

ISSN 1682-3591



УкрДГРІ

# Збірник наукових праць

Українського  
державного  
геологорозвідувального  
інституту

1' 2014



УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ

№ 1  
2014

**Збірник  
наукових праць  
УкрДГРІ**

науковий журнал

Виходить чотири рази на рік

Засновано у 2000 р.



Київ  
УкрДГРІ  
2014

Головний редактор доктор технічних наук *С. В. Гошовський*

Редакційна колегія: *О. Т. Азімов, О. Б. Бобров* (заступник головного редактора), *Б. М. Васюк, Ю. М. Веклич, В. Я. Великанов, А. С. Войновський, Ю. І. Войтенко, В. М. Гулій, І. Г. Зезекало, І. В. Карпенко, В. М. Клочков, М. М. Костенко, І. В. Кравченко, М. Д. Красножон* (заступник головного редактора), *А. Є. Кулінкович, Я. Г. Лазарук, О. І. Левченко, О. Ю. Лукін, А. В. Луцик, О. А. Лисенко, Н. Г. Люта, Г. Г. Лютий, Б. І. Малюк, Н. Я. Мармалевський, С. О. Некрасова, С. В. Нечаєв, І. Є. Палкін, А. Я. Парфенова* (відповідальний секретар), *А. В. Полівцев, Т. М. Пригаріна, В. Я. Пустовий, І. В. Саніна, Л. М. Степанюк, В. В. Сукач, В. І. Трегубенко, Ю. К. Тяпкін*  
Відповідальний за випуск *М. М. Костенко*

**Затверджено до друку вченою радою УкрДГРІ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ УкрДГРІ**

науковий журнал  
№ 1/2014

Засновник — Український державний геологорозвідувальний інститут (УкрДГРІ)  
Зареєстровано в Державному комітеті  
інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України  
Свідоцтво про державну реєстрацію серія КВ № 4558 від 18.08.2000 р.

Завідувач редакції *С. О. Некрасова*  
Літредактори-коректори *Р. В. Корнієнко, Л. Г. Моргун*  
Комп'ютерна верстка *С. І. Вишиницька*  
Художній редактор *Б. І. Волинець*  
Технічний редактор *І. О. Нагорних*

Здано до складання 28.01.2014. Підписано до друку 28.03.2014. Формат 60×84 1/8.  
Ум. друк. арк. 19,75. Обл.-вид. арк. 16,0. Тираж 300 прим. Зам. № 264

Видавництво УкрДГРІ  
Р. с. серія ДК № 182 від 18.09.2000 р.  
04114, м. Київ-114, вул. Автозаводська, 78

Адреса редакції та п/п: інформаційно-видавничий відділ УкрДГРІ  
04114, м. Київ-114, вул. Автозаводська, 78  
Тел.: 206-35-18; тел./факс: 432-35-22  
E-mail: mru@ukrdgri.gov.ua

UKRAINIAN STATE GEOLOGICAL RESEARCH INSTITUTE

№ 1  
2014

**Scientific  
proceedings  
of UkrSGRI**

SCIENTIFIC JOURNAL

4 ISSUES PER YEAR

FOUNDED IN 2000



Kyiv  
UkrSGRI  
2014

Editor-in-Chief *S. V. Hoshovski*

EDITORIAL BOARD: *O. T. Azimov, O. B. Bobrov* (Deputy Editor-in-Chief), *B. M. Vasyuk, Yu. M. Veklych, V. Ya. Velikanov, A. S. Voynovski, Yu. I. Voytenko, V. M. Guliy, I. G. Zezekalo, I. V. Karpenko, V. M. Klochkov, M. M. Kostenko, I. V. Kravchenko, M. D. Krasnozhon* (Deputy Editor-in-Chief), *A. Ye. Kulinkovych, Ya. G. Lazaruk, O. I. Levchenko, O. Yu. Lukin, A. V. Luschnik, O. A. Lysenko, N. G. Lyuta, G. G. Lyuty, B. I. Malyuk, N. Ya. Marmalevskiy, S. O. Nekrasova, S. V. Nechaev, I. Ye. Palkin, A. Ya. Parfenova* (Managing Secretary), *A. V. Polivcev, T. M. Prygarina, V. Ya. Pustoviy, I. V. Sanina, L. M. Stepanyuk, V. V. Sukach, V. I. Tregubenko, Yu. K. Tyapkin*

**Approved to publishing by Scientific Council of UkrSGRI**

SCIENTIFIC PROCEEDINGS of UkrSGRI  
SCIENTIFIC JOURNAL  
№ 1/2014

FOUNDER – UKRAINIAN STATE GEOLOGICAL RESEARCH INSTITUTE (UkrSGRI)

Head of the Editorial Staff  
S. O. Nekrasova  
Literary editing  
R. V. Kornienko, L. G. Morgun

EDITORSHIP ADDRESS  
Avtozavodska, 78A, Kyiv 04114, Ukraine  
Phone (+38044) 430-70-24,  
fax (+38044) 432-35-22  
ukrdgri@ukrdgri.gov.ua

