостью сила трения Ньютона пропорциональна скорости колебания. Тогда уравнения колебания основания с присоединенным (без пружины) демпфером вязкости Ньютона будет иметь вид:

$$mW^I + \alpha_z W^I + K_z W = P_{oz} \cos w_0 t \quad (4)$$

где α_z – коэффициент сопротивления жидкости, который можно определить из условия $\alpha_z^2 \leq 4mK_z$.

Таким образом, виброизолирующие основания под подошвой подземного сооружения можно рассчитать с помощью жесткости упругих элементов в виде пружины и жесткости неупругих сопротивлений в виде демпфера, как амортизатор вязкости трения Ньютона.

Выводы. Для оснований подземных сооружений массив их структурно-неустойчивых грунтов непригоден без инженерных мероприятий. Часто применяемые инженерные мероприятия являются очень дорогостоящими и не обеспечивают устойчивости и долговечности сооружений при эксплуатации.

Основания подземных сооружений, состоящие из структурно-неустойчивых грунтов необходимо заменять виброизолирующими податливыми материалами, которые являются надежными и долговечными при динамических воздействиях.

Расчет виброизолирующих оснований выполняется с помощью применения реологических элементов в виде жесткости упругих пружин и вязкого демпфера, т.е. амортизатора вязкого трения или вязкость Ньютона. С участием этих двух реологических элементов составляется уравнение колебаний виброизолированного основания в комплексной форме и дается решение с включением определений входящих параметров.

Список литературы

1. Корнев Б.Г. и др. О колебаниях башенных сооружений, оборудованных динамическими гасителями / Б. Г. Корнев, Л. М. Резников, - Строительная механика и расчет сооружений, №2, 1968. – С. 22-28.
2. Мартышкин В. С. Виброизоляция. Справочник проектировщика. Динамический расчет зданий и сооружений. Под редак. проф. Б. Г. Корнева, И. М. Рабиновича: Стройиздат, 1984. – С. 229-253.
3. Самедов А. М. Расчет и проектирование подземных сооружений глубокого заложения. Киев, НТУУ «КПИ», 2012. – 649с.
4. Сорокин Е. С. К теории внутреннего трения при колебаниях упругих систем, Наука, М.: 1960. – 260 с.
5. Цытович Н. А. и др. Основания и фундаменты / Н. А. Цытович, В. Г. Березанцев, Б. И. Далматов, М. Ю. Абелев. – Изд. «Высшая школа», М.: 1970. – 382 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Шашенко О.М.
Надійшла до редакції 16.01.15*

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗТАШУВАННЯ СИСТЕМИ ГРУНТОЦЕМЕНТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ТІЛІ ЗСУВНОГО МАСИВУ

Виконано аналіз підвищення стійкості схилів шляхом зміни міцнісних характеристик ґрунтів за допомогою технології струминної цементації. Встановлена залежність коефіцієнту загальної стійкості схилу від висоти ґрунтоцементних елементів та відстані між ними.

Выполнен анализ повышения устойчивости склонов путем изменения прочностных характеристик ґрунтов с помощью технологии струйной цементации. Установлена зависимость коэффициента общей устойчивости склона от высоты ґрунтоцементных элементов и расстояния между ними.

The analysis of slope stability improvement by changing Strength characteristics of soil with the help of jet grouting. Dependence coefficient overall stability of the slope height grout to cemented elements and the distance between them.

Вступ. У зв'язку з активною забудовою територій в Україні в умовах земельного дефіциту зростає роль ділянок із складним рельєфом, гідрогеологічною будовою та можливим розвитком небезпечних інженерно-геологічних процесів – зсувів.

Проектування в таких умовах передбачає застосування додаткових заходів щодо забезпечення стійкості зсувонебезпечних ділянок і вимагає комплексного підходу до вирішення задач надійної експлуатації будівель і споруд та збереження навколишнього середовища. Роботи щодо запобігання виникнення зсувів передбачають проведення ряду геологічних досліджень із встановлення причин, що викликають їх. Аналіз НДС дає змогу вчасно передбачити заходи направленні на підвищення стійкості масиву ґрунту і в разі необхідності, застосувати протизсувні заходи.

Активні причини виникнення зсувних явищ можуть бути повністю усунені низкою заходів [1], вибір та застосування яких в повній мірі залежить від ризику виникнення зсувних процесів у кожному конкретному випадку. Питання вибору безпосередньо пов'язане з питаннями їх надійності та вартості: дорожче, але надійніше чи дешевше, але з більшою вірогідністю аварій.

Кожний із таких заходів, має свої переваги та недоліки, але серед основних недоліків, які їх об'єднують, можна виділити матеріаломісткість та високу вартість виконання, що призводить до необхідності пошуку нових конструктивних рішень.

Застосування, як конструктивно-технологічного засобу зміцнення ймовірної зсувної зони – зони розвитку пластичних деформацій, сучасної технології струминної цементації (Jet-grouting) слабких основ, яка відрізняється високою ефективністю, швидкістю спорудження паль в складних інженерно-геологічних умовах, дає можливість підвищити і зберегти стійкість схилу. Однак у фаховій літературі та проектних рішеннях відсутні дані про специфіку їх

впливу на стійкість зсувонебезпечних схилів та розвиток пластичних деформацій.

Метою роботи - визначення параметрів розташування системи ґрунтоцементних елементів та їх впливу на загальну стійкість зсувонебезпечного схилу.

Викладення основного матеріалу. Стійкість схилів забезпечується за рахунок підвищення міцнісних характеристик ґрунтів внаслідок чого збільшується опір зрушенню масиву ґрунту в схилі, перешкоджаючи таким чином утворенню потенційних поверхонь ковзання. Закріплення ґрунтів схилу виконують в межах зони пластичних деформацій шляхом армування ґрунтоцементними елементами. Останні виконують не на всю глибину товщі зсувонебезпечного схилу, а лише в межах зсувонебезпечної товщі, потужність якої визначається шляхом виконання розрахунків стійкості схилів із застосуванням сучасних програмних комплексів, розрахунок стійкості в яких базується на теорії пластичності.

Додаткове підсилення зсувонебезпечної зони схилу змінює сформований напружено-деформований стан від масових сил та зупиняє подальший розвиток пластичних деформацій в верхній зоні цього схилу, що призводить до зміни поверхні ковзання внаслідок наявності зміцнених зон. Визначення впливу величини елементів і максимальної відстані між ними на напружено-деформований стан схилу є важливою геотехнічною задачею, розв'язок якої вимагає детального дослідження напружено-деформованого стану зсувонебезпечного масиву. Величина елементів і відстань між ними також впливають на економічні показники технології.

Зважаючи на попередні міркування проведено чисельне моделювання НДС схилу в природному стані із пропорційним зниженням міцнісних характеристик (зниження Φ , c) доти, поки не відбудеться руйнування. Аналогічне моделювання виконано для схилу із влаштованими ґрунтоцементними елементами. Стійкість схилу оцінювалася коефіцієнтом загальної стійкості, який може визначатися як відношення фактичної міцності ґрунту на зрушення до міцності на зрушення в граничному стані. Якщо в якості умови граничної рівноваги прийнята умова міцності Кулона - Мора, то коефіцієнт загальної стійкості визначається виразом [3]:

$$\xi = \frac{c + \sigma_n \tan \varphi}{c_r + \sigma_n \tan \varphi_r}$$

де c і φ - міцнісні характеристики ґрунтів в основі; σ_n - фактична нормальна напружка; c_r і φ_r - значення міцнісних характеристик ґрунтів у граничному стані.

Стійкість при цьому визначається коефіцієнтом $\sum M_{sf}$.

$$\sum M_{sf} = \frac{c}{c_r} = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi_r}$$

Для встановлення залежностей коефіцієнта загальної стійкості від параметрів розташування ґрунтоцементних елементів та крутизни схилу проведено комп'ютерне моделювання тестової задачі при кутах 30° , 35° , 40° , 45° для таких ґрунтів як, пісок та супісок характеристики яких наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики ґрунтів для яких виконувалось моделювання.

№ ПЕ	Назва ґрунту	Щільність	Коефіцієнт фільтрації	Коефіцієнт Пуассона	Модуль деформації	Питоме зчеплення	Кут внутрішнього тертя
		γ	k	ν	E	C	ϕ
		[кН/м ³]	[м/добу]		[кПа]	[кПа]	[$^\circ$]
1	Пісок дрібний середньої щільності	15,8	1,0	0,3	28000	5	27
2	Супісок лесовидний	17,9	0,5	0,25	17000	17	17

За даними розрахунків побудовано графіки (рис. 1-6) на яких прослідковується залежність загальної стійкості схилу від кроку та висоти елементів у його тілі. Виявлено, що стійкість суттєво залежить як від відстані між елементами так і від їх висоти. Цей факт підтверджує теоретичні передумови щодо утримуючої здатності елементів. Нижче наведені графіки залежності коефіцієнта стійкості від зміни кута нахилу.

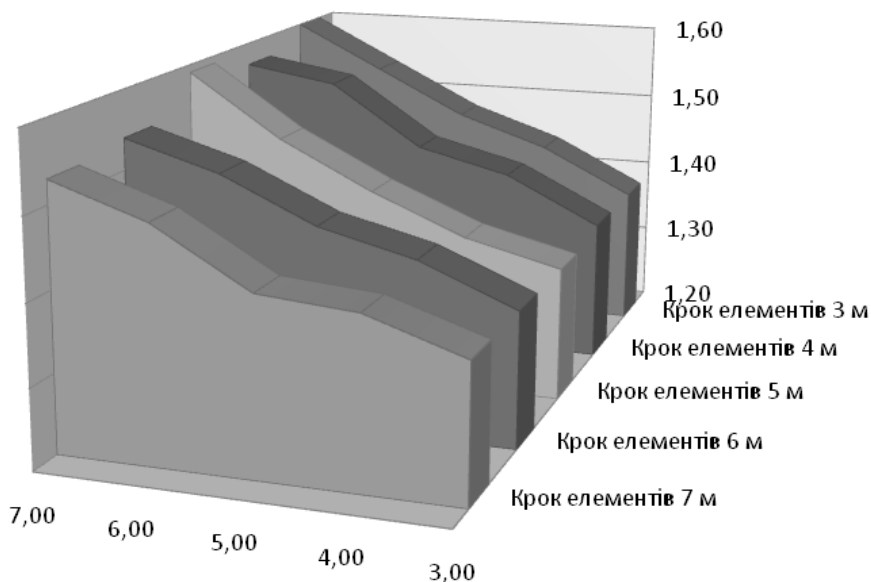


Рис. 1. Графік залежності загальної стійкості схилу складеного піщаними ґрунтами від частки елементів у його тілі для кута нахилу 30° .

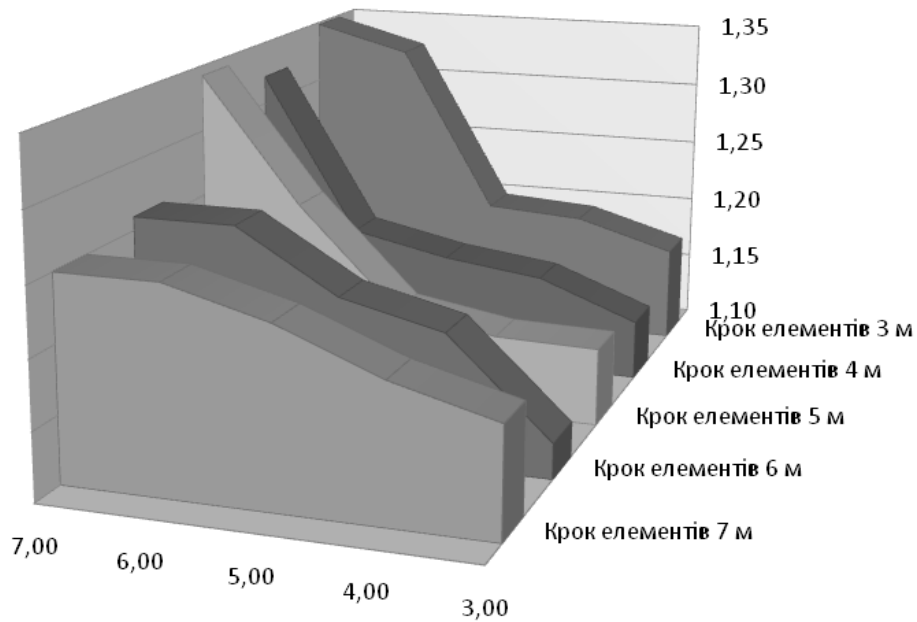


Рис. 2. Графік залежності загальної стійкості схилу складеного піщаними грунтами від кроку та висоти елементів у його тілі для кута нахилу 35° .

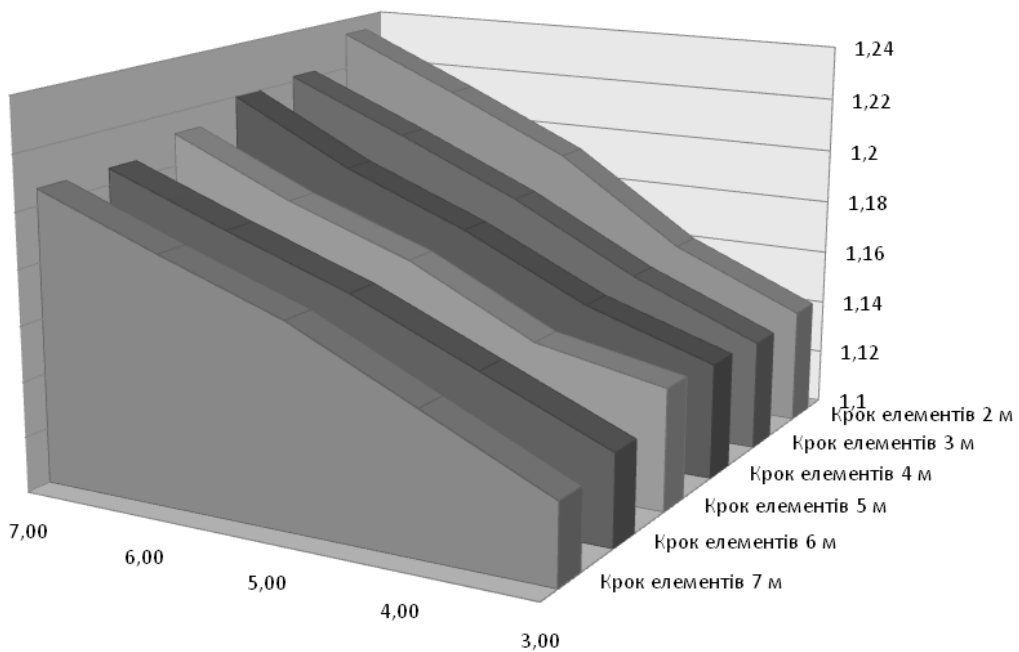


Рис. 3. Графік залежності загальної стійкості схилу складеного глинистими грунтами (супісок) від кроку та висоти елементів у його тілі для кута нахилу 30° .

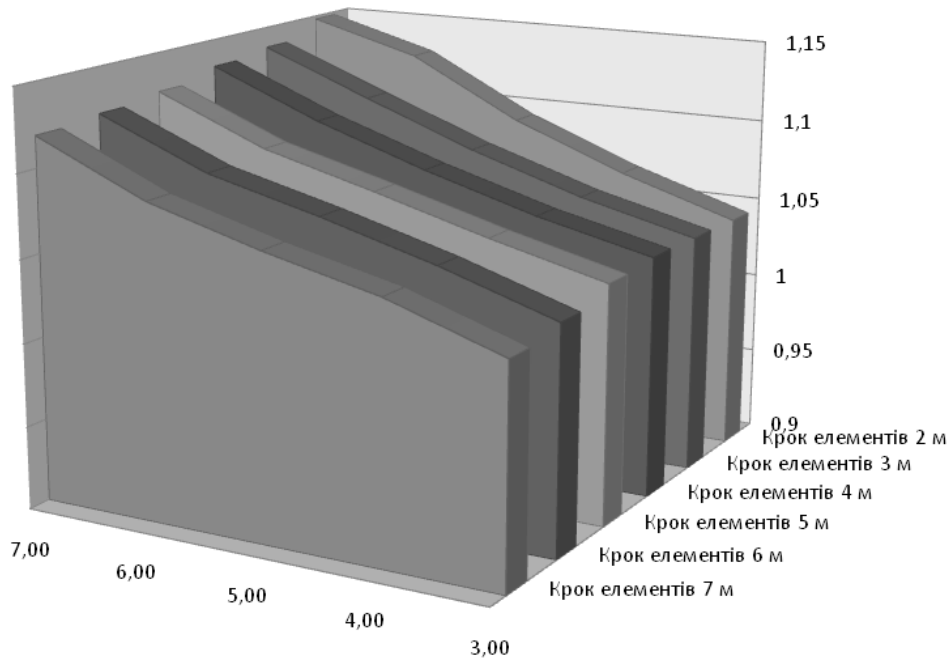


Рис. 4. Графік залежності загальної стійкості схилу складеного глинистими ґрунтами (супісок) від кроку та висоти елементів у його тілі для кута нахилу 35°.

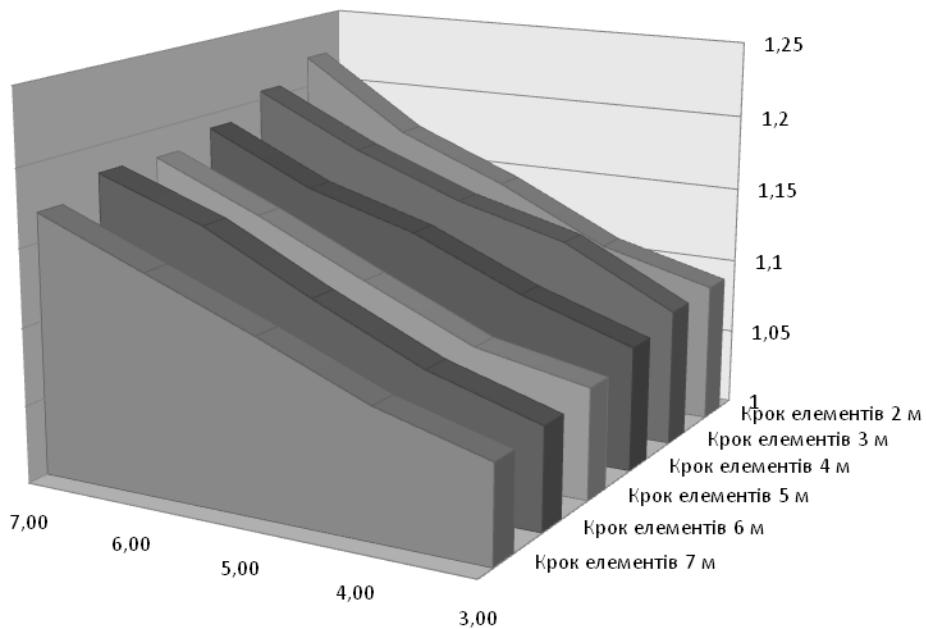


Рис. 5. Графік залежності загальної стійкості схилу складеного глинистими ґрунтами (супісок) від кроку та висоти елементів у його тілі для кута нахилу 40°.

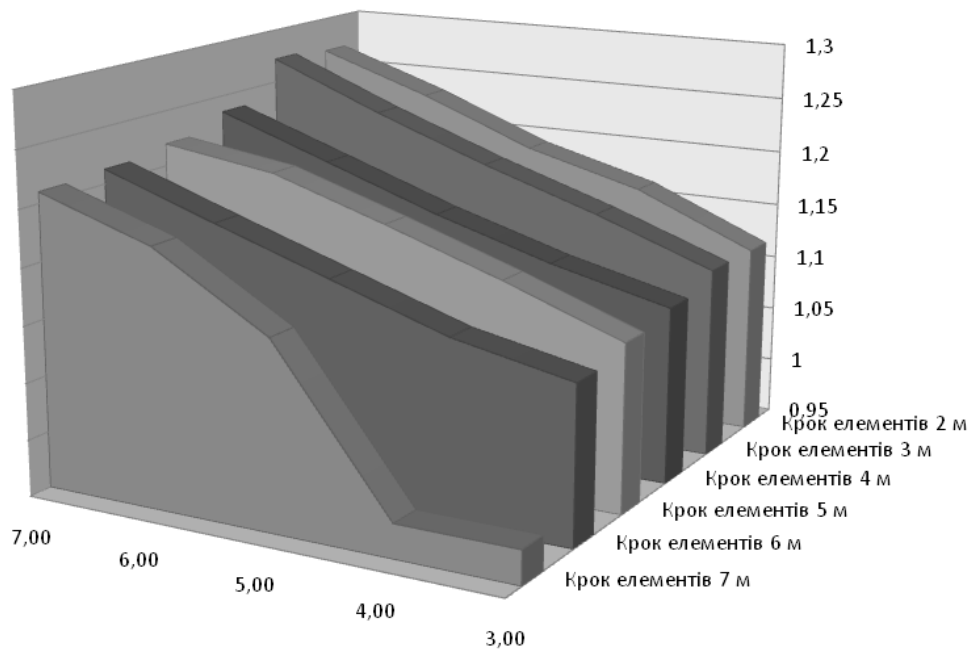


Рис. 6. Графік залежності загальної стійкості схилу складеного глинистими ґрунтами (супісок) від кроку та висоти елементів у його тілі для кута нахилу 45° .

Максимальні значення переміщень ґрунту досягають величин, які є гіпотетичними і в реальних умовах не мають фізичного змісту, але дозволяють отримати уявлення про вплив ґрунтоцементних елементів на процес руйнування. Так, наприклад, деформації для схилу з елементами діаметром 1 м висотою 3 м і кроком 3 м. величина переміщення у разі повної руйнації складає 67 м., а при відсутності таких елементів $44,06 \cdot 10^3$ м. Коефіцієнт загальної стійкості при відсутності елементів складає 1,0, а при їх наявності – 1,6. Загальна кількість елементів розташованих у зсувонебезпечній зоні досягає 7 шт. при висоті схилу 13 м і довжині від підніжжя до верхньої бровки 23 м.

За даними розрахунків встановлено залежності коефіцієнта загальної стійкості від кроку та висоти елементів у його тілі для кожного кута нахилу:

$$\text{для } 30^\circ \quad k_{ст} = 0.02 \cdot h - 0.004 \cdot l + 1.09$$

$$\text{для } 35^\circ \quad k_{ст} = 0.02 \cdot h - 0.004 \cdot l + 0.99$$

$$\text{для } 40^\circ \quad k_{ст} = 0.03 \cdot h - 0.007 \cdot l + 1.02$$

$$\text{для } 45^\circ \quad k_{ст} = 0.04 \cdot h - 0.019 \cdot l + 1.05$$

де h – висота елемента; l – відстань між елементами по падінню схилу.