# ЗМІСТ

## *Альтернативні і поновлювані джерела енергії*

<b>Гошовский С. В., Сиротенко П. Т.</b> ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ШАХТ УКРАИНЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ОСВОЕНИЯ	9
--	---

## *Моніторинг і науковий супровід надрокористування*

<b>Лисенко О. А.</b> ПІДСУМКИ І МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ “АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ МОНІТОРИНГУ Й НАУКОВОГО СУПРОВОДЖЕННЯ НАДРОКОРИСТУВАННЯ ТА ГЕОЛОГІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ “ГЕОМОНІТОРИНГ-2013”, м. Судак, 9–13 вересня 2013 р.	23
--	----

<b>Василенко А. П., Трохименко В. М.</b> ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ ТА НАУКОВОГО СУПРОВОДЖЕННЯ РОЗРОБКИ РОЗСИПНИХ ТИТАНОВИХ РОДОВИЩ У МЕЖАХ ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА	33
---	----

<b>Лысенко А. А.</b> ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА И НАУЧНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОГНЕУПОРНЫХ И ТУГОПЛАВКИХ ГЛИН	40
--	----

## *Актуальні проблеми геології, прогнозу, пошуків та оцінки родовищ твердих корисних копалин*

<b>Поддубная Т. Д.</b> МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ “СУДАКСКИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ-IV (IX)” 16–22 сентября 2013 г., г. Судак, АРК, Украина	52
--	----

<b>Зинчук Н. Н.</b> ОСОБЕННОСТИ ПОСТМАГМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ КИМБЕРЛИТОВ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	58
---	----

<b>Калашник А. А.</b> НОВЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА УКРАИНСКОГО ЩИТА	68
---	----

<b>Бескрованов В. В.</b> О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ АЛМАЗА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	89
--	----

## *Сучасні методи сейсмозвідки*

<b>Кузин А. М.</b> О СЕЙСМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАЛЕЧЕННОГО И “ЖИВУЩЕГО” РАЗРЫВНОГО НАРУШЕНИЯ	99
--	----

### *Тектоніка*

- Вуль М. Я.** ДО МЕТОДИКИ ПАЛІНСПАСТИЧНИХ РЕКОНСТРУКЦІЙ СКЛАДЧАСТИХ СПОРУД З ПОКРИВНО-НАСУВНОЮ ТЕКТОНІКОЮ (на прикладі Західноукраїнського нафтогазоносного регіону) 110

### *Економічна геологія*

- Зурьян О. В., Левченко А. И.** К ВОПРОСУ УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА В ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ И СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ 122

### *Дискусія щодо вдосконалення Кореляційної хроностратиграфічної схеми раннього докембрію Українського щита*

- Паранько І. С., Матіщук О. А.** ДО ПИТАННЯ ПРО СТРАТИГРАФІЧНЕ РОЗЧЛЕНУВАННЯ СКЕЛЮВАТСЬКОЇ СВІТИ КРИВОРІЗЬКОЇ СЕРІЇ 140

- Полканов Ю. А., Полканова А. Ю.** ПАТРИОТ КАРАДАГА 150

- РЕФЕРАТИ ЗВІТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ, ЩО НАДІЙШЛИ ДО ФОНДІВ УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНОГО ІНСТИТУТУ У 2014 РОЦІ 154

# CONTENTS

## *Alternative and Renewable Energy Sources*

- Goshovskyi S. V., Syrotenko P. T.** COAL BED METHANE ENERGY POTENTIAL OF UKRAINIAN COIL MINES AND ITS DEVELOPMENT OPPORTUNITIES 9

## *Monitoring and scientific supervising*

- Lysenko O. A.** RESULTS OF THE 1ST INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE “ACTUAL PROBLEMS OF MONITORING AND SCIENTIFIC SUPPORT OF SUBSURFACE USE AND GEOLOGICAL EXPERTISE “GEOMONITORING 2013”, Sudak, 9–13 september 2013 23

- Vasylenko A. P., Trohymenko V. M.** THE FIRST RESULTS OF REALIZATION OF MONITORING AND SCIENTIFIC ACCOMPANIMENT OF DEVELOPMENT OF PLACER TITANIUM DEPOSITS WITHIN THE LIMITS OF THE WESTERN PART OF THE UKRAINIAN SHIELD 33

- Lysenko O. A.** FEATURES OF MONITORING AND SCIENTIFIC SUPPORT OF FIRE-PROOF AND REFRACTORY CLAYS INDUSTRIAL MINING 40

## *Actual problems of geology, prognosis, search and evaluation of solid mineral deposits*

- Piddubna T. D.** INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE “SUDAK-SKIE GEOLOGICAL READINGS-IV (IX)” 52

- Zinchuk N. N.** SPECIFIC FEATURES OF POSTMAGMATIC ALTERATIONS OF EAST-EUROPEAN PLATFORM KIMBERLITES 58

- Kalashnyk G. A.** NEW LAWS OF PLACEMENT AND FEATURES OF FORMATION OF INDUSTRIAL ENDOGENIC URANIUM DEPOSITS OF THE UKRAINIAN SHIELD 68

- Beskrovanov V. V.** ABOUT SPATIO-TEMPORAL EVOLUTION OF DIAMOND OF SIBERIAN PLATFORM 89

## *Modern seismic investigations*

- Kouzin A. M.** ON A SEISMIC MODEL OF HEALED AND “LEAVING” FAULTINGS 99

## *Tectonics*

- Vul M. Ja.** FOR METHODS OF PALINSPASTIC RECONSTRUCTIONS FOLDED STRUCTURES WITH NAPPED-THRUST TECTONIC (on example of western Ukrainian oil-and-gas-bearing region) 110

*Discussion about the chronostratigraphic scale improvement of Early Precambrian  
of the Ukrainian Shield*

<b>Paranko I. S., Matischuk O. A.</b> ON THE ISSUE OF STRATIFICATION OF SKELEVATKA SUITE OF KRYVYI RIH SERI	122
--	-----

*Economic geology*

<b>Zuryan O. V., Levchenko O. I.</b> ON THE QUESTION OF ACCOUNTING FOR UNCERTAINTY AND RISK IN THE GEOLOGICAL-ECONOMIC ANALYSIS AND EVALUATION OF THE DEPOSITS COST	140
---	-----

<b>Polkanov Yu. O., Polkanova A. Yu.</b> KARADAG'S PATRIOT	150
--	-----

ABSTRACTS OF REPORTS OF RESEARCH WORKS FROM THE FUNDS OF THE UKRAINIAN STATE GEOLOGICAL RESEARCH INSTITUTE. 2014	154
---	-----

**С. В. Гошовский**, д-р техн. наук, профессор, директор УкрГГРИ,  
**П. Т. Сиротенко**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник  
отдела инновационных технологий (УкрГГРИ, г. Киев, Украина)

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ШАХТ УКРАИНЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ОСВОЕНИЯ

*Рассмотрены аспекты природы создания и сохранения метана в угольных пластах, показано, что основные запасы газа находятся не в поровом пространстве, а преимущественно адсорбированы на поверхности углей. Приведены принципы выделения метана из шахтной метановоздушной смеси и оценены варианты технологий извлечения и использования метана в народном хозяйстве и предложены пути развития метановой отрасли в Украине.*

**Ключевые слова:** метан, уголь, угольный пласт, запасы, поровый простор, адсорбция, диффузия, сорбция, десорбция, извлечение, сохранение, коллектор, метановоздушная смесь.

В последнее время нетрадиционным энергетическим ресурсам уделяется большое внимание как во всем мире, так и в Украине. Среди нетрадиционных ресурсов в Украине наибольшие потенциальные и прогнозные ресурсы имеет метан угольных пластов. Так, согласно проекта обновлённой энергетической стратегии Украины до 2030 г. [5], потенциальные ресурсы Украины метана угольных пластов составляют 12–25 трл м<sup>3</sup>, а его прогнозируемая возможная добыча в Украине составит 2–4 трл м<sup>3</sup>, однако освоение метана угольных пластов в Украине происходит медленно, поскольку этому препятствуют как геологические, так и технические проблемы [2]. Среди многих предложений для освоения запасов метана угольных пластов необходимо отдать предпочтение предложениям ГРГП “Донецкгеология” [2], в которых приоритетными являются геологические подходы в изучении и освоении угольных месторождений, а также привлечение научно-технического обеспечения. ГРГП “Донецкгеология”

предложено первоочередной задачей считать проведение геологического районирования с целью выявления наиболее перспективных площадей для детального изучения и добычи метана угольных пластов, а также установления форм и мест локализации угольного метана, в том числе на основе опыта зарубежных фирм разных стран.

В ряде научных организаций сегодня ведутся дискуссии об особенностях угольных месторождений Украины, в частности подчёркивается, что причиной низкой извлекаемости метана из угольных пластов является их небольшая толщина (1–2 м), тогда как наиболее эффективное извлечение угольного метана продемонстрировано за рубежом на угольных месторождениях с большой мощностью угольных пластов (10–20 м) [10]. Так, конечно, на показатели добычи метана влияют параметры угольных пластов [11, 12], но это не единственное препятствие эффективному извлечению метана из угольных пластов. Среди показателей, которые влияют на

добычу метана, необходимо выделить в первую очередь используемую технологию добычи метана из угольных пластов, а также их метанообильность, а Украина, как известно, имеет много сверхкатегорийных шахт по метану. В настоящее время форма нахождения метана в угольных пластах является установленной и описанной в зарубежных источниках информации [11].

Следует обратить внимание, что в США уже разработана и внедрена технология извлечения до 80 % метана, содержащегося в угольных пластах. При этом такая степень извлечения достигается путем использования пневмо- и гидродинамических воздействий на угольные пласты, стимулирующих повышенную газоотдачу углей. Сегодня в данном направлении ведутся интенсивные научно-исследовательские работы в ряде зарубежных стран, а именно: Австралии, Китае, Канаде, Польше, Германии, Великобритании и России [7].