Висновки. Проведені дослідження дозволили обґрунтувати раціональний спосіб інженерного захисту зсувонебезпечного масиву шляхом влаштування зміцнених зон по площині ковзання та зменшення навантаження на схил. В даному випадку важливим етапом є аналіз зон пластичних деформацій схилу і розташування в них ґрунтоцементних елементів, а саме в місцях максимального зосередження цих зон. Ця інформація надає проектувальнику можливість завчасно передбачити інженерні заходи з метою стабілізації ґрунтового масиву зсувонебезпечного схилу.

Запропонований спосіб підвищення міцнісних характеристик ґрунтів зсувонебезпечної товщі схилу забезпечує можливість науковцям і проектувальникам шукати безпечні варіанти підвищення стійкості схилів за допомогою ґрунтоцементних елементів, а також визначити їх взаємне розташування та їх висоту, яка залежить від відстані між елементами, що впливає на загальну стабілізацію всього зсувонебезпечного схилу.

Список літератури.

1. Оползни. Исследование и укрепление. / ред. Р. Шустера и Р. Кризека. - Пер. с англ. М., 1981. – 368 с.
2. А.Г. Малинин / Применение ґрунтоцементных свай в городском строительстве // Пермские Строительные Ведомости. 2001. № 4.
3. К.В. Леханова, А.Л. Новодзинский / Сравнение численных и аналитических методов расчета устойчивости ґрунтовых откосов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. 2011. 45-50 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Дриженко А.Ю.
Надійшла до редакції 16.01.15*

УДК 620.197.3:621.771:661.63

© Е.В. Власова, В.Л. Коваленко, В.А. Коток

ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДЫ ТРИПОЛИФОСФАТА ЖЕЛЕЗА И СОСТАВА ТРИПОЛИФОСФАТНОГО ПОКРЫТИЯ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ПРОМЫВКОЙ

На основании ранее проведенных исследований была предложена гипотеза матричного строения триполифосфатных покрытий на стали, при этом матрицеобразователем является феррум(III) типполифосфат, а наполнителем – водорастворимый триполифосфат натрия, как ингибитор коррозии. Высказано предположение, что такая структура может быть обусловлена природой феррум типполифосфата. Проведённые исследования состава феррум(III) триполифосфата и триполифосфатного покрытия на стали гравиметрическим методом с промывкой доказали гипотезу о матричной структуре покрытия.

Базуючись на попередніх дослідженнях була висунута гіпотеза щодо матричної будови триполіфосфатного покриття на сталі, при цьому матрицеутворювачем є феррум(III) триполіфосфат, а наповнювачем – водорозчинний натрій триполіфосфат, як інгібітор корозії. Висловлено припущення, що подібна будова може бути обумовлена природою феррум(III) триполіфосфату. В результаті проведених досліджень складу феррум(III) триполіфосфату та триполіфосфатного покриття на сталі методом гравіметрії із промивання висунута гіпотеза щодо будови покриття була доведена.

Based on previous investigation hypothesis of the matrix structure of tripolyphosphate coating on the steel has been proposed. According to this theory coating consist of Fe(III) tripolyphosphate as a matrix former and Na tripolyphosphate as a filler and corrosion inhibitor. As a result of carrying

out research by gravimetric method with rinsing, hypothesis about matrix structure tripolyphosphate of tripolyphosphate coating has been proved.

Исследования посвящены разработке новых эффективных составов водных растворов на основе триполифосфата натрия (ТПФ Na) для получения нетоксичных межоперационных покрытий для защиты стального проката от атмосферной коррозии.

В ходе электрохимических исследований механизма формирования покрытия на стальной основе в водном растворе триполифосфата натрия было установлено, что свежеполученная потенциодинамическим методом пленка этого покрытия является толстой, гелеобразной, и может быть относительно легко удалена с поверхности металла. Однако, после высыхания толщина пленки резко уменьшалась и повышалась ее адгезия к стальной основе. Эти факты указывают на гидрофильную природу триполифосфатного покрытия, что позволяет рассматривать процесс его формирования аналогично процессам формирования осадков гидроксидов поливалентных металлов, например, $\text{Ni}(\text{OH})_2$. При осаждении гидроксида никеля скорость образования его зародышей значительно превышает скорость роста кристаллов. В результате этого образуются первичные аморфные частицы, которые агрегированы между собой. Формирующийся осадок $\text{Ni}(\text{OH})_2$ является гидрофильным, так как содержит большое количество маточного раствора [1]. При высушивании отфильтрованного на вакуум-филт্রে осадка гидроксида никеля толщина слоя уменьшается в 6-8 раз, а сам слой растрескивается. Кроме того, известно, что полностью отмыть влажный отфильтрованный $\text{Ni}(\text{OH})_2$ от солей маточного раствора практически невозможно. Для полного удаления солей (побочных продуктов синтеза) используется схема сушки в две стадии:

первая сушка → измельчение → отмывка от солей → вторая сушка.

Использование подобной схемы связано с тем, что гидроксид никеля в действительности представляет собой матричную структуру, которая в свежесаженном состоянии состоит из матрицеобразователя (собственно гидроксида никеля) и наполнителя - большого количества микрообъемов маточного раствора [1].

Сопоставление вышесказанного и полученных экспериментальных данных, подтверждающих факт гидрофильной природы триполифосфатного покрытия, позволяет считать, что макроструктуры триполифосфатного покрытия и осадка гидроксида никеля подобны. Это дает возможность нам высказать гипотезу об особой, матричной структуре покрытий, сформированных из раствора триполифосфата натрия на поверхности стали. При этом следует отметить, что структура и свойства покрытия определяется структурой и свойствами собственно триполифосфата железа.

Если высказанная гипотеза верна, тогда скорость образования зародышей триполифосфата железа (ТПФ Fe) существенно превышает скорость роста его кристаллов, поэтому свежеполученный осадок триполифосфата железа или само триполифосфатное покрытие на стали будут включать в себя микрообъемы маточного раствора. При высыхании маточного раствора, после испарения воды

в осадке или в покрытии останутся частицы триполифосфата натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$). При этом объем осадка или толщина покрытия должны существенно уменьшиться. Кроме того, высказано предположение, что триполифосфат натрия может находиться в матричной структуре не только в виде наполнителя, но и формировать на поверхности осадка или покрытия дополнительный слой.

Таким образом, согласно нашей гипотезе, триполифосфатное покрытие представляет собой композит. Матрицеобразователем в покрытии является триполифосфат железа, а наполнителем – триполифосфат натрия – $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, который в свою очередь является ингибитором коррозии нейтральных сред [2]. Поэтому, если наша гипотеза верна, то триполифосфатное покрытие должно обладать активным (химическим) характером защиты металла основы от атмосферной коррозии. Высказанная гипотеза объясняет более высокие защитные свойства в условиях атмосферной коррозии у покрытий, сформированных из раствора триполифосфата натрия, по отношению к покрытиям, сформированным из растворов тринатрийфосфата, моно-и двухзамещённого ортофосфатов натрия [3].

По нашему мнению, для доказательства выдвинутой нами гипотезы необходимо сравнить и проанализировать данные, характеризующие состав и структуру промытых и не промытых покрытий (осадков) триполифосфата железа. Промывка позволит удалить водорастворимый наполнитель. Следует отметить отсутствие в литературе данных, характеризующих свойства, состав, структуру осадков или покрытий, полученных из водных растворов триполифосфата натрия.

Цель исследований. Исследовать структуру и состав промытых и не промытых покрытий на стальной подложке, полученных из водных растворов триполифосфата натрия, и осадков триполифосфата железа,

Методика исследований. Покрытия на поверхности прямоугольных образцов из стали ст05кп формировали химическим методом путём погружения в 12% водный раствор триполифосфата натрия при температуре 80°C в течение 5 минут и сушки на воздухе в течение суток. Затем образцы покрытий подвергали промывке. Для этого образцы с покрытием после сушки помещали на 1, 3, 10 минут и 24 часа в стаканы с дистиллированной водой. После промывки образцы высушивали на воздухе. По ходу эксперимента измеряли следующие показатели:

m_0 – масса образца до нанесения покрытия;

m_1 – масса образца со свеженанесенным покрытием;

m_2 – масса образца с покрытием после высушивания;

m_3 – масса образца с покрытием после промывки водой при разной продолжительности промывания.

Значения этих показателей использовали для расчета следующих параметров:

Δm_1 – разность масс до и после нанесения покрытия, что соответствует массе свеженанесенного покрытия;

Δm_2 – разность масс до и после высушивания покрытия, что соответствует массе воды в покрытии;

Δm_3 – разность масс до и после промывки, что соответствует массе ТПФ
Na

$$\Delta m_1 = m_0 - m_1 \quad (1)$$

$$\Delta m_2 = m_1 - m_2 \quad (2)$$

$$\Delta m_3 = m_2 - m_3 \quad (3)$$

$$\Delta m_{уд} = \Delta m_i / S \quad (4)$$

По значениям параметров, полученным в соответствии с предложенной методикой, рассчитали процентное содержание воды, триполифосфата железа и триполифосфата натрия в составе покрытия (осадка).

При синтезе осадка, учитывая поливалентность железа, мы предполагали возможность его получения в виде соединений: феррум (II) триполифосфат и феррум (III) триполифосфат. Для этого смешивали эквивалентные количества растворов триполифосфата натрия с феррум (2+) хлорида и феррум (3+) хлорида при температурах 20 °С и 80 °С. Было установлено, что при обеих температурах синтеза осадок феррум (II) триполифосфата не образовывался. Это указывает на растворимость в воде феррум (II) триполифосфата. При сливании растворов $Na_5P_3O_{10}$ и $FeCl_3$ образовывался осадок феррум (III) триполифосфата, при температуре синтеза 20°С - белого цвета, при температуре синтеза 80°С – светло-жёлтого. Осадки после получения и отстаивания в течении 1,5 часов фильтровали на вакуум-фильтре, 5-6 раз промывали дистиллированной водой, сушили при комнатной температуре на протяжении суток.

Для определения состава измеряли массу осадка до и после промывки дистиллированной водой. Расчёты проводили по следующим формулам:

$$m_{2ос} = m_{0ос} - m_{1ос} \quad (5)$$

$$m_{3ос} = m_{2ос} / 0,12 \quad (6)$$

$$\omega\%_{\text{ТПФ Fe}}^{\text{сух}} = \frac{m_1^{ос}}{m_0^{ос}} \quad (7)$$

$$\omega\%_{\text{ТПФ Fe}}^{\text{с раствором}} = \frac{m_1^{ос}}{m_2^{ос}} \quad (8)$$

где $m_{0ос}$ – масса полученного осадка;

$m_{1ос}$ – масса осадка после промывки;

$m_{2ос}$ – разность масс до и после промывки, соответствующая массе ТПФ

Na;

$m_{3ос}$ – масса раствора, 0,12 – массовая доля триполифосфата натрия

Опыты по получению осадков и нанесению покрытий дублировали до 3-х раз.

Результаты исследований

Анализ результатов провели с учетом того, что в ходе эксперимента был получен осадок феррум (III) триполифосфата, поэтому покрытие, сформированное на поверхности стали в растворе триполифосфата натрия, так же состоит из феррум (III) триполифосфата.

Результаты исследования с использованием промывки осадка феррум (3+) триполифосфата гравиметрическим методом представлены на рис. 1.

Показано, что в сухом осадке триполифосфата железа (3+), осажденного при 80 °С, содержание матрицеобразователя (ТПФ Fe^{3+}) составляет 85-89%.

Следовательно, сухой осадок Fe(3+) триполифосфата на самом деле имеет композиционную структуру и содержит приблизительно 10% наполнителя в виде водорастворимого Na₅P₃O₁₀. При этом следует особо отметить, что отфильтрованный осадок многократно промывался на фильтре дистиллированной водой. Следовательно, триполифосфат натрия, имеющийся в высушенном осадке, действительно является наполнителем композитной структуры. При снижении температуры получения до 20 °С количество Na₅P₃O₁₀ увеличивается до 29,52%. Возможно это объясняется снижением скорости кристаллизации матрицеобразователя (ТПФ Fe³⁺), в результате чего содержание маточного раствора в свежеполученном осадке увеличивается.

Результаты исследований с использованием промывки состава триполифосфатных покрытий гравиметрическим методом подтвердили факт вымывания триполифосфата натрия из состава покрытия.

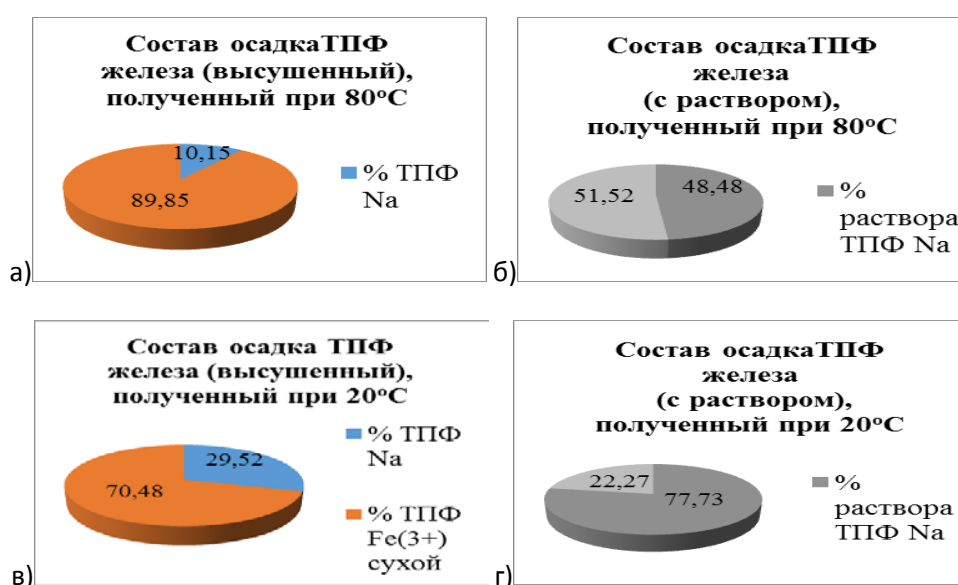


Рис. 1. Состав свежеполученного – (б, г) и высушенного (а, в) осадка феррум (III) триполифосфата, осажденного при температурах 80°C – а, б и 20°C – в, г

Анализ гистограмм состава триполифосфатного покрытия (рис. 2 – 5) показал, что в высушенном покрытии содержится 16-25% триполифосфата железа (+3). Изначально предполагалось, что более длительная промывка приведёт к более точному определению содержания ТПФ Fe(3+) за счёт более полного удаления водорастворимого ТПФ Na. При этом содержание ТПФ Fe(3+) должно было расти при увеличении времени промывки. Однако содержание триполифосфата железа(3+) при увеличении времени промывки практически не изменилось, т.к. потеря массы за счёт отмытого ТПФ Na компенсировалась увеличением массы образца за счёт продуктов коррозии железа, которая резко ускорилась в момент сушки после удаления ингибитора - ТПФ Na. Наличие продуктов коррозии контролировали визуально по наличию пятен ржавчины, а

ускорение коррозии при увеличении времени промывки - по увеличению площади коррозионного поражения и количества продуктов коррозии.

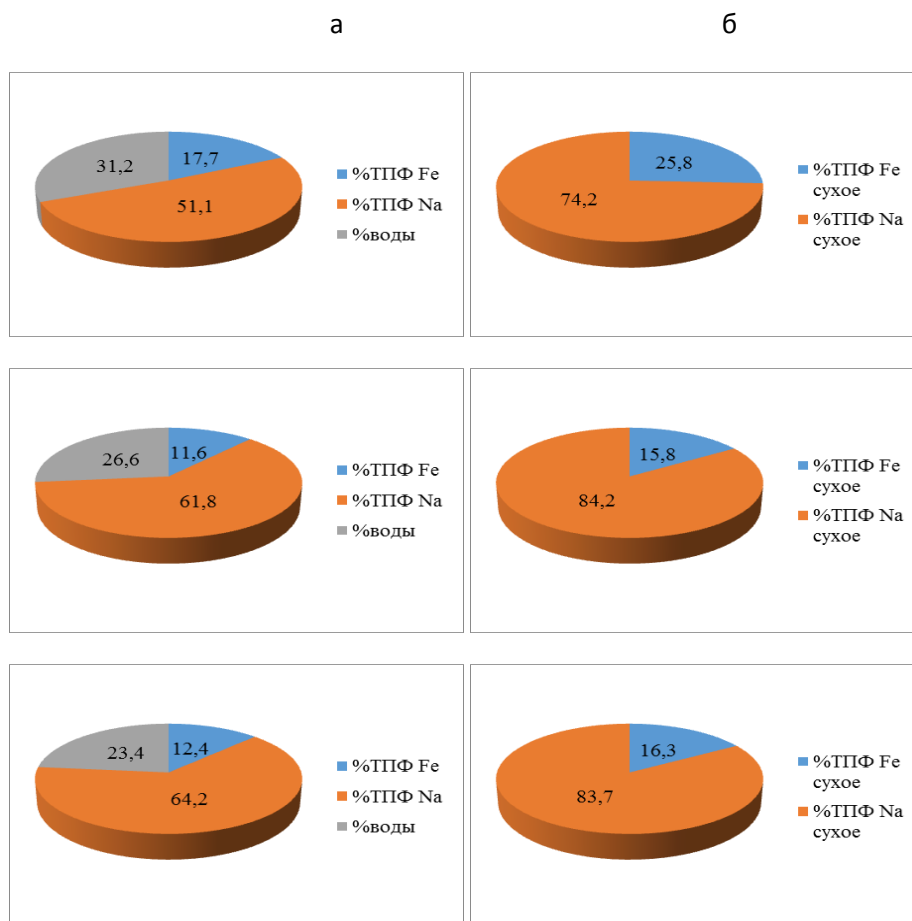


Рис. 2 Состав триполифосфатного покрытия, промытого в течении 1 минуты:
а – покрытие после получения; б – высушенное покрытие

Анализ внешнего вида образцов с триполифосфатным покрытием при разной продолжительности времени промывки показал, что с увеличением времени промывки на образцах увеличивается степень коррозионного поражения. Снижение защитных свойств покрытия косвенно указывает на вымывание водорастворимого натрия триполифосфата. Удаление при промывке из покрытия ТПФ натрия, который является ингибитором коррозии, снижает способность покрытия к активной химической защите основы, что приводит её к быстрой коррозии.

Сравнительный анализ гистограмм состава триполифосфатного покрытия (рис. 2 – 5) и гистограмм состава осадка триполифосфата железа (рис. 1) позволяет сделать некоторые выводы.

Во-первых, можно утверждать, что покрытие, сформированное из раствора триполифосфата натрия, является композиционным с матричной структурой. При этом матрицеобразователем является ТПФ Fe(3+), а наполнителем ТПФ Na. Во-вторых, основным фактором, обуславливающим образование такой структуры, является природа самого триполифосфата железа, который также обладает матричной структурой.

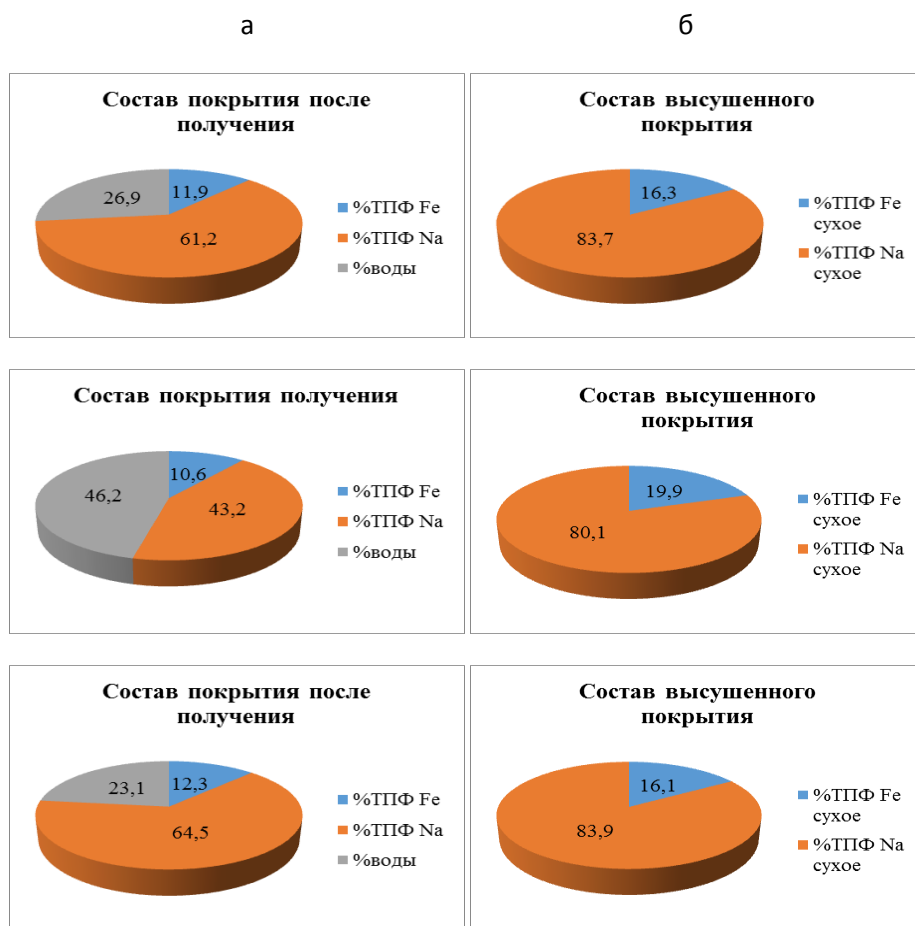


Рис. 3 Состав триполифосфатного покрытия, промытого в течении 3 минут:
 а – состав покрытий после получения; б – высушенное покрытие

При этом сравнение составов осадка и покрытия показало, что если осадок триполифосфата железа, синтезированный при 80°C, содержит 85-89% ТПФ Fe(3+), то покрытие, сформированное на стали из раствора триполифосфата натрия при 80°C, содержит только 16-25% ТПФ Fe(3+). Такое существенное различие вероятно объясняется различными условиями образования триполифосфата железа. При химическом осаждении путём сливания растворов с эквивалентным количеством веществ в растворе будет содержаться достаточное количество ионов Fe(3+) и структура и состав осадка будет определяться в основном кинетикой реакции образования осадка (скоростью образования зародышей) и скоростью кристаллизации. В тоже время при формировании покрытия на стали из раствора триполифосфата натрия, ионы Fe(3+), участвующие в формировании покрытия, образуются в результате работы короткозамкнутого коррозионного гальванического элемента с кислородной деполяризацией. При этом скорость образования ионов Fe(3+), лимитируется скоростью восстановления деполяризатора – кислорода. Таким образом, количество ионов железа для образования покрытия существенно ниже, чем при получении осадка химическим методом. Следовательно, на структуру и состав осадка будет оказывать существенное влияние скорость предыдущей стадии образования Fe(3+) и скорость транспорта этих ионов в зону реакции.

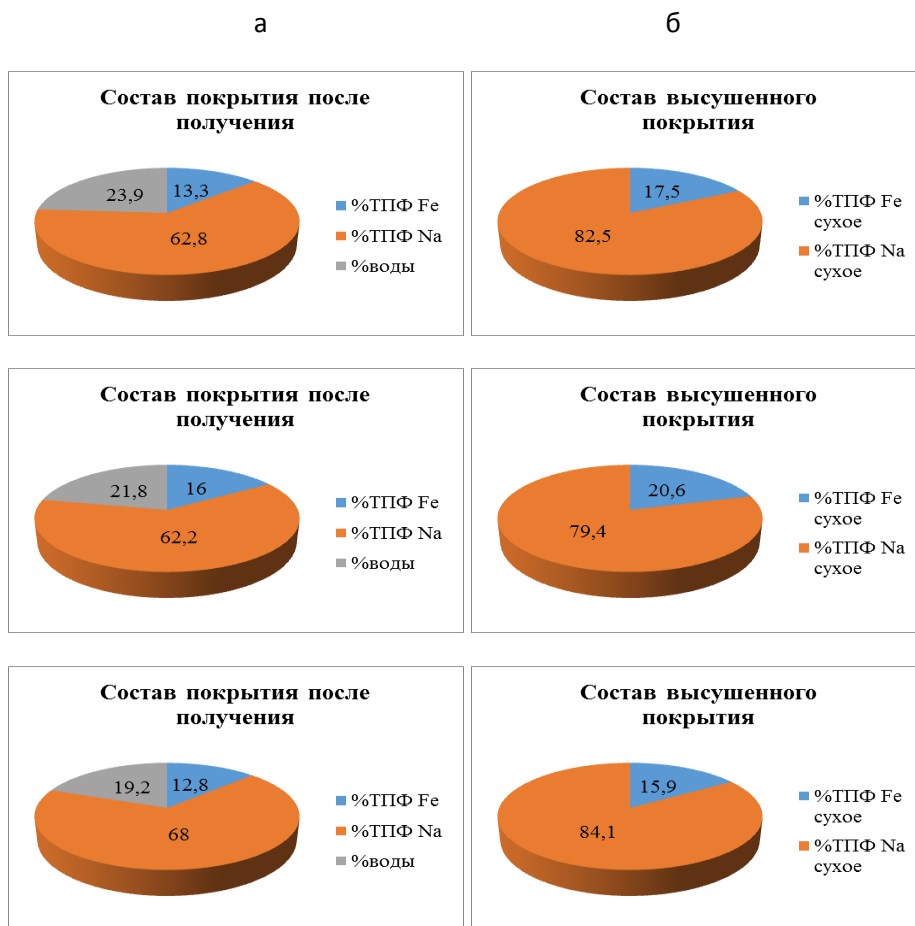
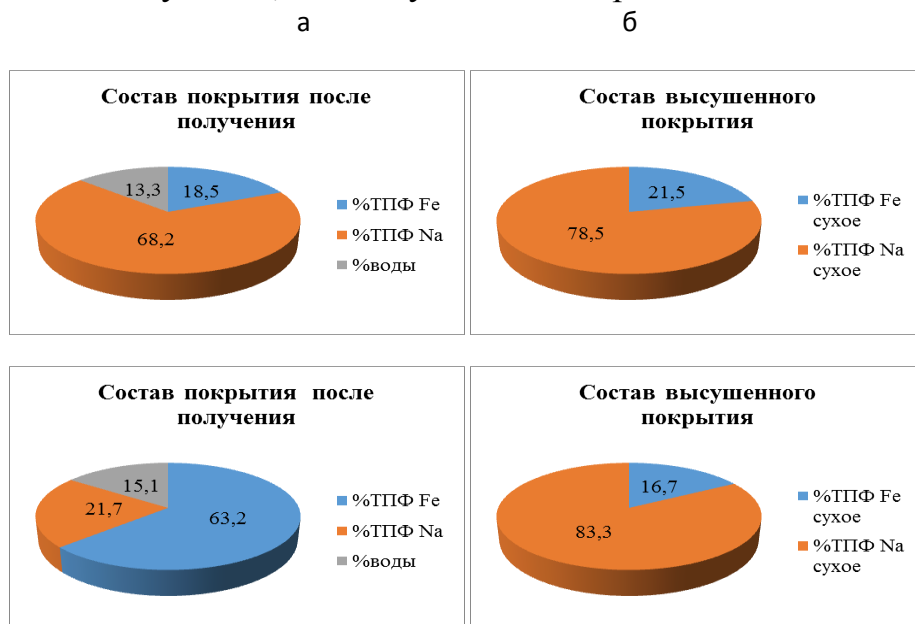


Рис. 4 Состав триполифосфатного покрытия, промытого в течении 10 минут:
 а – покрытие после получения; б – высушенное покрытие



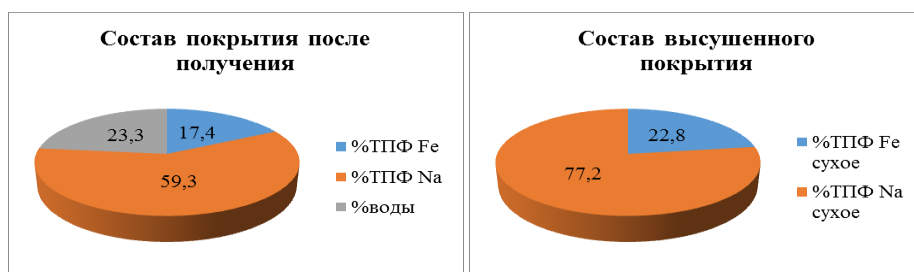


Рис. 5 Состав триполифосфатного покрытия, промытого в течении 24 часов: а – покрытие после получения; б – высушенное покрытие

Выводы.

Методом химического синтеза показано, что химической основой покрытия, сформированного на поверхности стали в растворе триполифосфата натрия, является феррум (III) триполифосфат.

Исследования гравиметрическим методом с промывкой состава триполифосфатных покрытий на стали и осадка триполифосфата железа экспериментально подтвердили гипотезу об их матричной (композиционной) структуре. Матрицеобразователем является феррум (III) триполифосфат, а наполнителем натрий триполифосфат.

Установлено, что высушенный осадок, полученный синтезом из 12 % водного раствора триполифосфата натрия и водного раствора феррум (III) хлорида, является композиционным материалом и состоит из матрицы - феррум (III) триполифосфата (85-89%), и наполнителя – водорастворимого натрий триполифосфата (11-15%). Высушенное покрытие, сформированное на поверхности стали ст05кп в 12% растворе триполифосфата натрия, также является композиционным, однако состоит из 16-25% феррум (III) триполифосфата и 75-84% наполнителя – триполифосфата натрия. Высказано предположение, что отличие в составе триполифосфатного покрытия и осадка феррум (III) триполифосфата обусловлено тем, что в случае формирования покрытия в результате коррозионного процесса, протекающего с кислородной деполяризацией образование ионов феррум (3+) является лимитирующей стадией.

Список литературы

1. Вассерман И.М. Химическое осаждение из растворов [Текст] /И.М.Вассерман. –Л.: Химия, 1980. – 208 с., ил.
2. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии [Текст] / И.Л. Розенфельд. – М.: Химия, 1977. –352 с.
3. Власова Е.В. Исследование покрытий, полученных из водных растворов фосфатов [Текст] / Е.В. Власова, Т.Л. Карасик // Журн. металлургическая и горнорудная промышленность. – Д.: 2010, № 5. – С. 89 – 91.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Мостиною Ю.С.
Надійшла до редакції 29.11.2014*

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМА КЕННИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЯРКОСТИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Исследован вопрос выделения границ яркости на космических снимках при помощи оптимального детектора Кенни. Экспериментальным путём установлены значения верхнего и нижнего порогов, используемых алгоритмом Кенни, оптимальные с точки зрения удовлетворения эвристическим критериям качества выделения границ.

Досліджене питання виділення границь яскравості на космічних знімках за допомогою оптимального детектору Кенні. Експериментальним шляхом установлені значення верхнього й нижнього порогів, що використовуються алгоритмом Кенні, оптимальні з погляду задоволення евристичним критеріям якості виділення границь.

Influence of Canny's optimal detector parameters on results of brightness edges allocation on satellite images is studied. Experimental values of the high and low thresholds used by Canny algorithm, which optimal for same heuristic criteria of quality of edges allocation are found.

Постановка и состояние проблемы. Последние десятилетия характеризуются активным внедрением в практику наук о Земле данных дистанционного зондирования, среди которых ведущую роль играют материалы космических съемок. Среди приёмов обработки космических данных важную роль играет выделение границ яркости (тона), которым обычно соответствуют контуры полигональных и оси линейных объектов техногенного и природного происхождения.

Границы – это линии на изображении, вдоль которых происходит резкое изменение яркости или ее производных по пространственным переменным. Выделенные границы являются простейшими тематическими признаками, которые являются опорной информацией при последующем линеаментном анализе космоснимков. Выделение границ яркости является, в частности, важным этапом при дешифрировании снимков, их линеаментном анализе и выполнении ряда других процедур.

Наиболее распространённым алгоритмом выделения в настоящий момент является т.н. оптимальный детектор Кенни. В силу этого, детальный анализ его свойств и результатов применения к космическим снимкам разного разрешения является важной и актуальной задачей.

Цель работы – изучение влияния параметров алгоритма Кенни на результаты выделения границ яркости на геоизображениях с целью определения оптимальных значений параметров для повышения эффективности работы алгоритма.

Выделение границ яркости при помощи детектора Кенни. Одной из основных задач, встающей перед разработчиками алгоритмов выделения границ яркости, является усиление разницы между грациями яркости контурных элементов объекта и соседних элементов фона. Для этого используются специальные приёмы подчеркивания границ, среди которых нерезкое маскирование [1], разнообразные свертки изображения с использованием масок с

высокочастотным откликом [2], пространственное дифференцирование функции яркости [3], и получившие широкое распространение методы, основанные на выделении контрастных перепадов. Последние используют некоторые пороговые значения, с которым сравнивают длину вектора градиента. Это в ряде ситуаций приводит к прерывистости контурных линий или их утолщению. Для борьбы с этим недостатком были предложен ряд т.н. детекторов, самым лучшим из которых считается детектор Кенни.

В 1986 г. Кенни (Canny) разработал детектор оптимальной фильтрации контрастных перепадов [4]. В качестве модели контрастного перепада была выбрана ступенька (функция Хевисайда), зашумлённая белым шумом с распределением Гаусса. Было предложено три критерия оптимальности: высокая вероятность детектирования границы, высокая точность её локализации и единственность отклика на один контрастный перепад.

Алгоритм Кенни выполняется в 6 шагов:

Изображение обрабатывается фильтром Гаусса для освобождения от шума и сглаживания.

В каждой точке находится значение абсолютного градиента яркости изображения при помощи оператора Собеля, Превитта или другого подобного.

Вычисляется угловое направление градиента.

Угловые направления квантуются с шагом 45° .

Применяется процедура не-максимального подавления (*nonmaximum suppression*), которая позволяет получить границу единичной толщины.

Для получения гладких границ применяется процедура гистерезиса, использующая 2 порога яркости.

В то время как первые три шага применяются и в других детекторах (например, Собела), последние три имеются только в детекторе Кенни. Особый интерес представляет последний шаг, потому как благодаря ему достигается высокое качество выделения границ.

Общий смысл процедуры гистерезиса следующий. Если к изображению применяется один порог T , и контур объекта имеет среднюю яркость, равную T , то из-за шума могут появляться отрезки, на которых яркость может падать ниже этого порога. Аналогично, она может прыгать и выше порога, придавая линии контура размытость. Чтобы этого избежать, процедура гистерезиса использует два порога – нижний T_L и верхний T_H .

Каждый пиксел изображения, имеющий значение выше T_H , помечается как граничная точка. Затем каждый пиксел, соединенный с ним и имеющий значение больше T_L , также помечается граничным. Цепочка продолжается до тех пор, пока значение пиксела не падает ниже T_L . Если же на всем фрагменте нет ни одной точки со значением большим верхнего порога, то он удаляется. Так последовательно рассматриваются все фрагменты границ. В результате получается бинарное изображение, содержащее границы.

В связи с этим особое значение приобретает проблема выбора значений порогов, которая обычно решается путём визуальной оценки результатов, полученных при разных наборах T_H и T_L .

Исходные данные и инструментарий исследований. В качестве исходных данных для экспериментов использовался набор из 25 космических снимков, сделанных различной съемочной аппаратурой, различного разрешения, отражающих как горные, так и равнинные участки земной поверхности.

Вычисления проводились в среде специализированной геоинформационной системы РАПИД, разрабатываемой на кафедре геоинформационных систем ГВУЗ «НГУ» [5].

Методика исследований. Целью экспериментов было нахождение таких параметров алгоритма Кенни, при которых достигалось бы оптимальное значения определённого показателя качества выделения границ, отражающего интуитивно-понятные эвристические критерии качества выделения границ:

а) границы должны выделяться чётко, и не иметь большого количества разрывов;

б) должны выделяться только основные, имеющие достаточную протяжённость и чёткость, границы, во избежание ситуации, когда получаемая бинарная карта перегружена многочисленными 1-2-пиксельными фрагментами. Указанные требования являются взаимоисключающими – максимальное удовлетворение одного ведёт к минимальному удовлетворению другого. Поэтому речь может идти о поиске некоторого оптимального значения, соответствующего экстремуму или точке перегиба графика, отражающего зависимость между исследуемым параметром алгоритма и показателем качества выделения границ.

Предложено использовать показатель качества выделения границ яркости:

$$D = N/O,$$

где N – количество конечных (краевых) точек фрагментов границ на изображении (равно удвоенному количеству цельных фрагментов);

O – количество единичных (ненулевых) пикселей, соответствующих границам на бинарном изображении.

Эксперименты проводились по следующей методике.

На первом этапе к исходным космическим снимкам применялась процедура выделения границ и тем самым происходил перевод снимков в бинарный формат.

На втором этапе производилось нахождение конечных пикселей выделенных границ.

На третьем этапе происходила обработка выделенных границ скользящим окном, внутри которого определялось количество разрывов границ (конечных пикселей границ) и вычислялось отношение количества разрывов к общему числу пикселей на изображении (показателя качества D). В результате строятся графики зависимостей показателя D от параметров алгоритма Кенни – значений порогов T_L и T_H .

Ниже приведены результаты экспериментов, иллюстрирующие наиболее существенные выводы о влиянии параметров алгоритма Кенни на результаты выделения границ.

На рисунке 1 показан график зависимости показателя D от значения нижнего порога T_L при фиксированном значении верхнего порога T_H . График построен по средним значениям D , полученным для каждого из 25-ти исходных изображений.

На рисунке 2 показан график зависимости показателя D от значения верхнего порога T_H при фиксированном значении нижнего порога T_L . График построен по средним значениям D , полученным для каждого из 25-ти исходных изображений.

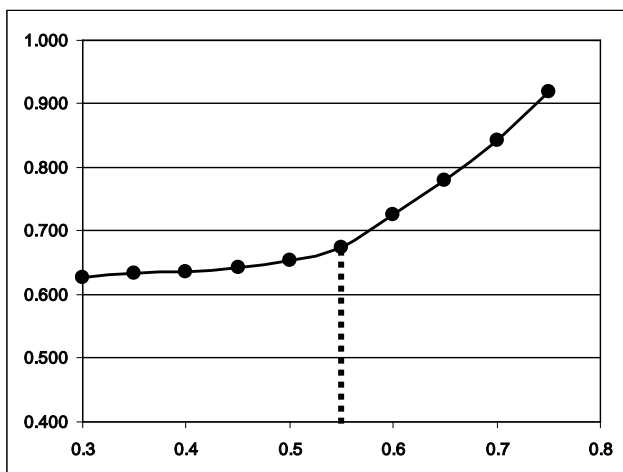


Рисунок 1 – График зависимости показателя D от значения нижнего порога T_L при фиксированном значении верхнего порога $T_H=0.9$

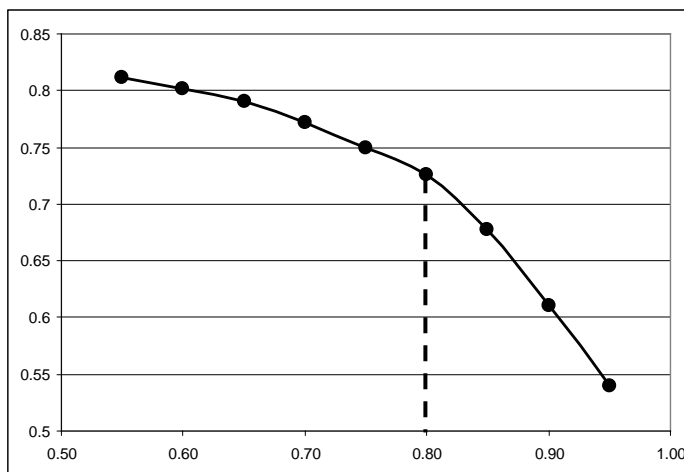


Рисунок 2 – График зависимости показателя D от значения верхнего порога T_H при фиксированном значении нижнего порога $T_L=0.55$

Поскольку графики на изучаемых интервалах значений порогов не имеют экстремумов и точек перегиба, в качестве искомого значения целесообразно принять точки наиболее резкого изменения производной. Анализ этих точек позволяет рекомендовать в качестве значений порогов $T_L=0.55$ и $T_H=0.8$. При этих значениях на снимках границы яркости отражают все основные геологические и техногенные структуры, и при этом не выделяются мелкие, несущественные детали.

Практическая проверка. Сделанные выводы подтверждаются результатами исследований на реальных примерах, приведенных на рисунках 3 и 4.

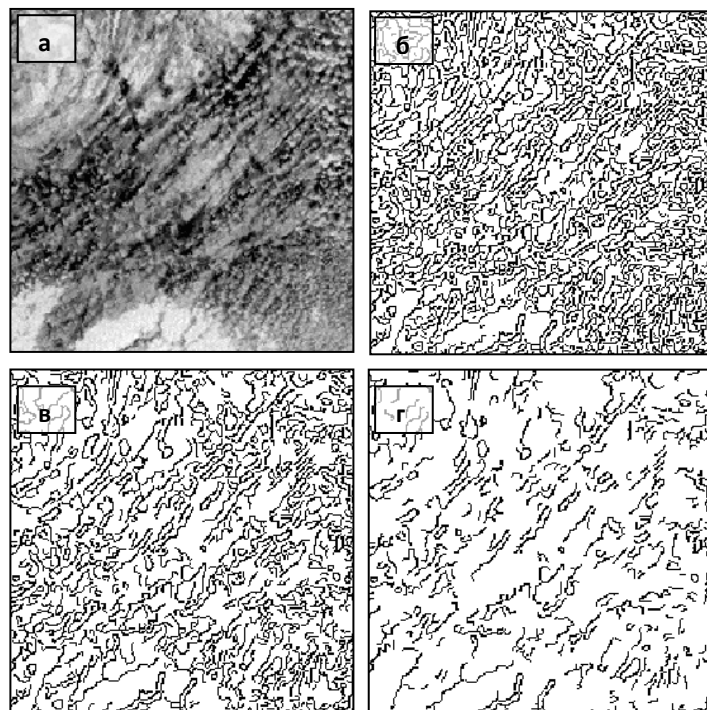


Рис. 3. Космический снимок части Крымского полуострова (а) и результаты выделения границ яркости при трёх парах значений порогов – $T_L=0.3$ и $T_H=0.5$ (б), $T_L=0.55$ и $T_H=0.8$ (в), $T_L=0.7$ и $T_H=0.95$ (г)

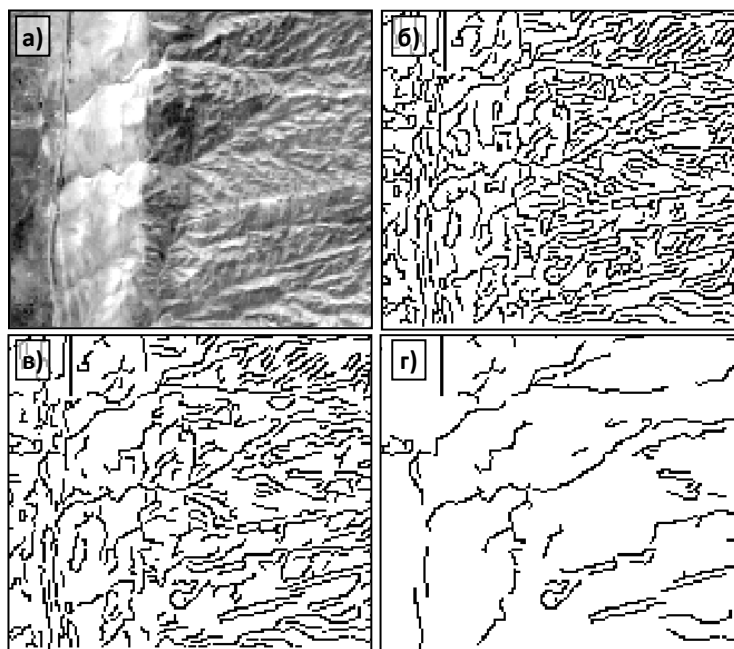


Рис. 4. Космический снимок территории Узбекистана (а) и результаты выделения границ яркости при трёх парах значений порогов – $T_L=0.3$ и $T_H=0.5$ (б), $T_L=0.55$ и $T_H=0.8$ (в), $T_L=0.7$ и $T_H=0.95$ (г)

На рисунке 3а приведен фрагмент Крымского полуострова на первом спектральном канале снимка Landsat-5, а также результаты выделения границ яркости при трёх парах значений порогов – $T_L=0.3$ и $T_H=0.5$ (рис. 3б), $T_L=0.55$ и $T_H=0.8$ (рис. 3в) и $T_L=0.7$ и $T_H=0.95$ (рис. 3г).