В работе [7] подчеркивается, что американские технологии при 2-метровой толщине пластов в Донбассе и, как правило, очень низкой проницаемости угольных пластов не пригодны. Надо отметить, что в технологии США извлечение газов из низкопроницаемых пластов разных горных пород производится путем гидравлического удара на угольный массив и в нем образуются микротрещины. После этого в горный массив под большим давлением закачивают воду, которая заполняет трещины песком, затем воду откачивают, а песок свободно пропускает метан по созданным трещинам и откачивающей скважине. Отсюда вытекает, что проницаемость угольных пластов необходимо искусственно увеличивать, иначе добыть метан невозможно. Другое дело, что в тонких угольных пластах требуется очень большая точность для удержания горизонтального бурения в пласте, но на сегодняшний день эта проблема может быть разрешимой [3].

В работе [1] академик НАНУ А. Булат правильно охарактеризовал проблемы Украины при реализации извлечения

метана из угольных пластов, среди них это использование обычной технологии бурения подземных и наземных дегазационных скважин с последующим подключением их к вакуумным станциям. Такой подход совершенно неприемлем, поскольку с дренируемой площади будет забираться только свободный газ, находящийся в трещинах угля, а это 1–2 % от всего газа в угольном пласте [12]. Кроме того, в данной работе обращено внимание и на другие проблемы извлечения метана из угольных пластов, основными из которых являются технические и методические. К техническим проблемам относятся: отсутствие технологии и техники бурения длинных горизонтальных подземных дегазационных скважин; большая протяженность дегазационных газопроводов и их некачественная герметичность, отсутствие техники направленного вертикального бурения для сокращения пути транспортировки дегазационного метана к поверхности. Методические проблемы – это отсутствие научно обоснованных методик комплексной дегазации углепородных массивов; активной дегазации угольных пластов; отсутствие надежной системы контроля количества извлекаемого газа [1].

Изложенные выше проблемы добычи метана из угольных пластов не являются неразрешимыми, но они будут значительно быстрее решены при привлечении специалистов геологических и угольных предприятий.

#### **Теоретические основы и аспекты технологии исследования и разработки коллекторов метана угольных пластов**

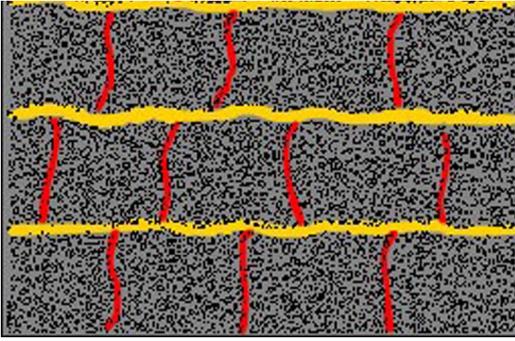
**Структура угля.** В практике геологии встречаются два типа трещиноватых коллекторов, а именно: метановых угольных пластов (МУП) и традиционные. Между ними существуют существенные отличия, так, МУП имеет основную первичную пористость матричную (минерально-скелетную) и значительно меньшую вторичную пористость матрицы (скелета) угля – трещинную (рис. 1 и 2) [11] и табл. 1.

**Таблица 1. Сравнение характеристик коллекторов метана угольных пластов и традиционного газа**

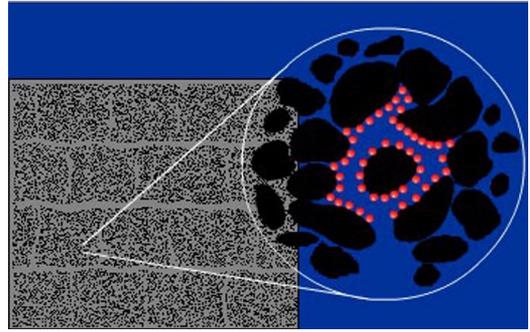
Характеристика	Традиционный газ	Метан угольных пластов
Газообразование	Газ образуется в горной породе, а потом мигрирует внутри коллектора	Газ образуется и улавливается в угле
Структура	Произвольно рассредоточенные трещины	Расположенные через равные интервалы кливажи
Механизм сохранения газа	Сжатие	Адсорбция
Транспортный механизм	Градиент давления (закон Дарси)	Градиент концентрации (закон диффузии Фика) и градиент давления (закон Дарси)
Отдача пласта	Стартовая скорость пласта высокая, а потом падает. Слабая отдача требует водной инициализации	Газовая скорость увеличивается со временем, а потом падает. Добыча инициализируется главным образом водой
Механические свойства	Модуль Юнга $\sim 10^6$ Сжимаемость за счёт пор $\sim 10^{-6}$	Модуль Юнга $\sim 10^5$ Сжимаемость за счёт пор $\sim 10^{-4}$
Хранение газа	Хранение газа в макропорах Закон реального газа	Хранение газа с помощью адсорбции на поверхностях микропор
Зависимость добычи	График добычи согласно установленным графикам кривых падения	Начальное отрицательное падение
Содержание газа	Содержание газа получают из каротажных данных	Содержание газа получают из kernового материала
Газоводяной фактор	Соотношение газа к воде уменьшается со временем	Соотношение газа к воде увеличивается со временем на последующих стадиях
Тип породы коллектора	Неорганическая порода коллектора	Органическая порода коллектора
Гидравлический разрыв пласта	Гидравлический разрыв может быть потребоваться для усиления потока	Гидравлический разрыв может потребоваться в некоторых бассейнах
Размеры пор	Макропоры от 1 мк до 1 мм	Микропоры от 5 Å до 50 Å
Связь коллектора с материнской породой	Коллектор и материнская порода независимые	Коллектор и материнская порода одно и то же
Зависимость проницаемости	Проницаемость не зависит от напряжения	Проницаемость очень сильно зависит от напряжения
Влияние скважин друг на друга	Взаимодействие скважин негативно влияет друг на друга	Взаимодействие скважин помогает добыче. Необходимо бурить множество скважин для разработки месторождения