Очевидным недостатком изображения 3б является перегруженность малозначимыми деталями, в результате чего удельный вес границ, соответствующих крупным и средним структурам снимка, резко снижается, и

дальнейшей интерпретации подвергаются, в основном, несущественные объекты.

Границы яркости на рисунке 3г, напротив, отражают лишь небольшое число наиболее ярко выраженных структур снимка. В такой ситуации могут быть пропущены даже крупные структуры, если им не соответствуют сильные перепады яркости. При столь существенных потерях полезной информации дальнейшая обработка и интерпретация карт границ яркости во многих случаях будет лишена практического смысла.

Наилучшие результаты получены при использовании порогов $TL=0.55$ и $TH=0.8$ (рис. 3в). Выделенные геологические границы отражают наиболее существенные структуры, в том числе те, которые не выражены сильными перепадами яркости (с этой точки зрения показательные субширотные линейные структуры), при этом изображение не перегружено короткими, фрагментарными границами, которые соответствуют незначительным деталям ландшафта.

Аналогичные выводы можно сделать и по результатам анализа рисунка 4, на котором представлен космический снимок одного из среднегорных участков территории Узбекистана и результаты его обработки при помощи алгоритма Кенни.

Выводы. В результате многочисленных вычислительных экспериментов, направленных на изучение влияния параметров алгоритма Кенни на результаты выделения границ яркости на космических снимках, были установлены значения верхнего и нижнего порога, оптимальные с точки зрения одновременного удовлетворения двум критериям качества: а) границы должны выделяться чётко, и не иметь большого количества разрывов; б) должны выделяться только те границы, которые отражают значимые геологические структуры. Эти значения составили $TL=0.55$ для нижнего порога и $TH=0.8$ для верхнего.

Полученные результаты способны сократить время, необходимое на исследование исходных космических снимков и повысить эффективность их дальнейшей обработки и анализа при решении разнообразных пространственных задач.

Список литературы

1. Гук А.П. Автоматизированная система обработки аэрокосмических изображений / А.П. Гук, В.М. Дементьев, В.П. Пяткин – Новосибирск: НИИГАиК, 1989. – 68 с.
2. Pratt W.K. Digital Image Processing / W.K.Pratt. – Wiley, 2007. – 807 p.
3. Сойфер В.А. Методы компьютерной обработки изображений / В.А. Сойфер. – М.: Физматлит, 2003. – 784 с.
4. Canny J. A computational approach to edge detection/ Canny J. // IEEE Trans. PAMI. – 1986. – V. 8. – P. 34-43.
5. Пивняк Г.Г., Бусыгин Б.С., Никулин С.Л. ГИС-технология интегрированного анализа разнородных и разноуровневых геоданных. // Доповіди Національної академії наук України. – 2007. – №6 – С. 121-128.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Бусигінім Б.С.
Надійшла до редакції 16.01.15*

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ РИСКОВ ЧС ПРИ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССАХ

Приведены результаты онтологического инжиниринга (проектирования и разработки онтологий) в области оценки рисков ЧС при оползневых процессах.

Наведені результати онтологічного інжинірінга (проектування та розробки онтологій) в галузі оцінки ризиків НС при зсувних процесах.

Results of ontological engineering (designing and working out ontologies) in the field of the disaster risk assessment at landslide processes.

Вступление. Несбалансированная и бессистемная хозяйственная деятельность создала реальные предпосылки для активного развития природных экзогенных геологических процессов (ЭГП), среди которых наиболее разрушительными являются оползни, развитые совместно с абразией на побережьях морей и лиманов, переработкой берегов водохранилищ, селей в горах и предгорьях, эрозией по берегам рек и склонах балок.

Привлечение территорий с развитием природных ЭГП в сферу хозяйственной деятельности приводит к неизбежным изменениям окружающей среды, сопровождающихся техногенным усилением естественного течения процессов и создающих предпосылки к возникновению чрезвычайных ситуаций (ЧС), особенно в местах расположения потенциально опасных объектов. Безопасность жизнедеятельности населения и многочисленных объектов в районах развития опасных природно-техногенных процессов является одной из основных социально-экологических проблем современности [1].

Активизация оползней отмечена на территории почти всех административных областей, за исключением Волынской и Ровенской которые вообще не имеют геологических предпосылок для развития оползневого процесса. Техногенный характер возникновения, развития и активизации оползней наносит экономике государства значительный ущерб.

По состоянию на 2013 год по данным Государственной службы геологии и недр Украины на территории Украины зафиксировано 22 942 оползня. Их общая площадь составляет 2135,17 км². Из них в активном состоянии находятся 1 777 оползней, занимающих общую площадь 93,73 км² [1].

Постановка задач. Согласно подходу, предлагаемому в Методике КМ Украины [2], общий объем убытков (ущерба) от последствий ЧС рассчитывается как сумма основных локальных убытков. При этом, расчеты убытков (У) при возникновении ЧС проводится согласно следующей общей формулы (1):

$$U = N_p + M_p + M_{II} + P_{с/Г} + M_{ТВ} + P_{л/Г} + P_{р/Г} + P_{рек} + A_{ф} + B_{ф} + \quad 1)$$

В данной модели, все убытки делятся на виды в зависимости от причиненного фактического вреда (в виде ущерба), в частности от:

потери жизни и здоровье населения ($\overset{H}{P}$);
 разрушение и повреждение основных фондов, уничтожение имущества и
 продукции ($\overset{M}{P}$);
 неизготовление продукции вследствие прекращения производства ($\overset{M}{P}$);
 изъятие или нарушение сельскохозяйственных угодий ($\overset{P}{C/\Gamma}$);
 потерь животноводства ($\overset{M}{ТВ}$);
 потери дерева и других лесных ресурсов ($\overset{P}{Л/\Gamma}$);
 потерь рыбного хозяйства ($\overset{P}{Р/\Gamma}$);
 уничтожение или ухудшение качества рекреационных зон ($\overset{P}{рек}$);
 загрязнение атмосферного воздуха ($\overset{A}{\Phi}$);
 загрязнение поверхностных и подземных вод и источников, внутренних
 морских вод и территориального моря ($\overset{B}{\Phi}$);
 загрязнение земель несельскохозяйственного назначения ($\overset{З}{\Phi}$);
 а также разные виды ущербов, нанесенные природно-заповедному фонду
 ($\overset{P}{пзф}$).

Учитывая общий характер данного математического выражения, ставится задача уточнения пространства содержательного состава его компонентов на основе применения описательных моделей онтологий.

Применение онтологических моделей в задачах оценки рисков ЧС при оползневых процессах

Согласно классификации Международного общества механики грунтов и геотехники (ISSMGE), разработанной совместно с Техническим комитетом по оценке и управлению рисками (ТС32) [3], элементами риска при возникновении ЧС являются люди, здания, инфраструктура и природная среда, подверженная опасному природному процессу (ОПП) на рассматриваемой территории.

Учитывая тот факт, что основная часть активных оползней сосредоточена на морских побережьях Украины в соответствии с Методикой [2] были выделены следующие группы рисков: а) агропром (16 типов рисков); б) пищевая промышленность (14 типов рисков); в) химическая промышленность (13 типов рисков); г) энергетика (12 типов рисков); д) дома отдыха (12 типов рисков); е) кемпинги (12 типов рисков).

Оползневые процессы принадлежат к категории чрезвычайных ситуаций природного характера и относятся к геологическим явлениям местного уровня. Для расчета убытков U_0 , причиненных чрезвычайными ситуациями, связанными с оползневыми явлениями (ЧСОЯ) может быть использована следующая

формула [2], в которой учитываются специфические для данных процессов риски (2):

$$Y_o = M_p + M_n + P_{сг} + P_{лг} + P_{рек} + P_{нзф} + A_{\phi} + B_{\phi} + Z_{\phi} \quad (2)$$

Следует отметить, что одним из этапов идентификации факторов и причин активизации оползней являются операции, которые могут комплексно характеризовать возникновение оползневой процесса. Учитывая значительное число процессов и событий, провоцирующих ЧСОЯ, и число возможных связей между ними, возникает необходимость в разработке концептуальной схемы данной предметной области, позволяющей определить зависимости между причинами и последствиями активизации оползней при действующих провоцирующих факторах. Одним из способов описания предметной области является использование онтологического моделирования, которое заключается в детальной формализации некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы [4]. В качестве программного средства для создания онтологии был выбран редактор онтологий Protégé 4.1.rc4, поддерживающий языки OWL, DAML+OIL, RDF(S) и XML Schema [5]. Выбор указанного программного продукта обусловлен его доступностью, широкой функциональностью и относительной простотой использования. Визуализация онтологий, получаемых на основе онтологического инжиниринга выполняется в графовом представлении с помощью плагина OntoGraph.

В целом, общая схема моделирования рассматриваемого явления можно представить следующим образом (рис. 1).

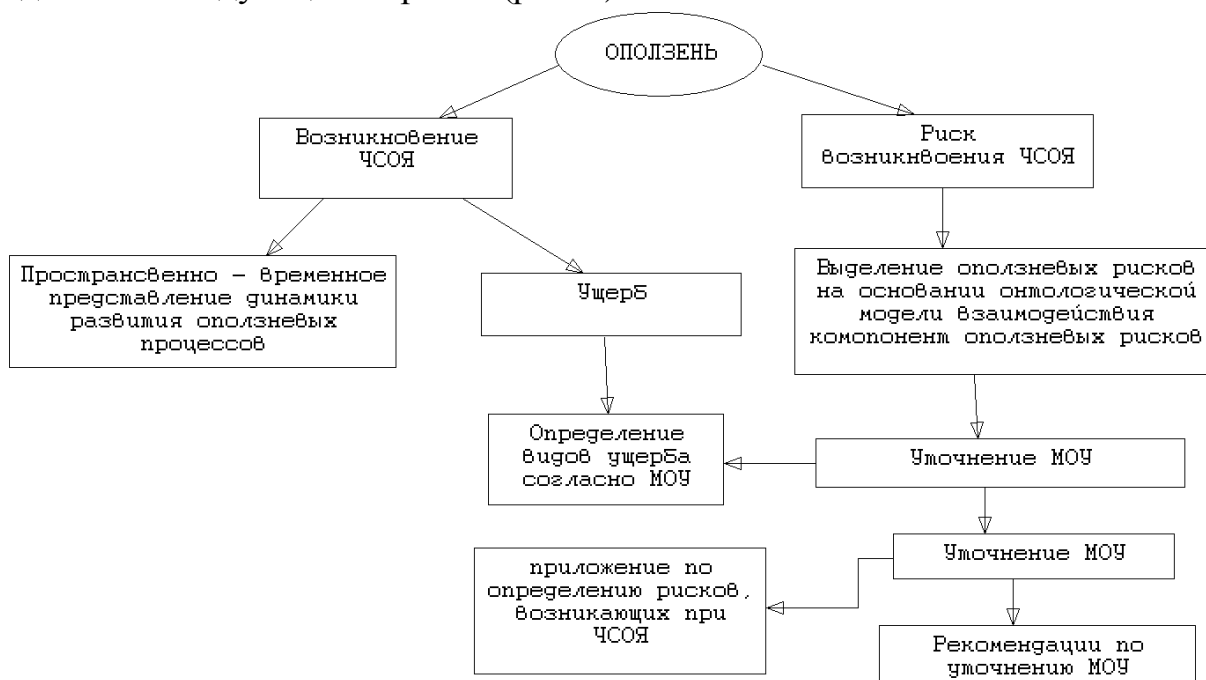


Рис. 1 Схема этапов моделирования комплексных рисков
Особенности проявления оползня представлены на рис.2.

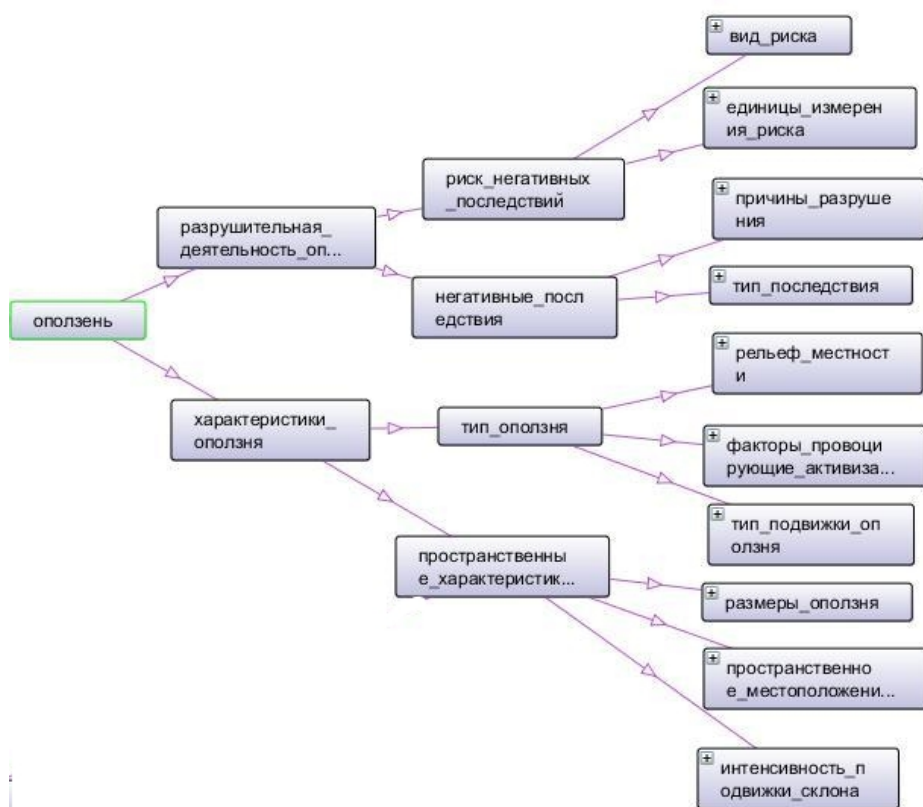


Рис.2. Характеристики оползня и его воздействия на окружающую среду

Сведения для определения составляющих и оценки ущерба от ЧСОЯ могут быть смоделированы следующим образом (рис. 2).

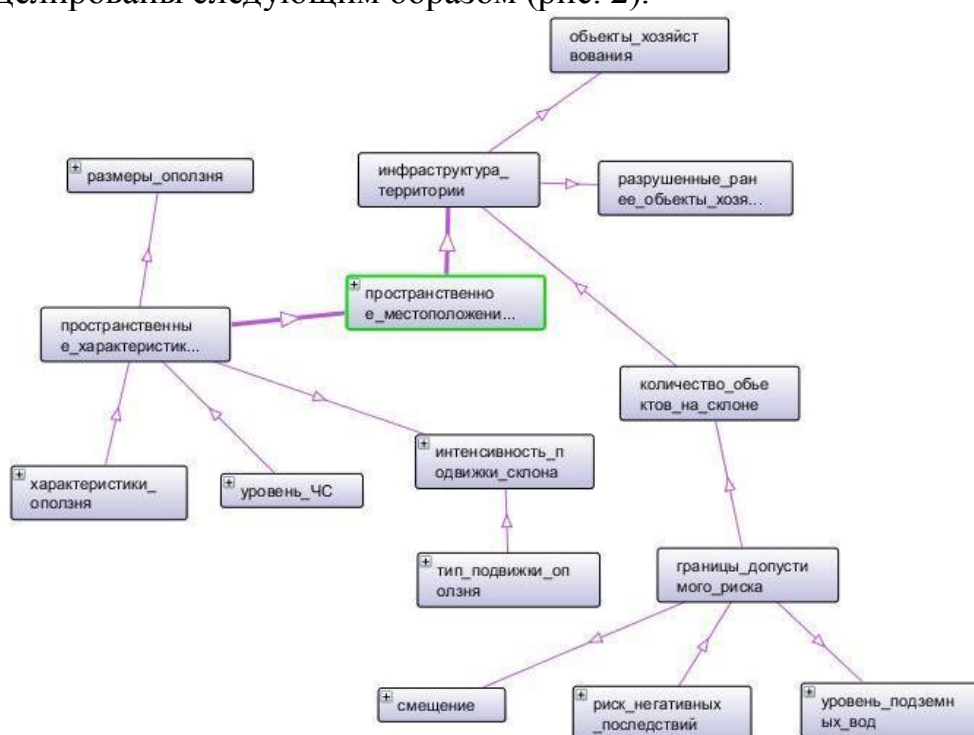


Рис. 3. Взаимосвязи между понятиями, входящими в класс «Пространственное местоположение оползня»

Кроме того, для выполнения поставленной задачи необходимо:

определить характеристики активизировавшегося оползневой процесса (классы «размеры оползня», «интенсивность подвижки склона»), а также общие характеристики оползневой процесса до активизации – класс «характеристики оползня»;

определить объекты, пострадавшие от ЧСОЯ, т.е. расположенные на оползневом склоне (класс) «объекты хозяйствования», а также ранее разрушенные объекты на склоне («ранее разрушенные объекты хозяйствования»);

определить виды ущербов, причиненных объектам, расположенных на оползневом склоне. Для этого необходимо проанализировать класс «ущерб от ЧС».

В случае оценки рисков при строительстве частного коттеджа, расположенного вблизи оползневой склона следует выполнить следующие этапы работ (рис. 4):

определить состояние оползневой склона на данный момент (класс «пространственные характеристики оползня»)

определить интенсивность подвижек склона, а также регистрировались ЧСОЯ в прошлом (классы «интенсивность по движки склона», «ЧС», «разрушительная деятельность»)

определить виды рисков для данной территории (классы «инфраструктура территории», «виды риска»)

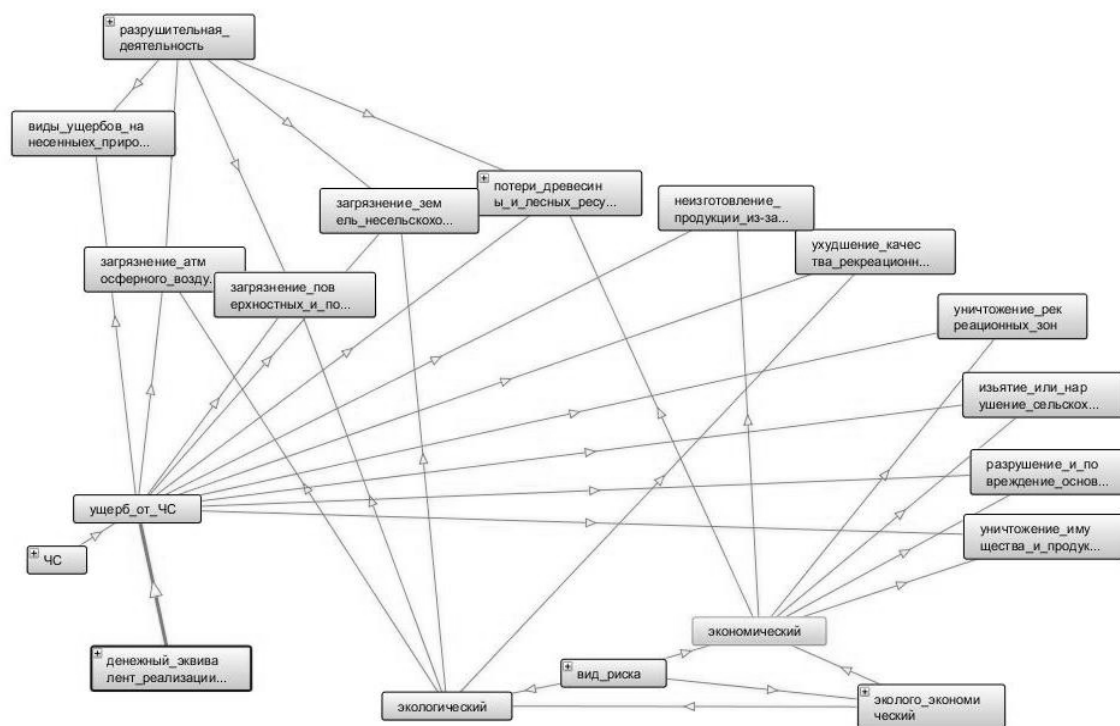


Рис. 4. Взаимосвязи между понятиями, входящими в класс «Экономический вид риска» и «Ущерб от ЧС»

Таким образом, на основании анализа факторов, вызывающих активизацию оползневых процессов и особенностей рисков оползневого характера могут быть определены ключевые понятия, с целью объединения их в классы, которые стали основой для фрагмента онтологической модели взаимосвязи компонентов оползневых рисков (рис. 5,6).

Заключение

Современные системы мониторинга строятся на основе интеграции компонентов, представляющих собой численные результаты оценки возникновения и последствий ЧС на разных уровнях. Повысить производительность обработки, анализа и подготовки материалов для принятия решений на основе компьютерной обработки такого комплекса многоуровневых наборов данных можно только с помощью систем интеллектуального анализа данных на базе онтологического инжиниринга.

Онтологии представляют собой мощное средство описания разнообразных данных. По своей сути, они являются средством организации универсального интерфейса в среде существующих структур данных и знания об их организации, обработке и исследовании. Таким образом, они служат базисом для создания образований данных, обрабатываемых компьютерами значительно гибче, чем раньше, используя при этом интеграцию разнообразных инструментов хранения и средства коммуникации точно выбираемых для задач из разных предметных областей программных приложений.

В настоящей работе создана онтология риска ущерба от ЧС, связанных с оползневыми процессами. Практическое значение полученных результатов заключается в том, что впервые на базе редактора онтологий Protégé 4.1.rc4, поддерживающего языки OWL, DAML+OIL, RDF(S); XML Schema разработаны базовые классы онтологий в предметной области ЛП. На основании анализа факторов, вызывающих активизацию оползневых процессов и особенностей рисков оползневого характера были определены ключевые понятия, с целью объединения их в классы, которые стали основой для фрагмента онтологической модели взаимосвязи компонентов оползневых рисков.

Ожидается, что применение подобной базы знаний в процессе анализа показателей ущерба увеличит количественный и качественный состав получаемой информации и повысит оперативность обработки данных с целью повышения экологической безопасности Украины. Дальнейшее направление работ связано с разработкой нижележащих таксономических иерархий, и также определению слотов и описанию допустимых значений этих слотов для всех уровней онтологических иерархий в структуре мониторинга ЧС.

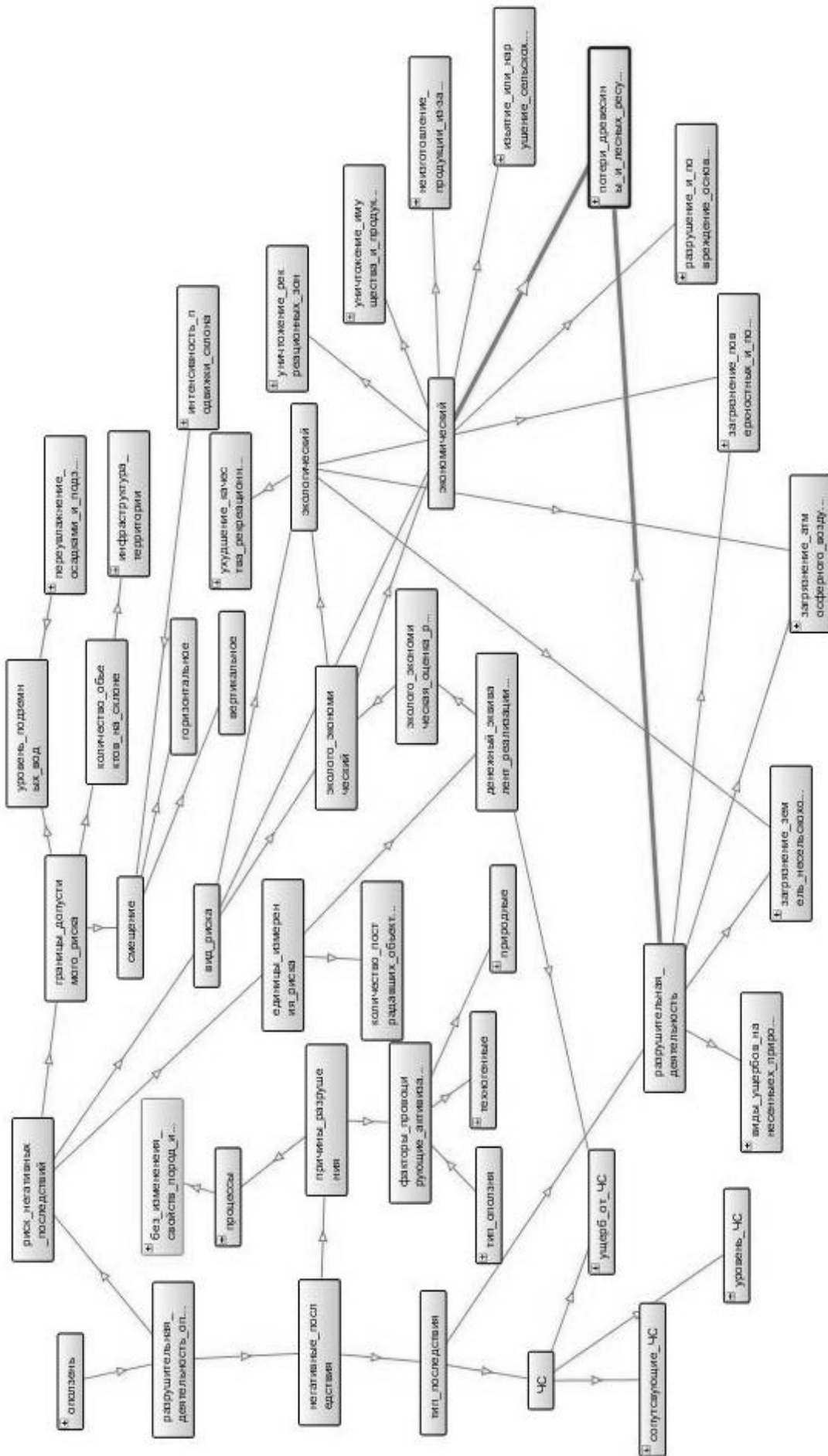


Рис. 5 Фрагмент онтологического графа взаимодействия элементов оползневых рисков «Разрушительная деятельность»

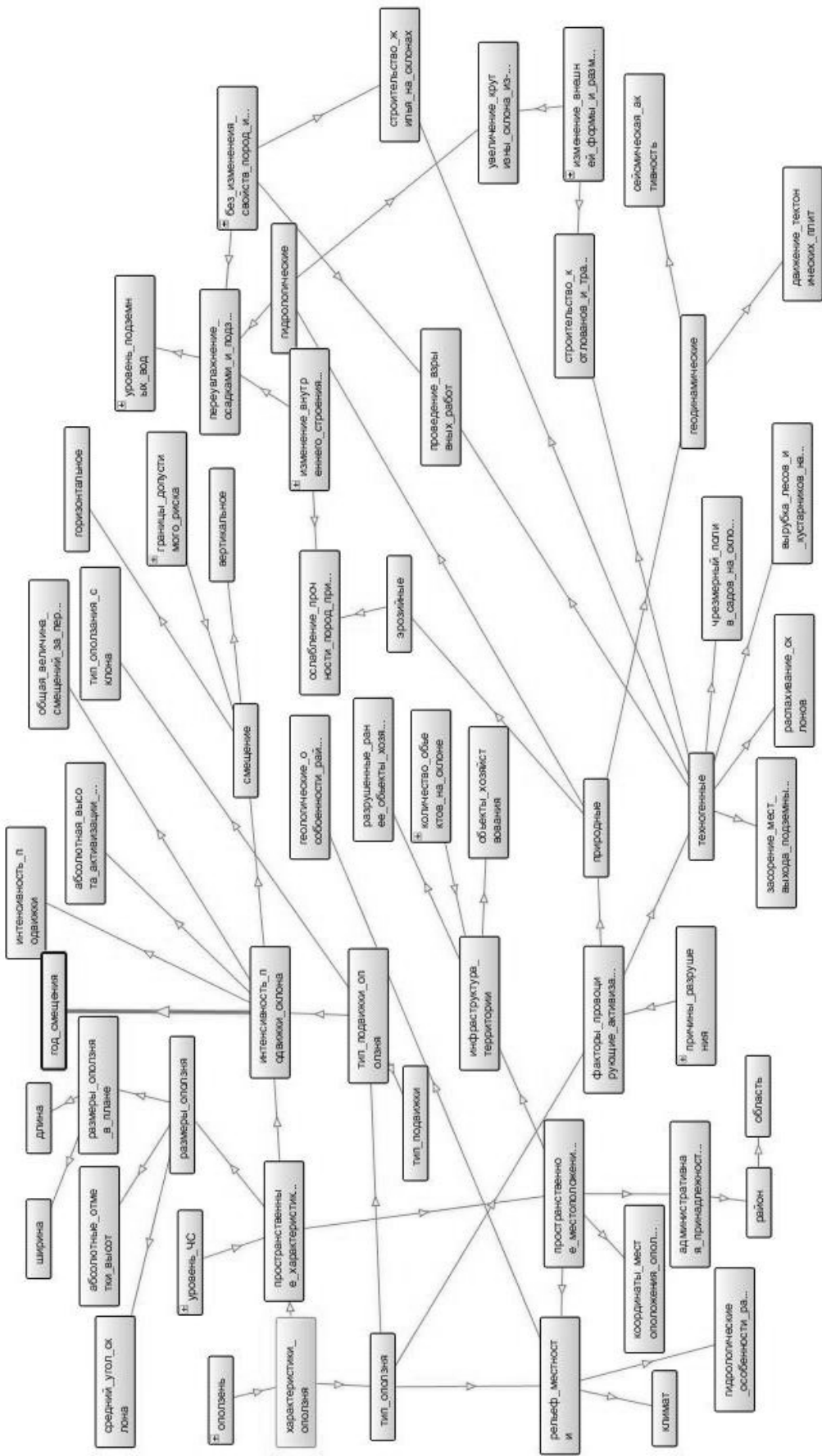


Рис.6 Фрагмент онтологического графа взаимодействия элементов оползневых рисков (Характеристики оползня)

Список литературы

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні / http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2013.html. [Електронний ресурс]. Режим доступа: URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/175-2002-%D0%BF/page>. (Заголовок с экрана).
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2002 р., № 175 «Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» [Електронний ресурс]. Режим доступа: URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/175-2002-%D0%BF/page>. (Заголовок с экрана).
3. Казеев А.И. . Оползневая опасность и риск в зарубежной теории и практике. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.opolzni.ru/public/laram.htm>. (Заголовок с экрана).
4. Ермаков А. Е. Автоматизация онтологического инжиниринга в системах извлечения знаний из текста // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии : тр. Междунар. конф. «Диалог'2008». – М. : Наука, 2004. – С. 282–285.
5. Linkova Zdenka. Building Ontologies for GIS-Part 2. / Zdenka Linkova, Radim Nedbal, Martin Rimnac. Technical report No. 938. May 2005. Institute of Computer Science. Academy of Sciences of the Czech Republic. – 14 p.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Бусигінім Б.С.
Надійшла до редакції 16.01.15*

УДК 622. 625. 5

А.В. Денищенко, Л.Н. Посунько, А.Л. Ширин, М.А. Кечин

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАНАТНЫХ НАПОЧВЕННЫХ ДОРОГ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УЧАСТКОВЫХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Приведены результаты исследований применения канатных напочвенных дорог в качестве единого транспортного средства при проведении подготовительных пластовых выработок. На основе анализа предложенных транспортно-технологических схем разработан график организации работ с использованием аккумулярующего бункера для повышения производительности откатки и качества полезного ископаемого.

Наведено результати досліджень застосування канатних надґрунтових доріг в якості єдиного транспортного засобу при проведенні підготовчих пластових виробок. На основі аналізу запропонованих транспортно-технологічних схем розроблено графік організації робіт з використанням акумулюючого бункера для підвищення продуктивності відкатки та якості корисної копалини.

The results of research of using cable oversoiled roads as the only transportation during the prepared workings are given. The timetable of work organization with the usage of accumulating hopper for haulage increasing maintenance and quality of minerals is designed on the base of proposed transportation and technological schemes.

Постановка проблемы. Шахты Западного Донбасса и Львовско-Волынского бассейна представлены пологими угольными пластами с волнистым или слабонаклонным (до 10°) залеганием. При погоризонтной подготовке шахтных полей и отработке запасов угля длинными столбами по падению-востанию выемочные выработки характеризуются сложным профилем.

К выработкам сложного профиля в регионах относят:

- выработки с углами наклона $\alpha \geq 3^\circ$, в которых затруднена концевая канатная и не может быть применена электровозная откатка грузов;
- горизонтальные выработки со знакопеременным профилем и уклоном пути $i \geq 5\%$, проведенные в слабометаморфических горных породах.

В ранее выполненных исследованиях [1, 2] отмечалось, что основными причинами образования завышенных профилей пути в участковых пластовых выработках являются такие факторы как:

- наличие специфических зон с интенсивным пучением пород почвы;
- необходимость проведения участковых подготовительных выработок по направлению пласта с целью поддержания стабильной длины комплексно-механизированных очистных забоев;
- нарушение предписаний требований маркшейдерской службы к контролю профиля пути в эксплуатируемых выработках.

Экспертная оценка производственных ситуаций на шахтах региона показала, что современные проходческие комплексы могут обеспечить высокие темпы проведения пластовых подготовительных выработок (более 300 м/мес) за счет рационального совмещения во времени основных технологических процессов, таких как разрушение массива, погрузка и транспортирование горной массы по выработке, а также крепление призабойного пространства.

Необходимо отметить, что на шахтах Западного Донбасса при проектировании транспортно-технологических схем комбайнового проведения участковых подготовительных выработок длительность цикла рассчитывается с учетом суммарной продолжительности всех последовательно выполняемых проходческих и транспортных операций и принимается кратной продолжительности смены. Однако, при доработке запасов угля у границ шахтных полей и в зонах тектонических нарушений применяемые транспортные средства не обеспечивают планируемые грузопотоки и безопасность работ. Более того, по причинам отказов в работе средств участкового транспорта на шахтах региона ежемесячно теряется 0,53 м проведения подготовительных выработок.

Последнее обусловлено тем, что при формировании схем участкового транспорта не учитываются специфические особенности ведения горно-подготовительных работ в условиях интенсивного пучения пород почвы, обильных водопритоков и мелкоамплитудных геологических нарушений.

Проявление этих факторов чаще всего происходит спонтанно и прогнозировать их параметры практически невозможно. Указанные негативные явления относятся к нетипичным, поэтому функционирование средств участкового

транспорта в протяженных обводненных выработках с интенсивным пучением пород почвы следует рассматривать как систему, работающую в условиях неопределенности.

Экспериментально доказано, что достигнуть планируемых темпов проведения выработок в экстремальных производственных ситуациях можно путем создания автоматизированных, оперативно управляемых транспортно-технологических систем на базе напочвенных канатных дорог нового поколения, работающих в комплексе с аккумулялирующим породным бункером.

Цель данной работы – совершенствование технологии проведения участковых подготовительных выработок путем обоснования рациональных параметров канатных напочвенных дорог, работающих в комплексе с аккумулялирующим породным бункером.

Анализ последних исследований и публикаций. Существующие технологические схемы комбайнового проведения выработок с использованием традиционных транспортных средств (конвейеров и электровозной откатки) предусматривают максимальное совмещение во времени отдельных операций, рациональное использование оборудования и труда звена проходчиков. При такой организации работ сменная скорость подвигания выработок смешанным забоем достигает 3,5 – 5,6 м, производительность труда проходчика составляет 0,39 – 0,66 м/см, а удельный вес трудоемкости возведения постоянной крепи в общих затратах труда составляет 20 – 45 % [3]. Однако при подготовке запасов угля у границ шахтных полей и в зонах мелкоамплитудных геологических нарушений было установлено несоответствие между процессами крепления призабойного пространства, транспортирования породы по выработке и маневровыми операциями при обмене груженых вагонов на порожние [1].

В этой связи Национальным горным университетом совместно с инженерно-техническим персоналом шахты “Павлоградская” была разработана и реализована циклично-поточная малооперационная технология транспортирования горной массы, материалов и людей при проведении выработок сложного профиля с использованием канатных напочвенных дорог (ДКН) в качестве единого транспортного средства при проведении участковых пластовых выработок [3].

В процессе шахтных испытаний технологической схемы комбайнового проведения подготовительных выработок с применением опытного образца напочвенной дороги типа ДКНП-1,6 были разработаны рекомендации по совершенствованию конструкции канатных напочвенных дорог нового поколения [4] и способов управления транспортно-технологическими процессами перемещения породы, вспомогательных материалов, оборудования и людей. Результаты проведенных исследований позволили расширить область эффективного применения комбайнового проведения подготовительных выработок и повысить эксплуатационную надежность эксплуатируемых в регионе канатных напочвенных дорог. В настоящее время на шахтах региона более 41 % участковых подготовительных выработок, проводимых по восстанию-падению пласта, используются в качестве единого транспортного средства напочвенные дороги типа ДКН-3, ДКНЛ и ДКНУ.

Особенности технологических схем проведения подготовительных выработок по падению-восстанию пласта приведены на рис. 1.

По результатам шахтных испытаний и экспертной оценки технологических схем транспортирования породы канатными напочвенными дорогами установлено, что их особенности и эксплуатационные параметры во многом определяются: местом расположения буксировочной тележки и специальной камеры для приводной станции; трудоёмкостью работ, связанных с периодической передвижкой концевого блока, а также схемами маневров на сопряжении выработок при обмене груженных вагонов на порожние.

Технологическая схема проведения подготовительной выработки по падению пласта с размещением приводной и натяжной станций ДКН в магистральной выработке показана на рис. 1,а. По результатам шахтных исследований эксплуатационных параметров ДКН установлено, что при использовании данной схемы в выработках со знакопеременным профилем пути буксировочную тележку, оборудованную ловителем для обеспечения надежной остановки партии в случае обрыва каната, необходимо располагать ниже состава вагонов. Доказано, что с такой компоновкой напочвенные канатные дороги могут использоваться с центральной и боковой тягами [2].

При проведении подготовительных выработок в соответствии с типовыми схемами организации работ, последовательность выполнения операций проходческого цикла заключается в следующем: отбитая проходческим комбайном горная масса при помощи ленточного перегружателя грузится в вагоны, перемещение которых при этом производится канатной дорогой. Далее груженная партия вагонов доставляется до устья выработки, где производятся маневры по ее обмену на порожнюю. После проведения маневровых работ партия из порожних вагонов присоединяется к буксировочной тележке и доставляется в забой, цикл повторяется.

Достоинства схемы: простота маневров по обмену вагонов, отсутствие в проводимой выработке специальной камеры для приводной станции.

Недостаток: необходимость ежесменного перемещения концевого блока вслед за подвиганием забоя.

Проведение выработок по восстанию пласта с расположением приводной и натяжной станций канатной напочвенной дороги в специальной камере приведено на рис. 1,б. При применении этой схемы последовательность операций в призабойной зоне проводимой выработки аналогична первой, однако исключаются маневровые операции в устье выработки при обмене груженных вагонов на порожние, а перемещение концевого блока сокращается до одного раза в сутки.

Проведение подготовительной выработки со знакопеременным профилем пути может осуществляться как по первой технологической схеме, так и по второй, однако обязательным условием является синхронизация процессов крепления призабойного пространства и транспортирования горной массы.

При интенсификации горно-подготовительных работ задача создания циклично-поточной технологии комбайнового проведения выработок с применением ДКН заключается в достижении поставленной цели, в качестве

функции которой должны служить планируемые темпы проведения (м/мес., м/сут., м/см.). По результатам технологического моделирования и экспертной оценки действующих в регионе технологических схем комбайнового проведения выработок с использованием ДКН был отдан приоритет схеме (рис. 2) с комплексом оборудования (комбайн КСП-32 – перегружатель ППЛ-1 – вагонетки ВД-2,5 – ДКНП-1,6 – породный бункер).

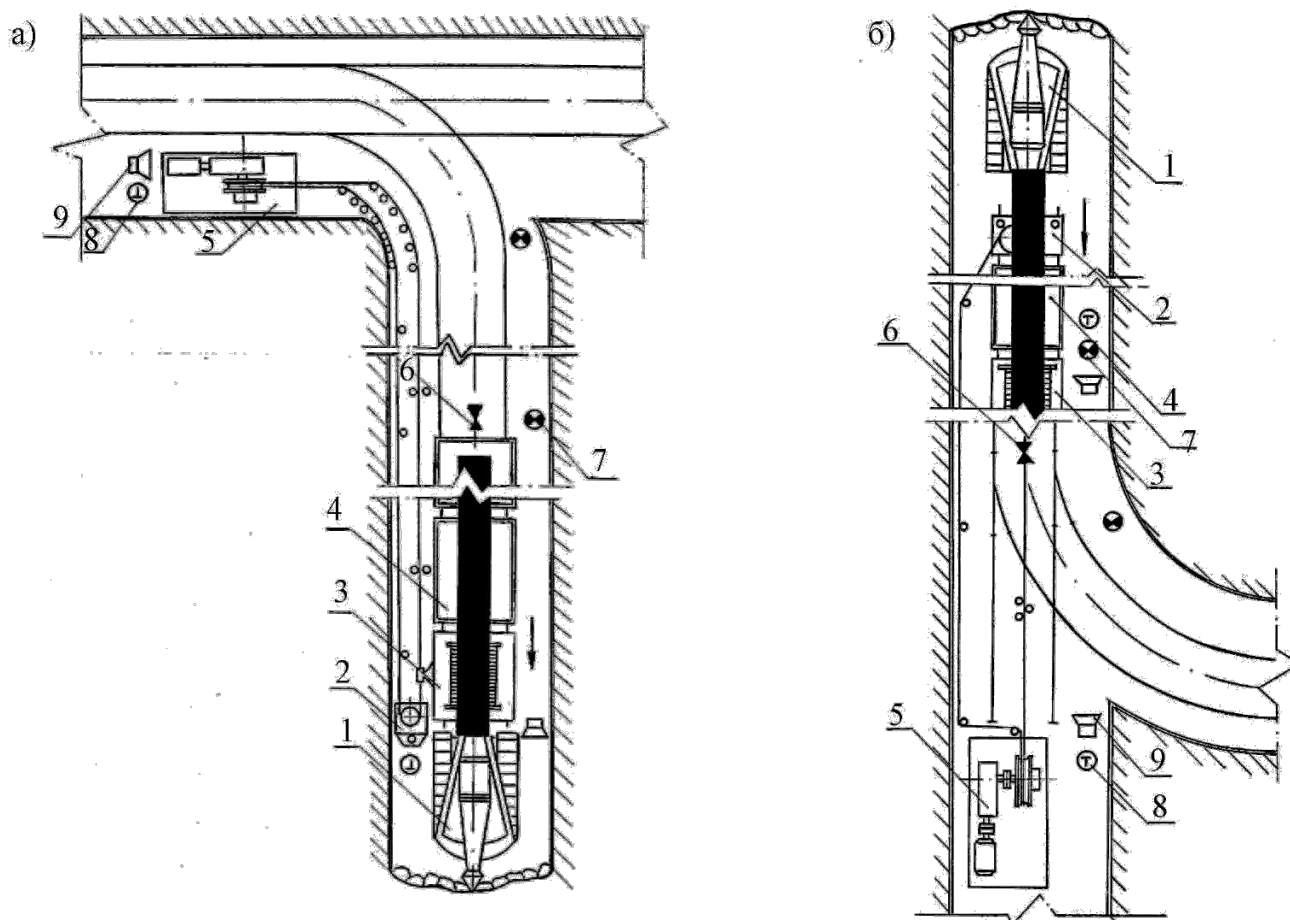


Рис.1. Технологическая схема транспортирования горной массы и материалов при проведении выработки

(а – по падению пласта; б – по восстанию пласта):

- 1 – проходческий комбайн; 2 – концевой блок; 3 – буксировочная тележка;
 4 – вагон; 5 – приводная станция; 6 – барьер; 7 – световое табло;
 8 – телефон; 9 – сигнал

При интенсификации горно-подготовительных работ задача создания циклично-поточной технологии комбайнового проведения выработок с применением ДКН заключается в достижении поставленной цели, в качестве функции которой должны служить планируемые темпы проведения (м/мес., м/сут., м/см.). По результатам технологического моделирования и экспертной оценки действующих в регионе технологических схем комбайнового проведения выработок с использованием ДКН был отдан приоритет схеме (рис. 2) с комплексом оборудования (комбайн КСП-32 – перегружатель ППЛ-1 – вагонетки ВД-2,5 – ДКНП-1,6 – породный бункер).