Первичная пористость обеспечивает высокое сохранение газа и низкую проницаемость, тогда как вторичная пористость матрицы (трещиноватость) угля имеет высокую проницаемость и низкий уровень сохранения газа. Трещиноватость

угля имеет кливажный характер, когда происходит расслоение, расчленение угля, то есть делимость горной породы по густо развитой системе малых трещин на пластинки, волокна, линзы, столбики и т. д. (рис. 3–6). Кливажный характер угля



**Рис. 1. Структура угля (источник: Morad K., 2007)**

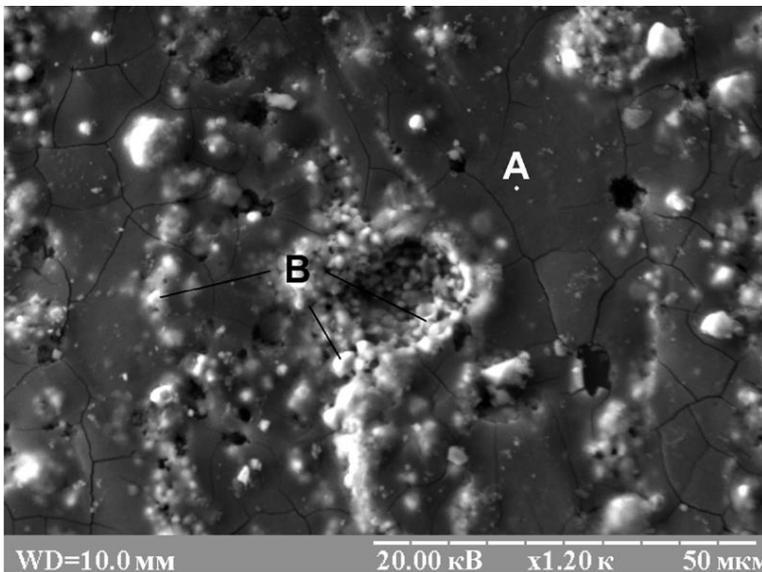


**Рис. 2. Механизм сохранения метана (источник: Morad K., 2007)**

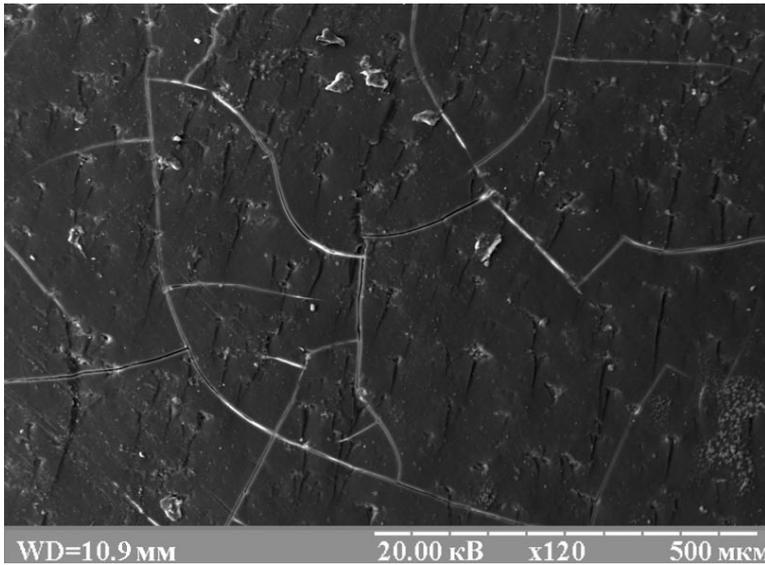
чётко виден на его микроскопическом изображении (рис. 3 и 4) при малом масштабе увеличения. В то же время угольные породы имеют двойную систему пор, а именно: микропоры в матрице породы (рис. 3, 5, 6) и макропоры, которые образованы естественной сеткой трещин, параллельных и перпендикулярных напластованию. Такие трещины образуются при углефикации, причём из-за удаления воды объём матрицы уменьшается и образуются ортогональные квиважные

трещины. Главные (лицевые) трещины имеют протяженный характер, что позволяет им обеспечивать движение флюида к открытой поверхности, тогда как перпендикулярные трещины являются перпендикулярными к главному квиважу и носят также название второстепенного квиважа (рис. 1). Таким образом, квиважные трещины обеспечивают уровень проницаемости угля.

Система двойной пористости включает матричную (главную пористость),



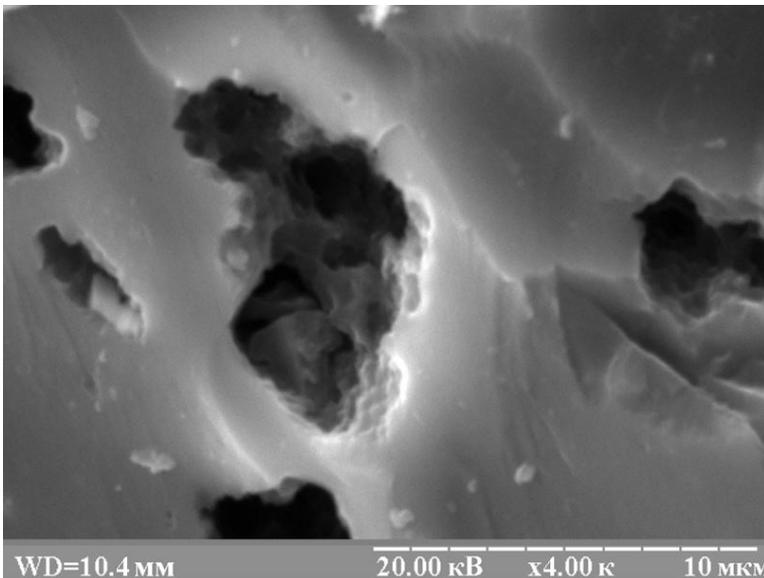
**Рис. 3. Электронно-микроскопическое изображение образца угля, увеличение 1200 крат.** Система трещин в угле: А – непосредственно поверхность угля; В – минеральные включения фрамбоидального пирита. Источник: Ковтун А. В., 2013, лаборатория прецизионных аналитических исследований УкрГГРИ.



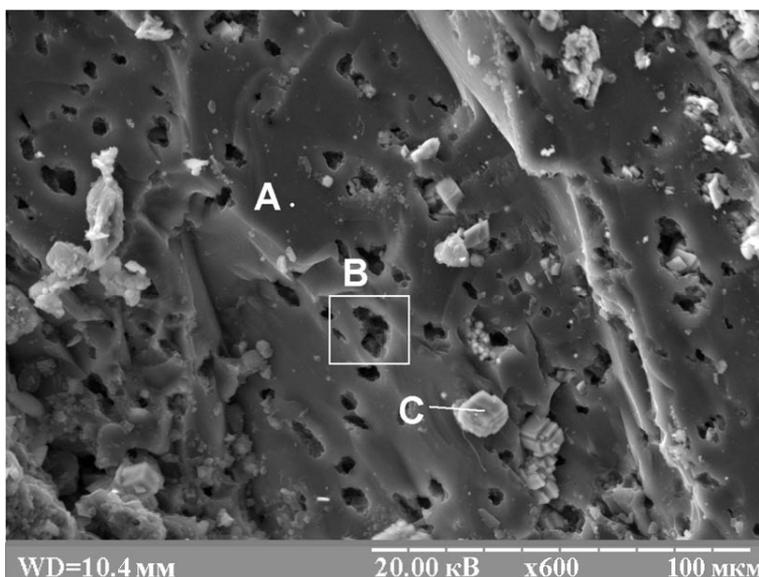
**Рис. 4. Электронно-микроскопическое изображение образца угля, увеличение 120 крат.** Структура поверхности угля и морфология трещин. Источник: Ковтун А. В., 2013, лаборатория прецизионных аналитических исследований УкрГГРИ.

в которой газ не хранится “внутри” пор, поскольку он адсорбируется на поверхности микропор. Матричная проницаемость является незначительной, при этом она

обеспечивается через диффузию. Главный кливаж является непрерывным через коллектор и поэтому является основным путём распространения для газа к потоку.



**Рис. 5. Электронно-микроскопическое изображение образца угля, увеличение 4 000 крат.** Структура микропор. Размер пор 5×10 микрон. Источник: Ковтун А. В., 2013, лаборатория прецизионных аналитических исследований УкрГГРИ.



**Рис. 6. Электронно-микроскопическое изображение образца угля, увеличение 600 крат.** Зона с повышенной пористостью, а также повышенной сульфатной минерализацией. А – поверхность угля; В – морфология микропор; С – гипс (минеральные включения). Источник: Ковтун А. В., 2013, лаборатория прецизионных аналитических исследований УкрГГРИ.

Поперечный кливаж, лишённый непрерывности, и является сетевым механизмом для главного кливажа.