Рис. 2. Рекомендуемый вариант компоновки погрузочно-транспортного комплекса с применением ДКН

Согласно выполненным расчетам, рекомендуемый погрузочно-транспортный комплекс с применением ДКНП-1,6 обеспечивает условие синхронизации элементов системы «Подготовительный забой – транспорт по выработке» в которой:

$$T_{ГР.С} + \sum T_M + T_{Р.С} + T_{З.С} + T_{ПР.С} \leq T_{КР}, \text{ мин/м}^3 \quad (1)$$

где $T_{ГР.С}$ – время движения груженого состава от подготовительного забоя до бункера; T_M – суммарное время маневров для заталкивания состава под разгрузку вагонов; $T_{Р.С}$ – время разгрузки состава; $T_{ПР.С}$ – время движения порожнего состава от бункера до погрузочного пункта проходческого забоя.

В связи с переходом шахт региона на применение комбинированной крепи при проведении участковых выработок (установка анкеров и рам постоянной крепи типа КШПУ) на рис. 3 приведен график организации работ в проходческом забое.



График выходов рабочих

ПРОФЕССИЯ	Смены				Всего чел.	1 смена							2 смена							3 смена							4 смена						
	1	2	3	4		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7				
МГВМ	1	1	1	1	4																												
Проходчик	5	5	5	5	20																												
Эл.слесарь	-	-	1	-	1																												
Ремонт. эл.слесарь	3	-	-	-	3																												
Горнорабочий	-	1	1	1	3																												

Рис. 3. График организации работ в проходческом забое

Применительно к объемам породы, получаемой при разрушении массива, производительность труда горнорабочих, обслуживающих транспортно-технологические процессы по удалению продуктов разрушения за пределы контура выработки определяется в соответствии с выражением:

$$P = \frac{v_{см} S_{СВ}}{n} K_{см} \quad (2)$$

где P – производительность труда проходчиков, $\text{м}^3/\text{чел.см}$; $v_{см}$ – скорость проведения выработки, $\text{м}/\text{см}$; $S_{СВ}$ – сечение выработки в свету, м^2 ; n – численность сменного звена проходчиков при расчете, $K_{см}$ – коэффициент, приводящий производительность труда к единой продолжительности смены.

При традиционной организации работ в каждую смену выходит звено из 6 человек. Машинист осуществляет выемку горной массы, двое проходчиков зачищают почву за комбайном, двое заготавливают крепежные материалы, один управляет работой перегружателя и следит за погрузкой партии вагонов под перегружателем. По мере загрузки подаются команды по селектору машинисту напочвенной дороги о степени загрузки вагонов.

После погрузки груженная партия доставляется напочвенной канатной дорогой до сопряжения, где ее обменивают маневровым электровозом на порожнюю. Длительность обмена партии под перегружателем зависит от протяженности выработки и не должна превышать времени, необходимого для установки постоянной крепи (в противном случае транспорт становится фактором, сдерживающим скорость проходки).

Необходимо отметить, что принятая технология проведения пластовых выработок длиной $L \leq 2000$ м, в типичных условиях эксплуатации обеспечивает высокие темпы проведения участковых выработок. Зависимость скорости проведения выработки ($V_{пр}$) от ее длины (L), сечения (S), скорости движения состава (V) в различных условиях эксплуатации ДКН представлена на рис.4.

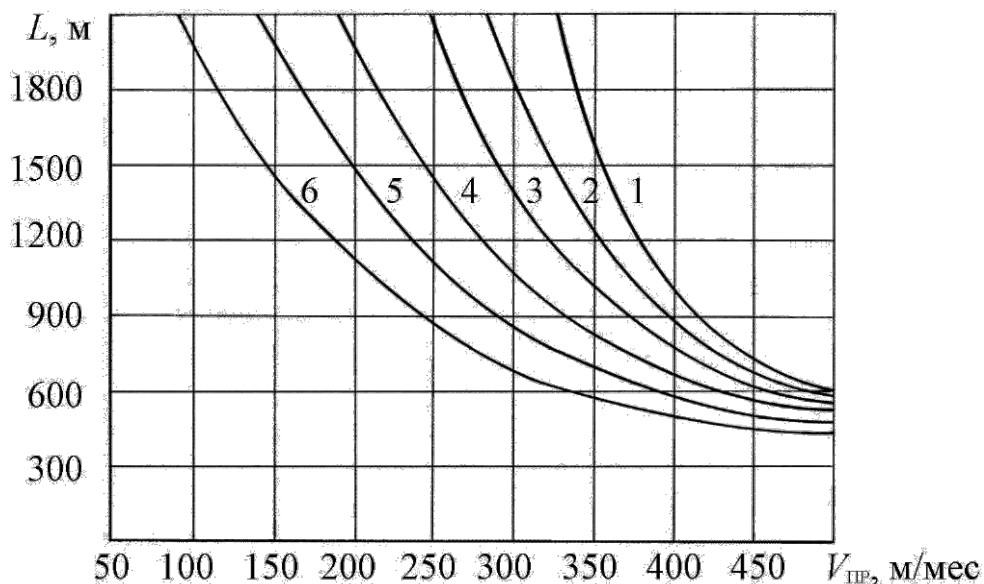


Рис. 4. Зависимость скорости проведения выработки от ее длины:

- 1 – $S = 10 \text{ м}^2$, $V = 3 \text{ м/с}$; 2 – $S = 10 \text{ м}^2$, $V = 2 \text{ м/с}$; 3 – $S = 13 \text{ м}^2$, $V = 3 \text{ м/с}$;
 4 – $S = 13 \text{ м}^2$, $V = 2 \text{ м/с}$; 5 – $S = 15 \text{ м}^2$, $V = 3 \text{ м/с}$; 6 – $S = 15 \text{ м}^2$, $V = 2 \text{ м/с}$.

В тоже время при проведении выработок в нетипичных условиях эксплуатации сдерживающими факторами являются низкий коэффициент оборачиваемости шахтных вагонов и маневровые операции, связанные с обменом груженых вагонов на порожние.

Выделение не решённых проблем. Отмеченные факторы существенным образом влияют на пропускную способность участковых транспортных выработок и синхронизацию основных процессов комбайнового проведения выработок таких как: разрушение массива горных пород; удаление продуктов разрушения за пределы контура выработки (транспортирование) и крепление призабойного пространства.

Необходимость согласования во времени процесса крепления призабойного пространства с процессом транспортирования горной массы по горным выработкам обусловлена тем, что без наличия состава порожних вагонов в забое проводимой выработки горнорабочие проходческого звена не могут приступить к выполнению очередного цикла горнопроходческих работ, а значительные расстояния откатки до околоствольного двора и неудовлетворительное состояние рельсовых путей приводят к простоям в проходческих забоях.

Основная часть. Для решения создавшейся проблемы на шахте «Павлоградская» ПАО ДТЭК «Павлоградуголь» испытывается транспортно-технологическая схема с применением напочвенной канатной дороги нового поколения ДКНП-1,6 в сочетании с аккумулялирующим породным бункером (гезенком). Технологическая схема предусматривает выгрузку горной массы в гезенк из шахтных вагонов ВД-2,5. В процессе исследований эксплуатационных параметров данной технологической схемы были выявлены проблемные ситуации, связанные с обустройством породного гезенка, организацией маневровых работ в устье выработки и процессами загрузки и выгрузки породы из бункера.

Для обеспечения планируемой скорости проведения выработки была разработана технологическая схема с использованием в транспортной цепочке механизированного аккумулялирующего бункера оснащённого скребковым конвейером, расположенного ниже уровня выработки и соединённого с действующим магистральным конвейерным штреком (рис. 5).

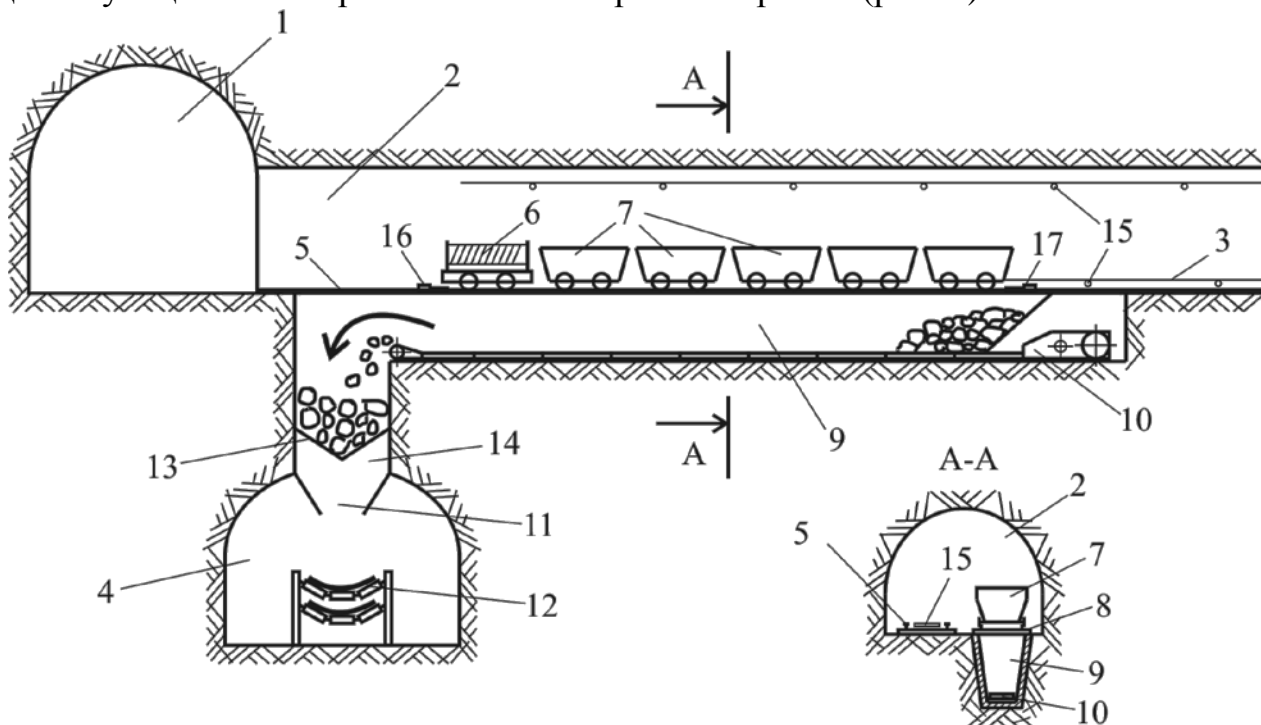


Рис. 5. Транспортно-технологическая схема проведения выработки:

1 – магистральная откаточная выработка; 2 – подготовительная выработка; 3 – тяговый канат; 4 – магистральная конвейерная выработка; 5 – рельсовый путь; 6 – буксирная тележка; 7 – состав вагонеток; 8 – разминковка; 9 – бункер; 10 – скребковый конвейер; 11 – лоток; 12 – ленточный конвейер; 13 – затвор; 14 – гезенк; 15 – направляющие блоки; 16 – устройство закрытия днищ вагонеток; 17 – устройство открытия днищ.

В предлагаемой транспортно-технологической схеме работа в проходческом забое начинается с разрушения массива горных пород комбайном. Отбитая горная масса с помощью ленточного перегружателя загружается в состав вагонеток 7, которые, посредством замкнутого тягового каната 3, перемещаются буксировочной тележкой 6 по рельсовому пути 5 до бункера 9. При подаче состава вагонеток 7 к разгрузочному окну механизированного бункера 9 днища вагонеток ВД-2,5 последовательно открываются с помощью устройств 17 и горная масса разгружается на скребковый конвейер 10 бункера 9. В процессе заполнения бункера 9 породой скребковый конвейер 10 не работает, а затвор 13 бункера 9 закрыт. В процессе движения партии вагонеток 7 по разминке 8, днища вагонеток последовательно закрываются устройством 16, приводя таким образом состав в транспортное положение.

Емкость бункера 9 определяется сменной производительностью проходческого забоя. После заполнения бункера 9 горная масса поступает в гезенк 14 и через лоток 11 поступает на ленту работающего ленточного конвейера 12, с помощью которого доставляется в породный бункер скипового ствола.

Выводы. Внедрение предлагаемой технологии транспортирования горной массы из подготовительных забоев угольных шахт позволит:

- существенно сократить время цикла транспортирования за счет применения вагонеток с донной разгрузкой;
- аккумулировать горную массу от проведения выработки в бункере на протяжении смены для дальнейшей транспортировки ее ленточным конвейером к стволу и выдачи на поверхность.

Реализация данного технического решения позволит значительно повысить производительность транспортно-технологической системы, обеспечит безопасность эксплуатации транспортного оборудования и снижение затрат на потребляемую электроэнергию.

Список литературы

1. Денищенко А.В. Шахтные канатные дороги: Монография. – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 172 с.
2. Проектування систем вугільних шахт, що розробляють круті та крутопохилі пласти: монографія / Гребенкин С.С., Бондаренко В.І, Янко С.В., та інші. – Донецьк: ВІК, 2012. – 311 с.
3. Посунько Л.Н. Обоснование параметров транспортно-технологических схем проведения участковых выработок при расширении границ шахтных полей: Дис. канд. техн. наук: – Днепропетровск, 2010. – 184 с.
4. Спосіб транспортування гірничої маси та допоміжних матеріалів під час проведення підготовчих виробок змінного профілю. Патент України на винахід № 96493. МПК E21F 13/02 / А.В. Денищенко; заявник і патентовласник Націон. гірн. ун-т. – № а 201001555; заявлено 15.02.2010; опубл. 10.11.2011; Бюл. № 21. – 4 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Заболотним К.С.
Надійшла до редакції 15.01.15*

ОЦЕНКА АЭРОИОННОГО РЕЖИМА РАБОЧИХ ЗОНАХ НА БАЗЕ CFD МОДЕЛИ

Рассмотрена новая 2D CFD модель для прогноза аэроионного режима в помещениях и в рабочих зонах. Модель основывается на применении уравнений аэродинамики, электростатики и массопереноса.

Розглянута нова 2D модель для прогнозу аероіонного режиму в приміщеннях і в робочих зонах. Модель ґрунтується на застосуванні рівнянь аеродинаміки, електростатики і масопереносу.

A new CFD model allowing operatively to compute the dynamics of ion dispersion in rooms was developed. The model is based on equations of fluid dynamics, electrostatic and mass transfer.

Постановка проблемы. Прогноз аэроионного режима в рабочих зонах является важной задачей в области охраны труда и экологической безопасности. Известно, что их концентрация должна удовлетворять определенным нормам [1, 2-4]. Такой прогноз, при рассмотрении практических задач, можно оперативно осуществить с помощью математических моделей. Это ставит задачу разработки эффективных методик для прогноза концентрационных полей аэроионов в любой части помещения с целью получения научно – обоснованной информации относительно расположения ионизаторов в помещениях. В Украине, в настоящее время, имеется определенный дефицит методик, которые позволяли бы получить адекватную прогнозную информацию для обоснования конкретного режима ионизации помещений. Таким образом, возникает проблема создания специальных методов расчета, позволяющих, оперативно, определять рациональное расположение ионизаторов.

Анализ публикаций. Как правило, в Украине для прогноза аэроионного режима в рабочих зонах используются аналитические модели [2-4]. Применение данных моделей дает возможность быстро рассчитать концентрацию аэроионов. Но данные модели не учитывают аэродинамику воздушных струй в помещении, наличие мебели, оборудования, перенос ионов под действием электрического поля и т.п. – т.е. комплекс факторов, определяющих интенсивность и форму концентрационного поля аэроионов в помещении. Аналитические модели позволяют рассчитать концентрационное поле аэроионов без учета влияния стен, пола, потолка, препятствий на процесс рассеивания аэроионов. Данные модели не позволяют учесть при прогнозе конкретное место эмиссии ионов различной полярности и их взаимодействие. Для получения более обоснованной прогнозной информации необходимо применение CFD моделей [1].

Целью данной работы является разработка CFD модели для прогноза аэроионного режима в помещениях и в рабочих зонах, позволяющей учитывать

наиболее существенные физические факторы, определяющие формирование концентрационного поля аэроионов.

Моделирующие уравнения. Перенос аэроионов в помещении обусловлен воздействием следующих факторов: конвективный поток воздуха, диффузия, воздействие электрического поля. Кроме этого происходит взаимодействие ионов различной полярности и взаимодействие их с частицами пыли. Для учета этих процессов, при моделировании рассеивания аэроионов, будем использовать уравнение переноса в виде [1]:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(u + bE)C}{\partial x} + \frac{\partial(v + bE)C}{\partial y} = \\ & = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) - \alpha CB - CD + \\ & + \sum Q_c(t) \delta(x - x_c) \delta(y - y_c), \end{aligned} \quad (1)$$

где C , B , D – концентрация отрицательных, положительных аэроионов и частиц пыли соответственно; u , v , – компоненты вектора скорости движения воздушного потока в помещении; $\mu = (\mu_x, \mu_y)$ – коэффициенты диффузии; t – время; α – скорость рекомбинации ионов, имеющих различную полярность; β – скорость рекомбинации ионов с частицами пыли; Q_{ci} , – интенсивность эмиссии отрицательных ионов в соответствующих точках с координатами x_c, y_c ; $\delta(x - x_i) \delta(y - y_i)$ – дельта-функция Дирака; b – коэффициент мобильности ионов; E – напряженность электрического поля.

Отметим, что ось Y направлена вертикально вверх.

Поскольку аэроионы имеют заряд, то они генерируют электрическое поле E , которое описывается следующим уравнением [1]:

$$\frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} = \frac{q_e}{\varepsilon_0}, \quad (2)$$

где ε_0 – диэлектрическая проницаемость; q_e – плотность объемного заряда.

От уравнения (2) можно перейти к скалярному потенциалу, если учесть такую зависимость

$$E_x = -\frac{\partial \phi}{\partial x}, \quad E_y = -\frac{\partial \phi}{\partial y}. \quad (3)$$

Тогда получим уравнение Пуассона следующего вида [1]

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = -\frac{q_e}{\varepsilon_0}, \quad (4)$$

где $q_e = -eC(x, y)$, $C(x, y)$ – концентрация отрицательных аэроионов; ϕ – скалярный потенциал; e – элементарный заряд. На базе данного уравнения осуществляется моделирование электрического поля.

Для описания процессов рассеивания положительных ионов и пыли будем использовать уравнение переноса вида (1)

$$\frac{\partial B}{\partial t} + \frac{\partial uB}{\partial x} + \frac{\partial vB}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial B}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial B}{\partial y} \right) - \alpha CB - \beta BD + \sum Q_B(t) \delta(x - x_B) \delta(y - y_B), \quad (5)$$

$$\frac{\partial D}{\partial t} + \frac{\partial uD}{\partial x} + \frac{\partial vD}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial D}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial D}{\partial y} \right) + \sum Q_{Di}(t) \delta(x - x_D) \delta(y - y_D). \quad (6)$$

Обозначение физических параметров в этих уравнениях совпадает с аналогичными обозначениями, приведенными для уравнения (1).

Для расчета аэродинамики воздушных потоков при вентилировании помещения будем применять модель потенциального течения. Моделирующим уравнением, в этом случае, будет уравнение Лапласа для потенциала скорости (7)

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0, \quad (7)$$

где P – потенциал скорости.

Компоненты вектора скорости воздушной среды связаны с потенциалом скорости следующими зависимостями

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial P}{\partial y}. \quad (8)$$

Постановка краевых условий для моделирующих уравнений рассмотрена в [1,5].

Численное решение моделирующих уравнений. Для численного интегрирования уравнений переноса, первоначально, проводится их физическое и геометрическое расщепление с последующим расчетом по неявной схеме [5], для численного решения уравнения Лапласа и уравнения Пуассона применяется метод Либмана. Расчет выполняется на прямоугольной разностной сетке.

Результаты вычислительного эксперимента. Ниже представлены результаты применения разработанной CFD модели для прогноза концентрационного поля аэроионов в помещении, где находятся два рабочих места (рис. 1).

Эмиссия положительных ионов происходит в обеих рабочих зонах, причем эмиссия их на втором рабочем месте происходит внутри мебели, как бы внутри «выемки». Интенсивность эмиссии положительных ионов составляет $Q_B = 3 \cdot 10^3$ частиц/с. Поступление отрицательных ионов в помещение происходит от ионизатора (рис. 1) интенсивностью $Q_c = 15 \cdot 10^{11}$ частиц/с.

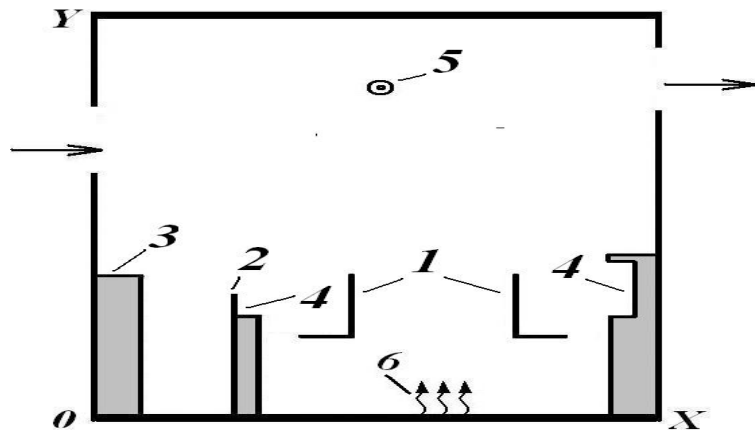


Рис. 1. Схема расчетной области (два рабочих места): 1 – стул; 2 – рабочее место (компьютер); 3 – шкаф; 4 – источник эмиссии положительных ионов; 5 – ионизатор воздуха; 6 – место эмиссии пыли

В помещении происходит выброс пыли в количестве $Q_{D1}=10^6$ частиц/с (зона пылевыведения условно показана волнистыми стрелками на рис.1). Физические параметры задачи таковы: размеры комнаты 6м*4м; кратность воздухообмена 3 [1/час]; $\alpha=1.5 \times 10^{-12}$ м³/с, $\beta=1 \times 10^{-12}$ м³/с [1], коэффициенты турбулентной диффузии по всем направлениям приняты равными 10^{-7} м²/с [1]. На рис.1 «стрелками» показаны положения отверстий вентиляции.

Результаты расчета представлены на рис.2-3. Концентрационное поле аэроионов представлено в виде матрицы значений концентрации ионов обеих полярностей внутри помещения (место положения ионизатора представлено условно «кружком» на рис.2). Результаты приведены в безразмерном виде: каждое число – это величина концентрации в процентах от величины максимальной концентрации в помещении. Вывод на печать чисел осуществлен по формату «целое число», т.е. дробная часть числа не выдается на печать; также приводится максимальное значение концентрации в расчетной области C_{max} .