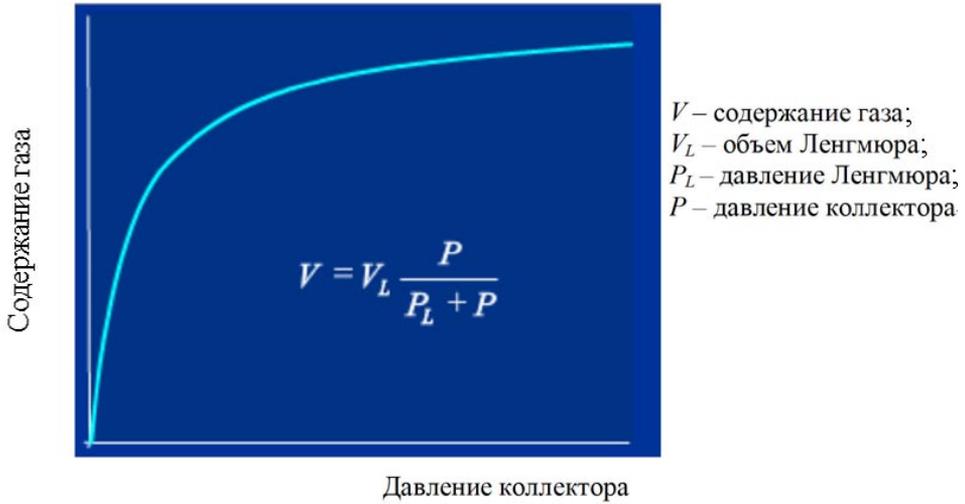
Полученные отображения магнитного резонанса на угольных образцах показали, что сеть кливажа является направленной, причём ориентация проницаемости имеет анизотропию.

Типичная объёмная пористость угля составляет более 1 % и обеспечивается с помощью кливажного пространства, при этом проницаемость угля также связана с кливажным пространством и составляет от 0,1 до 100 мД. Приведенное выше позволяет сделать следующие выводы: угольный массив имеет сеть трещин и матрицу; матрица накапливает объём газа; матрица имеет незначительную проницаемость; проницаемость и пористость угля вызываются кливажем.

Известно, что процессы образования метана протекали одновременно с формированием пластов угля и метаморфизмом первичного органического вещества [4]. В породах (углях) метан находится

в двух состояниях: в виде свободного и сорбированного (связанного) газа. При больших глубинах угольных пластов из-за большого давления (до 130 атм.) основное количество метана находится в сорбированном состоянии. Существуют три формы связи газа с твердым веществом: *адсорбция* (связывание молекул газа на поверхности твердого вещества под действием сил молекулярного притяжения), *абсорбция* (проникновение молекул газа в вещество без химического воздействия и образования “твердого раствора”) и *химосорбция* (химическое соединение молекул газа и твердого вещества).

Основное количество сорбированного породами метана находится в *адсорбированном* состоянии, при этом с повышением давления газа количество сорбированного метана увеличивается, а с повышением температуры – уменьшается. Сорбционная способность углей при данной температуре зависит от давления газа и характеризуется изотермами сорбции (закон Ленгмюра) (рис. 7, 8, 13) [11].



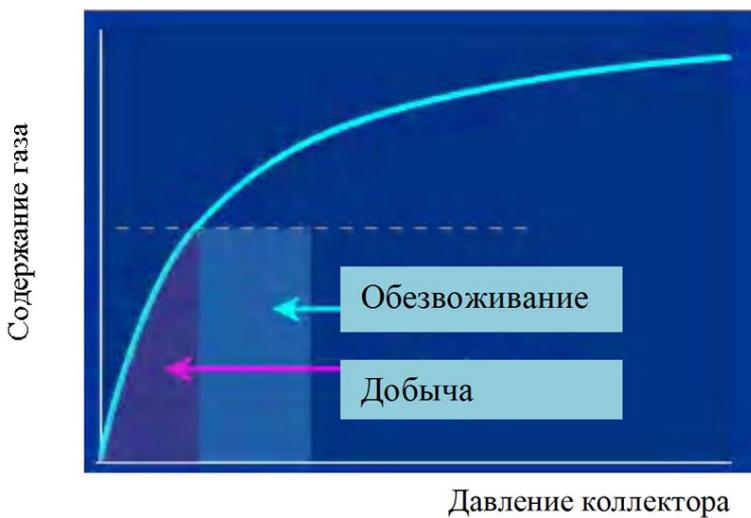
**Рис. 7. Изотерма Ленгмюра (источник: Morad K., 2007)**

Также важными характеристиками для угольного метана являются [4]: *метаносность* и *метаноемкость*. *Метаносностью* называется количество метана, содержащегося в природных условиях в единице веса или в единице объема угля или породы, имеет размерность  $\text{м}^3/\text{т}$  или  $\text{м}^3/\text{м}^3$ . *Метаноемкость* – количество газа в свободном и сорбированном состоянии, которое может поглотить единица веса, или единица

объема угля при данном давлении и температуре.

Метаноемкость определяется в лабораторных условиях, но поскольку из-за невозможности воссоздания в лаборатории полностью природных условий метаносность обычно отличается от метаноемкости.