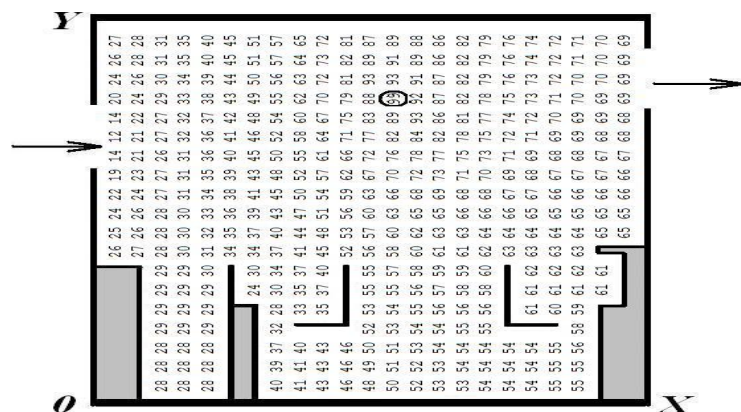


Рис. 2. Распределение концентрации отрицательных аэроионов в помещении ($C_{max}=0.18 \times 10^{12}$ частиц/м³)

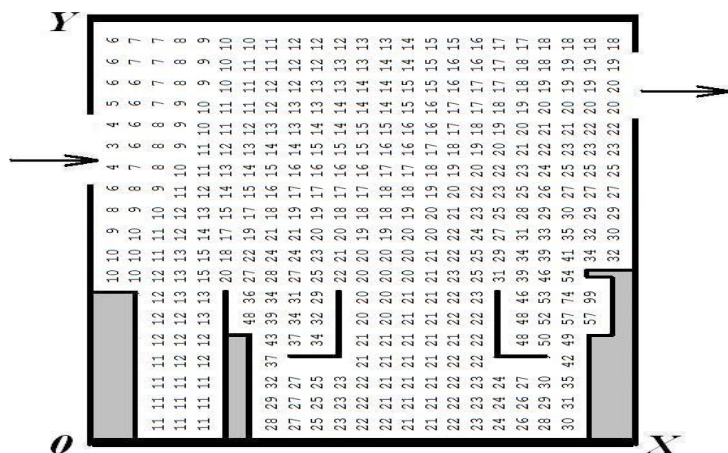


Рис. 3. Распределение концентрации положительных аэроионов в помещении ($C_{\max}=0.86 \cdot 10^4$ частиц/м³)

На основании полученных расчетных данных можно оценить концентрацию аэроионов в любом месте, в помещении. Например, там, где находятся органы дыхания работников. Для такой оценки выбрана позиция над спинкой стула (здесь находится голова работника). Результаты расчета концентрации C_w отрицательных аэроионов для каждой рабочей зоны таковы: первая рабочая зона $C_w=0.09 \cdot 10^{12}$ частиц/м³ (52% от максимальной концентрации в помещении); вторая рабочая зона – $C_w=0.11 \cdot 10^{12}$ частиц/м³; (63% от максимальной концентрации в помещении). Если учесть, что максимально допустимая концентрация отрицательных ионов не должна быть более $0.05 \cdot 10^{12}$ частиц/м³, то очевидно, что в каждой рабочей зоне имеет место превышение этой нормы. Для достижения этой нормы необходимо, уменьшить интенсивность эмиссии отрицательных аэроионов от ионизатора.

В заключение отметим, что для расчета задачи на базе разработанной CFD модели потребовалось порядка 3 минуты компьютерного времени.

Выводы. Предложена новая CFD модель прогноза аэроионного режима в помещениях. Модель основана на применении уравнений аэродинамики, электростатики и массопереноса. Модель позволяет оперативно рассчитывать концентрационное поле аэроионов в помещении и в рабочих зонах. Дальнейшее развитие модели следует проводить в направлении создания 3D CFD модели прогноза аэроионного режима в помещениях.

Список литературы

1. Noakes C.J, Sleight P.A, Beggs C. Modelling the air cleaning performance of negative air ionisers in ventilated rooms// Proseeding of the 10th International Conference on Air Distribution in Rooms. – Roomvert 2007, 13 -15 June 2007, Helsinki.
2. Запорожец О. І. Принципи моделювання динаміки аероіонного складу повітря у приміщеннях / О. І. Запорожец, В. А. Глива, О. В. Сидоров // Вісник НАУ. – 2011. – №2. – С.120–124.
3. Бахрушин В. Е. Моделирование распределения концентрации ионов вблизи ионизатора / В. Е. Бахрушин, М. А. Игнашина, Д. В. Вергинский, А. Ю. Евсюков // Складні системи та процеси. – 2002. – №1. – С.30–36.

4. Толкунов И. А. Теоретическое исследование процессов переноса аэроионов в потоках воздуха в помещениях специального назначения МЧС Украины / И. А. Толкунов, И. И. Попов, В. В. Барбашин // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2010. – Випуск 11. – С.137-145.
5. Беляев Н. Н. Защита зданий от проникновения в них опасных веществ: Монография / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько, Н. В. Росточило. – Д.: «Акцент ПП», 2014. – 136 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.
Надійшла до редакції 21.01.2015*

УДК 622.271.3

© А.М. Гайдін, Б.Ю. Собко, О.М. Лазніков

ВПЛИВ РОЗРОБКИ МОТРОНІВСЬКОЇ ДІЛЯНКИ МАЛИШЕВСЬКОГО РОДОВИЩА НА ДОВКІЛЛЯ ТА ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ

В статті розглядаються природні умови Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського титан-цирконієвого родовища та їх зміни під впливом експлуатації родовища відкритим способом.

В статье рассматриваются естественные условия Мотронівсько-Аннівської участка Малишевського титан-цирконієвого месторождения и их изменения под воздействием эксплуатации месторождения открытым способом.

In the article the natural terms of Motronovsko-Annovskogo of area Malyshevskogo of ttitan-zircon deposit and their change are examined under act of exploitation of deposit by an open method.

Вступ. З 2013 року розпочато освоєння Мотронівсько-Аннівської ділянки Малишевського титан-цирконієвого родовища, розташованого Дніпропетровської області. Умови відпрацьовування вказаної ділянки суттєво відрізняються, оскільки рудний поклад знаходиться нижче рівня підземних вод. Вказані особливості потребують ретельної оцінки впливу гірничих робіт на довкілля та розробки заходів із зменшення негативних наслідків діяльності кар'єру.

Мета статті – обґрунтування технічних рішень, спрямованих на зменшення негативного впливу гірничих робіт на довкілля. Для досягнення вказаної мети розглянуті наступні питання: 1) зміни рельєфу й умов поверхневого та підземного стоку; 2) зміни геологічної будови гірського масиву й фільтраційних властивостей геологічних тіл; 3) способи осушення кар'єрних виїмок, зміни рівнів і напорів води в зоні депресії; 4) оцінка впливу техногенних водойм і хвостосховищ на утворення нових зон живлення; 5) вплив розчинення й вилуговування розчинних компонентів із відходів збагачення у хвостосховищах і відвалів.

Методи досліджень. Для вирішення проблем, пов'язаних із особливими гідрогеологічними умовами родовища, паралельно з розкривними роботами проведено польові й камеральні дослідження, у тому числі: 1) гідрогеологічні спостереження в період розкриття рудного шару; 2) створення цифрової гідрогеологічної моделі й моделювання змін гідрогеологічної ситуації на різних

етапах експлуатації ділянки; 3) аналіз проектних рішень з точки зору впливу діяльності рудника на довкілля прилеглого району.

Гідрогеологічні умови. На території родовища поширені: 1) безнапірний водоносний горизонт у легких лесовидних суглинках четвертинного віку і 2) безнапірний водоносний горизонт у неогенових відкладах - рудних пісках і підстилаючих відкладах.

У першому від поверхні водоносному горизонті рівень води залягає на глибинах від 2,5 до 12 м, поверхня зони насичення повторює рельєф. Потужність зони насичення від 0.4 до 10-11 м, найчастіше 2-5 м. Вода має мінералізацію від 1 до 3 г/л, її використовують для місцевого водопостачання. В результаті вирішення зворотної задачі шляхом моделювання встановлено, що коефіцієнт фільтрації суглинків в середньому дорівнює 0,07 м/добу. Живлення водоносного горизонту забезпечується атмосферними опадами в періоди, коли опади переважають над випаровуванням. За результатами моделювання річна норма інфільтрації становить 10 мм.

Підстилаючим водотривом служать важкі суглинки, глини четвертинного віку та верхнього сармату. У балках глини розмиті, що обумовлює стік ґрунтових вод до тальвегів балок, де вони живлять води в алювіально-делювіальних утвореннях, а через них з'єднуються з водоносним комплексом у пластах, що залягають нижче.

Водоносний комплекс у неогенових відкладах складається з нижньої частини шару пісків сарматського ярусу, пісків полтавської серії й, можливо, з піщано-глинистих відкладів харківського ярусу. Рівень води знаходиться на відмітках 100-110 м, тобто на 1-11 м вище покрівлі рудного шару, тобто обводнена нижня частина пісків сарматського ярусу. В місці розташування першочергового зумпфу (котловану) потужність обводненої зони становить 6,5 м.

На більшій частині площі майбутнього кар'єру інфільтраційне живлення неогенового водоносного комплексу відсутнє, що вказує на мізерність динамічних запасів підземних вод. Потік підземних вод спрямований на північний схід. Тільки у східній частині площі майбутнього кар'єру в днищах балок глина розмита. Тут здійснюється живлення неогенового водоносного комплексу шляхом перетікання із четвертинного водоносного горизонту, а також за рахунок безпосередньої інфільтрації атмосферних опадів і інфлюації поверхневого стоку. Важливу роль у живленні палеогенового водоносного комплексу відіграють розташовані у верхів'ях балок стави. Розвантаження підземних вод здійснюється у вигляді підземних потоків, які вниз за течією виходять на поверхню, утворюючи витік річки.

Хімічний склад води різний – від прісної гідрокарбонатно-кальцієвої до гідрокарбонатно-сульфатної натрієво-кальцієвої. Мінералізація досягає 1270 мг/л, вміст сульфат-іона 339 мг/л. Підвищений вміст сульфат-іонів свідчить про процес випарної концентрації солей у воді. У котловані першочергового кар'єру вміст солей становить 800 мг/л.

Для визначення фільтраційних властивостей пісків полтавського й сарматського ярусів проведено дві кушові відкачки. Розрахована водопровідність становить 70 м/добу. Аналіз гранулометричного складу сарматських і полтавських пісків показав,

що вказаний параметр характеризує обводнену частину піску сарматського горизонту, коефіцієнт фільтрації якого становить 12,7 м/добу. Це підтверджено лабораторними вимірами коефіцієнту фільтрації способом Г.Н. Каменського, що оснований на використанні нестационарного режиму фільтрації.

Обчислення з застосуванням цифрової моделі дозволили встановити наступні коефіцієнти фільтрації: сарматський водоносний горизонт 1,4 м/добу по всій площі, 12,7 м/добу там, де розмиті водотривкі відклади. Водоносний горизонт у полтавських відкладах характеризується коефіцієнтом фільтрації 0,0034 м/добу. Коефіцієнт водовіддачі пісків сарматського ярусу становить 0,07-0,1. Водовіддача полтавських відкладень наближається до нуля, в них відсутня гравітаційна вода. За результатами промислових спостережень приплив води із сарматських відкладень оцінюється максимально до 150 м³/годину. За результатами моделювання величина водопритоку в кар'єр залежить від наявності тимчасових водойм, які служать джерелами живлення.

Відклади харківського ярусу в районі Мотронівсько-Аннівського кар'єру представлені глауконітовими пісками з великим вмістом глин. За даними звіту «Центрукргеології» вони мають тверду консистенцію. Тому ймовірно вони є водотривкими.

Проектні схеми осушення кар'єру. У проектах розглянуті різні системи осушення кар'єру, в тому числі, з використанням водопонижуючих свердловин. У затвердженому проекті рекомендований відкритий спосіб водовідведення, що включає водозбірні канали, зумпфи, насосні станції й відстійник.

Методом моделювання визначені прогнознi притоки води в кар'єр на перші 4 етапи розробки родовища при умовах наповнених і випорожнених тимчасових водоймах. Отримані наступні результати (табл.1).

Таблиця 1

Прогноз припливу підземних вод у кар'єр

Етап	Притік підземних вод, м ³ /добу	
	При заповнених водоймах	При спорожнених водоймах
1	360	124
2	620	350
3	2492	238
4	2751	142

Встановлено, що заповнення водою тимчасових водойм у верхів'ях балок призводить до обмеження розповсюдження депресії рівнів води у неоген-палеогеновому водоносному комплексі. Депресія рівнів у четвертинному водоносному горизонті дуже мала, оскільки суглинки характеризуються низькою проникливістю. Виміри притоку в кар'єр підтвердили правильність наших прогнозів. Однак попередньо запропоновані у проектах системи осушення потребують перегляду з врахуванням уточнених гідрогеологічних параметрів і спостережень при відкачці води з першочергового кар'єру. Пливунні властивості пісків виключають можливість проїзду технологічного автомобільного транспорту по дну кар'єра.

Впливи відкритої розробки родовища на довкілля. За результатами досліджень встановлено наступні зміни гідрогеологічних умов території гірничого відводу і прилягаючого району: 1) зміни умов поверхневого й підземного стоку через трансформацію рельєфу; 2) зміни фільтраційних властивостей геологічних тіл і

гідрогеологічної будови гірського масиву; 3) зниження рівнів і напорів води в зоні депресії при осушенні кар'єрних виїмок; 4) утворення нових зон живлення підземних вод внаслідок будівництва техногенних водойм і хвостосховищ, а також водойм у залишкових виробках; 5) підвищення мінералізації підземних вод у результаті розчинення й вилуговування розчинних компонентів з відвалів; 6) засолення ґрунтових вод внаслідок низької проникності відвальних порід і утворення безстічних западин.

Зміни рельєфу полягають у тому, що замість розчленованої балками рівнини формуються зовнішні й внутрішні відвали із плоскою горизонтальною поверхнею. Зовнішні відвали розміщуються в балках. Висота відвалу в тальвегу балки буде досягати 60 м. У результаті діяльності рудника ліквідуються ставки, розташовані у верхів'ях балок, які використовуються місцевим населенням для водопою худоби й для відпочинку. Сформований техногенний рельєф буде нерівноважним і зазнаватиме змін у результаті проявів геодинамічних процесів: ущільнення відвалів під власною вагою, схилових деформацій. Через неоднорідність будови відвалів їхня спочатку сформована плоска поверхня буде осідати нерівномірно. У результаті утворюються безстічні западини, у яких після сніготанення й злив буде накопичуватися вода. Це призведе до підтоплення посівів і засолення ґрунту. На крутих схилах відвалів будуть розвиватися водна й вітрова ерозія. Особливо інтенсивно вітрова ерозія (дефляція) проявляється на хвостосховищах. Частина поверхні хвостосховища вище рівня води стає джерелом пилових викидів.

Зміни геологічної будови (рис.1) полягають у тому, що верхня половина пісків полтавської серії вилучається з площі відробленої ділянки. Після вилучення корисних мінералів хвостосховища складаються з хвостосховища. На поверхню безрудних полтавських пісків замість рудного піску в основу внутрішнього відвалу укладається більш грубозернистий пісок сарматського ярусу. Вище формується масив з суміші глини і суглинків.

Зміна умов поверхневого стоку. Для попередження підтоплення кар'єру дощовими та талими водами проектом передбачено організацію тимчасових акумулюючих ємкостей дощових вод з влаштуванням насосних установок водовідливу. Оскільки акумулюючі ємкості розміщені на бортах кар'єру, градієнт фільтрації досягає критичних величин, за якими можлива суфозія та фільтраційний випір.

Зміна умов живлення підземних вод. Після спорудження відвалу живлення неогенового водоносного комплексу припиниться, як за рахунок безпосередньої інфільтрації, так і за рахунок перетікання води із четвертинного водоносного горизонту. Це може призвести до погіршення якості підземних вод на даній площі. Під внутрішніми відвалами - за умови дотримання проектних рішень про укладання в підніжжя відвалу сарматських пісків - буде формуватися техногенний водоносний горизонт, що складається з нижньої частини шару полтавських пісків і покладених на них пісків сармату. Створюється можливість покращити гідрогеологічні умови району.

Зміна гідрохімічних умов. На відвалах, де в глинистих відкладах є включення гіпсу, можуть мати місце процеси розчинення й вилуговування розчинних компонентів, зокрема гіпсу, розчинність якого становить близько 2 г/л. Це явище особливо інтенсивно буде проходити в початковий період, коли породи ще не злежалися, й гіпсові включення обмиваються інфільтраційними водами. У результаті утворюється вода з підвищеним вмістом кальцію й сульфат-йону.

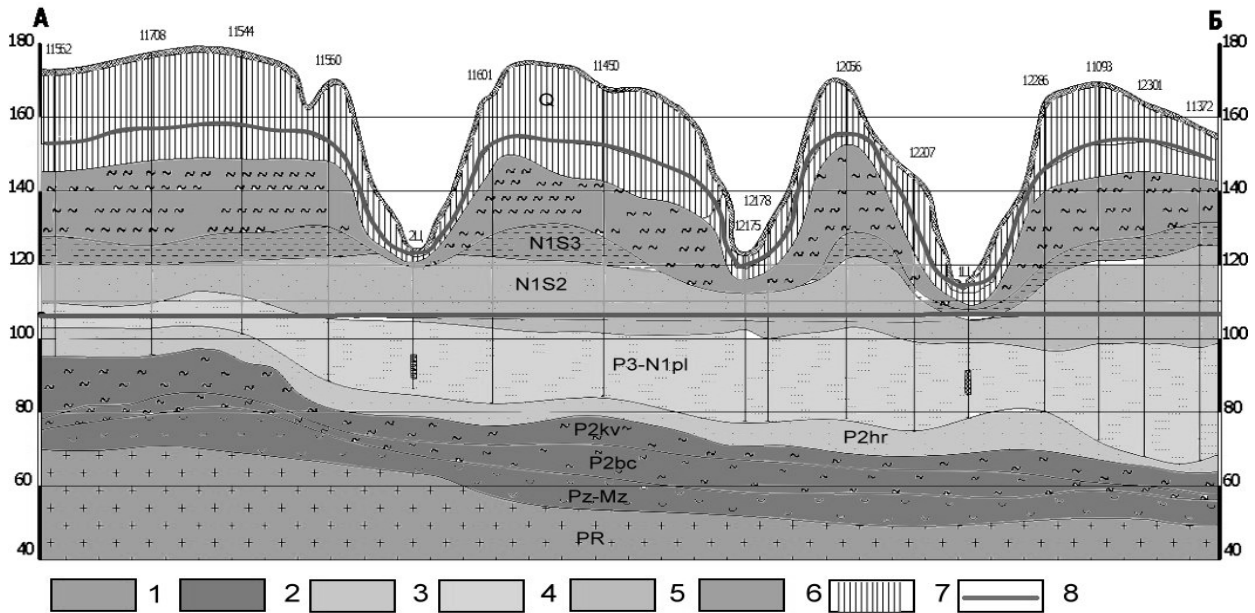


Рис. 1. Схематичні геологічні розрізи Мотронівсько-Аннівської ділянки до і після відпрацювання кар'єру. 1-породи кристалічного фундаменту, 2-відносно водотривкі породи кори вивітрювання, буцацького і київського ярусів, 3-піски харківського ярусу, 4-піски полтавської серії, 5-піски сарматського ярусу, 6-водотривкі глини, 7-суглинки лесовидні і родючий шар, 8-рівень підземних вод.

В цілому вплив кар'єру й хвостосховища на гідрогеологічні умови прилеглого району відносно незначний, тому що низькі фільтраційні властивості водовміщуючих порід, поряд зі створенням тимчасових і постійних водойм, обумовлюють малий радіус впливу системи осушення. З екологічної точки зору

перераховані зміни носять негативний характер, однак їх вплив відносно не великий і не досягає рівня надзвичайних ситуацій.

На основі проведених досліджень даються рекомендації щодо зменшення негативного впливу експлуатації родовища на гідрогеологічні умови прилеглого району. Рекомендовані наступні заходи (табл.2).

Таблиця 2

Зміни гідрогеологічних умов і заходи з мінімізації негативного впливу на довкілля

Зміни гідрогеологічних умов	Заходи з мінімізації негативного впливу
Зміни умов поверхневого й підземного стоку через трансформацію рельєфу	Створення умов для поверхневого стоку при оптимізації техногенного рельєфу
Зміни фільтраційних властивостей геологічних тіл і гідрогеологічної будови гірського масиву	Формування техногенного водоносного горизонту в основі внутрішніх відвалів
Зниження рівнів і напорів води в зоні депресії при осушенні кар'єрних виїмок	Будівництво тимчасових водойм і створення озер у залишкових виїмках
Підвищення мінералізації підземних вод у результаті розчинення й вилуговування розчинних компонентів з відвалів,	Укладання засолених порід сармату під суглинки. Організація джерел живлення підземних вод
Засолення ґрунтових вод внаслідок низької проникності відвальних порід і утворення безстічних западин	Проведення рекультивації. Створення дренажного шару в основі чорнозему при рекультивації

Враховуючі складність гідрогеологічних і інженерно-геологічних умов відпрацювання обводнених покладів титано-цирконієвої руди, необхідно здійснювати постійний моніторинг, уточнювати прогнози і проводити запобіжні заходи паралельно з фактичним розвитком гірничих робіт.

Перераховані зміни відбуваються в період експлуатації родовища протягом щонайменше 60 років і носять динамічний характер. У цих умовах необхідно прагнути до того, щоб негативний вплив гірничозбагачувального комбінату на екологію району був мінімальним в усі періоди відпрацювання родовища, починаючи від підготовчих робіт і закінчуючи відновленням ландшафту. Необхідно паралельно з видобутком корисних копалин формувати техногенний ландшафт, який за своїми властивостями повинен бути не гіршим від природного. Рекультивацію порушених гірничими роботами земель необхідно проводити паралельно з гірничими роботами.

Висновки. Радикальне зменшення впливу відпрацювання родовища на гідрогеологічні умови й поліпшення технологічних показників видобутку досягається при використанні підводного способу видобутку за допомогою земснарядів [1, 2, 3]. Вказаний спосіб має наступні переваги:

1. Відпадає необхідність осушення кар'єру шляхом спорудження водопонижуючих свердловин. Відповідно до розробленого банківського ТЕО, витрати на осушення свердловинами становлять 10,5 млн. євро.

2. Виключається необхідність екскавації рудного піску, будівництва внутрішньокар'єрної дороги, перевезення руди до вузла «розпульповки». Замість екскаваторів і самоскидів застосовуються земснаряди, собівартість яких на порядок менша.

3. Зменшуються витрати електроенергії на перекачування рудної пульпи від ділянки розпульповки до збагачувальної фабрики. За попередніми підрахунками, при звичайній схемі ці витрати досягають 130 тисяч кВт-годин у добу. При розміщенні збагачувальної фабрики на понтонах витрати, за попередніми розрахунками, можуть бути менше в 10 разів.

4. Зменшується площа земель, що вилучається під хвостосховище, тому що піщані хвости складують у виробленому просторі, а у хвостосховище - тільки глиниста фракція. Замість 450 га потрібно не більше 70 га.

Список літератури

1. Лазников А. М., Собко Б. Е. Краснопер В. П. К вопросу выбора рациональных землесберегающих технологических схем разработки россыпных титано-циркониевых руд. //Сб. научн. трудов НГУ.- 2010.- №35.- том.1 - С. 39-44.2010, №35
2. Лазников А.М., Собко Б.Е. Гайдин А.М. Рациональная технология разработки обводнённых россыпей. Сб. научных трудов Академии горных наук Украины. – Кривой Рог: «Дионис» -2012, с.130-137.
3. Гайдин А.М. Технология разработки обводненных россыпных месторождений титана. Рудник будущего, Форум гірників-2014: міжнар. конф., 02 жовтня – 05 жовтня 2014 р.: тези доп.- Дніпропетровськ: РІК НГУ.- 2014.- С.48-53.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Симоненко В.І.
Надійшла до редакції 15.01.2015*

ПРОВЕДЕННЯ РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЗА ПОКАЗНИКОМ РІВНЮ ЕРОА РАДОНУ

В работе приведены результаты радиоэкологических измерений. Создана база данных радиационного фона уровня радона в аудиториях учебного заведения.

У роботі наведено результати радіоекологічних вимірювань. Створено базу даних радіаційного фону рівню радону в аудиторіях навчального закладу.

Results of radio ecological measurement are considered. The database of radiation level of radon of the buildings in the classrooms of the institution.

Вступ. Основним джерелом опромінення населення є природне випромінювання навколишнього середовища. Таким навколишнім середовищем, у якому людина проводить 80% усього часу, є будівлі, житлові будинки і виробничі приміщення. Компонентом природного випромінювання є, по-перше, будівельні матеріали, виготовлені з природної сировини, що мають у своєму складі природні радіонукліди (РН) – ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , які і є джерелом зовнішнього гамма-випромінювання всередині приміщень; по-друге, радіоактивний газ радон, який утворюється при розпаді ^{226}Ra і ^{232}Th і надходить у повітря приміщень зі стін і ґрунту під будинком, з водопроводу, побутового газу. Сумарно, ці джерела вносять до 70% у загальну дозу опромінення населення. Тому дослідження рівню вмісту радону у приміщеннях навчальних корпусів навчального закладу є актуальним для оцінки відповідності вимогам утримання освітніх закладів для проведення навчальних процесів.

Мета, об'єкт та методика досліджень. Мета роботи - визначення еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону (ЕРОА радону) і рівнів потужності поглинутої дози (ППД) гамма-випромінювання та щільності бета-потоків у повітрі навчальних приміщень 6-го корпусу ДДТУ.

Методи дослідження: метод Маркова, методики вимірювань об'ємної активності радону. Для проведення радіаційно-гігієнічного обстеження приміщень корпусу № 6 ДДТУ були використані радіометр «Альфарад» РРА-01М-01, радіометр РГА-09М та радіометр - дозиметр РКС «Стора-ТУ».

Об'єктом дослідження є приміщення навчального корпусу № 7 ДДТУ. За формою забудови корпус являє собою прямокутну будівлю з прямими коридорами, вповодж яких розташовані кімнати. Для оцінки ЕРОА радону обрано приміщення, які знаходяться у кутах в і у центральній частині коридорів. Радіаційний фон за рівнем гамма-випромінювань вимірювали у всіх приміщеннях. На рисунку 1 наведено схему розташування кімнат на 1-му поверху корпусу №7 ДДТУ. Тут знаходяться аудиторії, лабораторії кафедр, службові приміщення, кімната вахтера, склади.

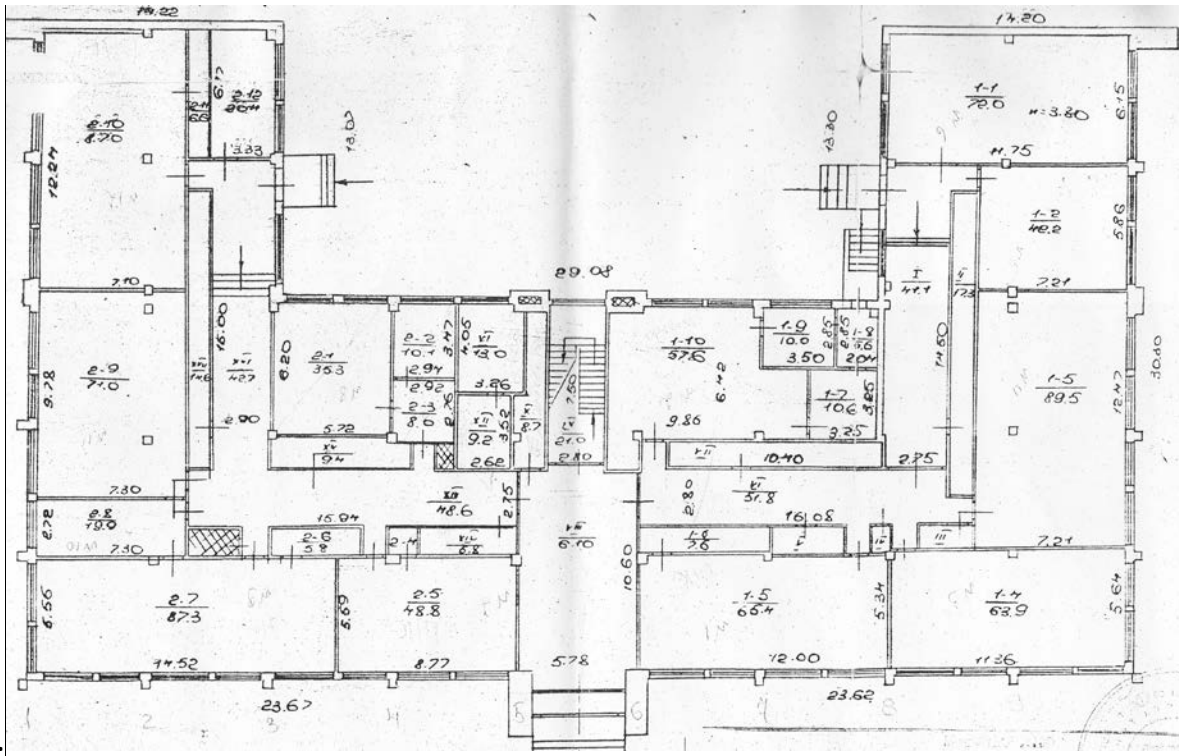


Рис. 1. Схема розташування кімнат на 1-му поверху корпусу №7

Радіометр «Альфарад» PPA-01M-01 призначений для експресних вимірів об'ємної активності (ОА) радону-222 (^{222}Rn) в повітрі житлових і робочих приміщень, а також на відкритому повітрі. Для дослідження рівню радону у кімнатах запускали режим вимірювання ЕРОА радону кнопкою СТАРТ, при цьому включається повітродувка. По закінченні 3-хвилинної роботи повітродувки відібрана проба автоматично вимірюється протягом 20 хвилин. Остаточне значення ОА радону обчислюється тільки по закінченні вимірів. У радіометрі статистична обробка даних закладена вже в програмах мікропроцесора, який проводить обробку замірів і готові результати рівню радіації виводяться на дисплей.

Величину рівню гамма-фону у приміщеннях визначали з використанням радіометра «Стора ТУ» впродовж 10 сек при закритій кришці фільтру на задній стінці приладу. Прилад тримали паралельно поверхні на висоті 1м. Заміри даних вмісту радону та рівня гамма - та бета-фону проводяться, за необхідністю, у 3-х кратній повторності; для обробки результатів обирали середнє значення.

Для визначення щільності потоку бета-частинок із використанням радіометра-дозиметра «Стора-ТУ» необхідно розташувати прилад якомога ближче до поверхні і відкрити кришку, яка знаходиться на задній стороні прилада. Вимірювання відбувається за 10 секунд. Результати вимірювань виводяться на матричний рідкокристалічний дисплей.

Результати роботи. У роботі було проведено радіаційно-гігієнічний контроль приміщень корпусів №5 і №7, який включає: - дослідження рівню еквівалентної рівноважної об'ємної активності радону; - дослідження щільності потоку бета-частинок; - дослідження рівнів потужності поглинутої дози (ППД)

гама-випромінювання в повітрі навчальних приміщень. Виміри радіаційного фону були проведені за допомогою спеціаліста «Центра радіоекологічного моніторингу» Руденко С.О. Результати дослідження рівня гамма- та бета-фону у приміщеннях корпусу №7, які розташовані на 1-му і 2-му поверхах, наведено в таблиці 1.

У результаті досліджень встановлено, що рівень гамма-фону у кімнатах, які розташовані на 2-му поверху корпусу №7, не перевищує допустимого рівня і змінюється в межах від 0,11 мкЗв/год. (ауд.7-36) до 0,17 мкЗв/год. (лаб. 7-25). У цих приміщеннях рівень потоку бета-частинок складає 0,0.

Рівень гамма-фону на 1-му поверху корпусу №7 змінюється від 0,09 мкЗв/год. (лаб. 7-42) до 0,16 мкЗв/год. (ауд. 7-43), що майже втричі менше допустимого рівня. У результаті контролю рівню гамма- і бета-випромінювання у приміщеннях, які розташовані на 1-му поверху корпусу №7 встановлено, що вони знаходяться на рівні, що відповідає нормам радіаційної безпеки.

Таблиця 1– Приклад результатів вимірів рівнів гамма-фону і щільності потоку бета-частинок, корпус №7 (другий поверх)

№ точ-ки	№ каб.	Призначення	ЕРОА, № фільтру	γ-випромінювання, мкЗв/год	Щільність β-частинок, 10 ³ /см ² ·хв	Характеристика приміщення
1	44	кафедра ЕТЕМ комп'ютерний клас	13	0,12	0,000	вікна: пластик двері: залізні підлога: дерев'яна
3	36	кафедра зварювального виробництва	-	0,11	0,000	вікна: пластик двері: дерев'яні підлога: дерев'яна
6	28	Лабораторія дослідницька	-	0,12	0,000	вікна: пластик двері: дерев'яні підлога: лінолеум
7	25	лабораторія інтерактивних методів навчання	-	0,17	0,000	вікна: пластик двері: дерев'яні підлога: лінолеум
9	58	кафедра ОМД, клас обчислювальної техніки	15	0,13	0,000	вікна: дерев'яні двері: залізні підлога: дерев'яна
Прилад:			РГА-09	РКС «Стора – ТУ»		-

Наступна задача проведення радіаційного контролю – визначення концентрації радону у приміщеннях навчального корпусу №7. Разом із радоном в повітрі присутні його дочірні продукти розпаду: полоній -218, плумбум-214, вісмут-214, які мають значно менші періоди напіврозпаду. За допомогою радіометра РГА визначаємо об'ємну активність радону (ОА), еквівалентну рівноважну об'ємну активність радону (ЕРОА). Результати вимірів рівню

радону у приміщеннях корпусу №7, які розташовані на 1-му і 2-му поверхах, наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Приклад результатів вимірювання ЕРОА радону у приміщеннях корпусу №7 ДДТУ (2-й поверх)

Показники на табло радіометра РГА-09М		Фільтр № 13	Фільтр № 14	Фільтр № 15
		каб. № 44 комп. клас каф. ЕТЕМ	каб. № 37а кімната	каб. № 22 каф. ОМТ клас обчислю- вальної техніки
1		2	3	4
Са, Бк/м ²	Po-218	41,58	6,498	87,2
Св, Бк/м ²	Pb-214	41,56	11,320	75,9
Сс, Бк/м ²	Bi-214	40,05	11,90	46,6
Сдпр, Бк/м ²	ЕРОА радону	40,05	11,72	82,2
Сдпт, Бк/м ²	ЕРОА торону	0,000	0,000	0,000
Λ, ч ⁻¹	кратність повітрообміну	0,001	0,000	0,082
F	коефіцієнт рівноваги	0,872	1,520	0,534
С радон, Бк/м ³	об'ємна концентрація радону	49,38	7,717	41,0
N ₁ , імпульс	кількість імпульсів	156,8	39,00	149,2
N ₂ , імпульс	кількість імпульсів	124,8	34,00	128,2
N ₃ , імпульс	кількість імпульсів	0	0	0
N ₄ , імпульс	кількість імпульсів	0	0	0
Фон, імпульс	кількість імпульсів	0.007	0.650	0,003

Важливим є показник рівню ЕРОА радону, який нормується відповідно вимогам НРБУ, норматив становить 100 Бк/м³. Встановлено, що у навчальних приміщеннях корпусів ДДТУ цей норматив не перевищений і відповідає вимогам радіаційної безпеки.

Проведені дослідження дозволяють рекомендувати наступні заходи щодо зниження концентрації радону в приміщеннях:

1) Герметизація підлог у приміщеннях (особливо у підвальних приміщеннях).

2) Функціонування провітрювання житлових приміщень.

3) Використання повітря обмінної вентиляції

4) Використання у приміщенні будівельних матеріалів, що мають санітарно-епідеміологічний висновок, що підтверджує їх безпеку в радіаційному відношенні і допущених до використання в житлових і громадських будівлях.

Висновки. Радіаційний контроль території навчального закладу було проведено за показниками рівню гамма-фону, щільність потоку бета-частинок і рівень ЄРОА радону у повітрі. У результаті проведеного радіаційно-гігієнічного обстеження навчальних корпусів ДДТУ визначено безпечний рівень радіаційного фону у приміщеннях.

Список літератури

1. А.В. Галата, О.О. Карпенко, О.М. Швець. Дослідження радіаційного стану м. Дніпродзержинська із застосуванням ГІС-технології // Збірник наукових праць ДДТУ.- 2009. - Вип.3 (13). – С. 146-153.

2. А.В. Галата, О.О. Карпенко, О.В. Дзюба Контроль радіаційного фону рекреаційних зон лівобережжя (Голубе озеро і прибережна зона водосховища). // Збірник наукових праць ДДТУ.- 2009. - Вип.3 (13). – С. 153 -156.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.

Надійшла до редакції 20.01.2015

Відомості про авторів

Бабець Євген Костянтинівич - к.т.н., професор, Державний «Науково-дослідний гірничорудний інститут» ДВНЗ «Криворізького національного університету»

Баранов Петр Николаевич - д.г.н., професор кафедри общей и структурной геологи ГВУЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровск

Беляев Николай Николаевич - д.т.н., професор, зав. кафедрой «Гидравлика и водоснабжение», Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Білашенко Ольга Геннадіївна - аспірант кафедри геофізичних методів розвідки, ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ

Власова Олена Володимірівна, доцент Державного ВНЗ «НМетАУ»

Гайдін Анатолій Маркович – к.г.-м.н., директор проектного центру гірничо-хімічної сировини інституту Гірхімпром, м. Львів

Галата Альона Володимирівна – к.х.н., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Дніпродзержинського державного технічного університету

Ишков Валерий Валериевич - к.г.-м.н., доцент., зав. кафедрой минералогии та петрографии ГВУЗ «НГУ», г. Днепропетровск

Каталенець Анатолій Іванович – д.г.-м.н., професор кафедри економіки і стратегії підприємств Криворізького економічного інституту Державного ВНЗ «Криворізький національний університет»

Кирия Руслан Виссарионович - к.т.н., старший научный сотрудник Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины

Коваленко Вадим Леонідович - доцент Державного ВНЗ «УДХТУ», доцент ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Коток Валерій Анатолійович - доцент Державного ВНЗ «УДХТУ», доцент ФГБОУ ВПО «ВятГУ»

Лазніков Олександр Михайлович – генеральний директор Філіалу «Вільногірський ГМК» ПрАТ «Юкрейніан Кемікал Продактс»

Мані Агадавуді Джольфаї – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Мендрій Яна Вячеславовна - к.геол.н., доцент кафедри геофизических методов разведки, ГВУЗ «Національний горний університет", г. Днепропетровск

Москаленко Алла Борисовна – асистент каф. минералогии и петрографии ГВУЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровск.

Огурцов Анатолій Павлович – д.т.н., професор кафедри металургії сталі Дніпродзержинського державного технічного університету

Пигулевский Петр Игнатьевич – д.г.н., доцент кафедри геофізических методів розвідки ГВУЗ «НГУ», г. Дніпропетровск

Подвігіна Олена Олегівна –к.т.н., доцент кафедри гідрогеології та інженерної геології Державного ВНЗ «Національний гірничий університет», м Дніпропетровськ

Самедов Ахмед Меджид огли - д. т. н., професор кафедри геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Светличный Эдуард Александрович заведующий отделением урологи урологического центра Днепропетровской областной клинической больницы им. И.И. Мечникова.

Сніцар Марина Олександрівна - аспірант кафедри геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Собко Борис Юхимович – д.т.н., професор кафедри ВГР ГВУЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ

Сорока Юрій Миколайович – к.т.н, старший викладач кафедри екології та охорони навколишнього середовища Дніпродзержинського державного технічного університету

Тарасюк Олена Степанівна - асистент кафедри геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Терешкова Ольга Анатоліївна - к.геол.н., доцент кафедри загальної та структурної геології Державного ВНЗ «Національний гірничий університет»

Труфанова Марина Олександрівна - асистент кафедри мінералогії та петрографії ДВНЗ «НГУ», м. Дніпропетровськ

Тяпкин Юрий Константинович - доктор физ.-мат. наук, ведущий геофизик, отдел сейсморазведки ДП «Науканефтегаз» НАК «Нефтегаз Украины»

Цыганкова Светлана Григорьевна, старший преподаватель кафедры «Гидравлика и водоснабжение», Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры"

З М І С Т

1	В.В. Ишков, Э.А. Светличный, М.А. Труфанова Особенности морфологии уrolитов жителей города Днепропетровска.....	5
2	П.С. Пащенко Литологические условия формирования зон трещиноватости в углях и породах Красноармейского, Донецко-Макеевского, Центрального, Луганского районов Донбасса.....	11
3	К.О. Змиевская Анализ золоторудной минерализации и уровня наблюдаемого естественного импульсного электромагнитного поля земли на примере участка Сергеевского месторождения.....	18
4	Н.Г. Вунда, Т. М. Вунда, А.Б. Москаленко Характерные особенности отложений на участках алмазоносной провинции Лунда-Норте республики Ангола.....	24
5	О.А. Терешкова Условия формирования россыпепроявлений алмазов в палеогеновых отложениях центральной части Украинского щита.....	28
6	П.И. Пигулевский О современной активизации докембрийских глубинных разломов Украинского щита.....	38
7	А.И. Каталенец К стратиграфии приазовской части Украинского щита. Гуляйпольско-Приморская, Северная зоны завершённой складчатости.Статья 3. Северная железозносная зона.....	44
8	О.О. Подвігіна, О.Г. Білашенко Комплексування геофізичної та гідрогеологічної інформації для крупно масштабного геоекологічного прогнозування.....	53
9	I. Mendrii, Y. Tyapkin Seismic coherence measure in presence of residual trace-to-trace time delay variations.....	62
10	В.С. Савчук, В.Ф. Приходченко, Д.В. Приходченко, Е.А. Сдвижкова Особенности и закономерности изменения восстановленности углей башкирского яруса Западного Донбасса...	69
11	П. Н. Баранов, Е. В. Сливная Особенности геолого-экономической оценки письменных пегматитов месторождения «Балка Большого Лагеря» (Западное Приазовье).....	76
12	В.К. Свистун Петрофизическая характеристика геологических формаций Кривбасса.....	83
13	Ye. K. Babets Technology development of Kryvyi Rih iron oreopen pits within zones stoping of underground mine workings.....	91
14	Р. В. Кирия, Т. Ф. Мищенко Определение пропускной способности и энергоёмкости транспортирования горной массы конвейерным транспортом угольных шахт.....	96

15	І.О. Таран Наукове обґрунтування нових технічних рішень з удосконалення трансмісії шахтного дизелевоза.....	104
16	А.М. Самедов, Д.В. Ткач Оцінка модифікованого ґрунтового масиву на основі шлаку та вапна при застосуванні технології двофазного змішування.....	116
17	А.М. Самедов, Е.С. Тарасюк, М.А. Сницарь Деформирование основания подземного сооружения при набухании подстилающего слоя от увлажнения горячей водой.....	122
18	Мани А.Д.Д. О расчете виброизолирующих оснований при замене структурно-неустойчивых ґрунтов.....	126
19	Є. А. Загоруйко Визначення параметрів розташування системи ґрунтоцементних елементів в тілі зсувного масиву.....	130
20	Е.В. Власова, В.Л. Коваленко, В.А. Коток Изучение природы триполифосфата железа и состава триполифосфатного покрытия гравиметрическим методом с промывкой.....	136
21	С.Л. Никулин, О.В. Коробко Влияние параметров алгоритма Кенни на результаты выделения границ яркости космических снимков.....	145
22	Г.М. Коротенко Онтологическое моделирование в задачах оценки рисков чс при оползневых процессах.....	151
23	А.В. Денищенко, Л.Н. Посунько, А.Л. Ширин, М.А. Кечин Повышение эффективности канатных напочвенных дорог при проведении участковых подготовительных выработок.....	159
24	Н.Н. Беляев, С.Г. Цыганкова Оценка аэроионного режима в рабочих зонах на базе CFD модели.....	168
25	А.М. Гайдін, Б.Ю. Собко, О.М. Лазніков Вплив розробки Мотронівської ділянки Малишевського родовища на довкілля та шляхи зменшення негативних наслідків.....	173
26	А.В. Галата, Ю.М. Сорока, А.П. Огурцов Проведення радіоекологічного моніторингу за показником рівню ЕРОА радону.....	180

**Збірник наукових праць
Національного гірничого університету
№ 46**

Підп. до друку 25.03.2015. Формат 60×84/16.
Ум. друк. арк. 11,4. Обл.-вид. арк. 11,4.
Тираж 100 прим. Зам. № 765

Підготовлено до видання та видруковано
у Державному ВНЗ «НГУ»
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842
від 11.06.2007р.

49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19