Основными факторами, определяющими метаносность угольных пластов, являются: степень метаморфизма угля,



**Рис. 8. Влажный и сухой уголь (источник: Morad K., 2007)**

сорбционная способность, пористость и газопроницаемость угольного пласта, влажность, геологическая история месторождения, глубина залегания, гидрогеология и угленасыщенность [4].

С увеличением степени метаморфизма угля возрастает количество образовавшегося в нем метана (объем образовавшегося метана может в несколько десятков раз превышать объем угля). Под метаморфизмом понимается необратимый процесс повышения содержания углерода в результате изменения строения углей под действием температуры и давления, развивающихся при геологических процессах.

Также сорбционная способность увеличивается с повышением степени метаморфизма угля, при этом сорбционная способность углей значительно выше, чем пород. Пористость является одним из факторов, определяющим количество газа, находящегося в свободном и сорбированном состоянии. Пористость углей, как правило, находится в пределах от 1 до 15 %, а пористость пород – от 0 до 60 %.

Проницаемость угля типичная: от 0,1 до 100 мД. Матрица сохраняет объем газа и имеет очень малую проницаемость. Проницаемость и пористость зависят от кливажа [11]. Адсорбционная способность отображена на рис. 7, она соответствует закону Ленгмюра, график имеет нелинейный

закон изменения содержания объема метана от давления на месторождении при постоянной температуре. На рис. 8 показаны процессы обезвоживания и добычи газа, из него следует, что после обезвоживания угля происходит выход метана из него.

На рис. 9 отображены процессы извлечения метана из угольных пластов, а именно: десорбция, диффузия и поток Дарси. Наибольшую привлекательность для извлечения метана из угля имеет десорбция. В США рядом патентов защищены методы извлечения метана из угольных пластов, в которых предложено использовать десорбцию метана с помощью нагнетания в угольный пласт газов двуокиси углерода ( $\text{CO}_2$ ) и азота ( $\text{N}_2$ ) как отдельно, так и совместно. В то же время количество патентов США, которые защищают технологию гидродинамического воздействия на угольный пласт, не уменьшается. При реализации технологии извлечения метана из угольных пластов с помощью десорбции бурят с дневной поверхности как минимум две вертикальные скважины, через одну из которых в угольный пласт нагнетают газ (двуокись углерода  $\text{CO}_2$  или азот  $\text{N}_2$ ), а с помощью другой скважины извлекают из угольного пласта метан (рис. 14).

На рис. 10 продемонстрировано действие обычного уплотнения (Сотрас-

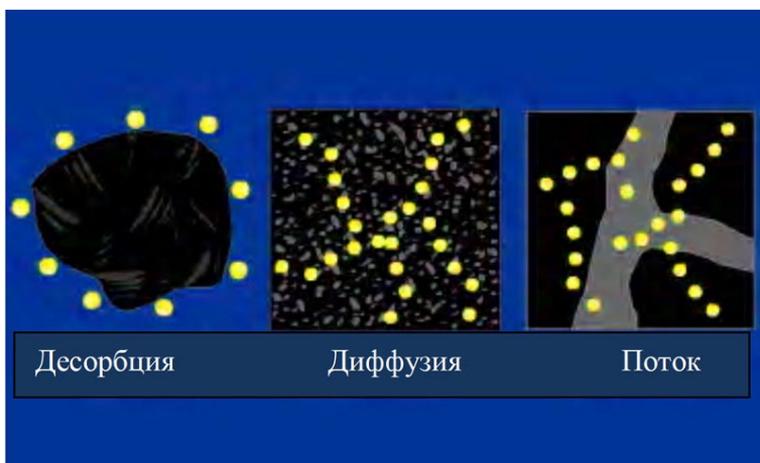
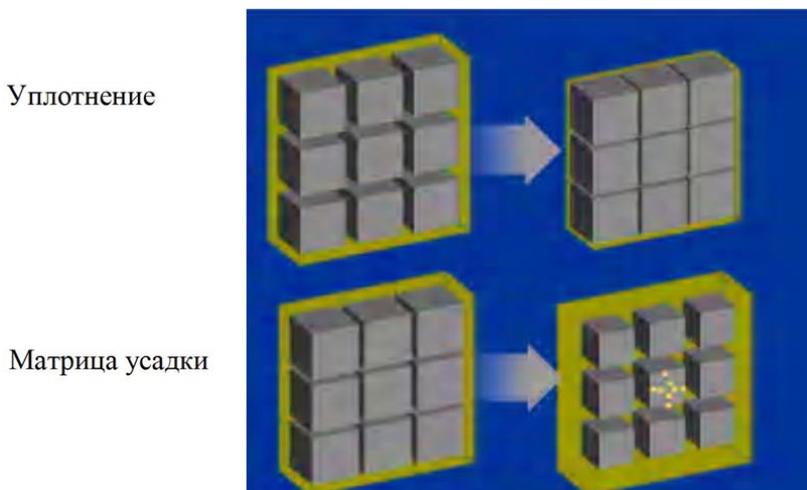


Рис. 9. Механизм транспортирования метана (источник: Morad K., 2007)

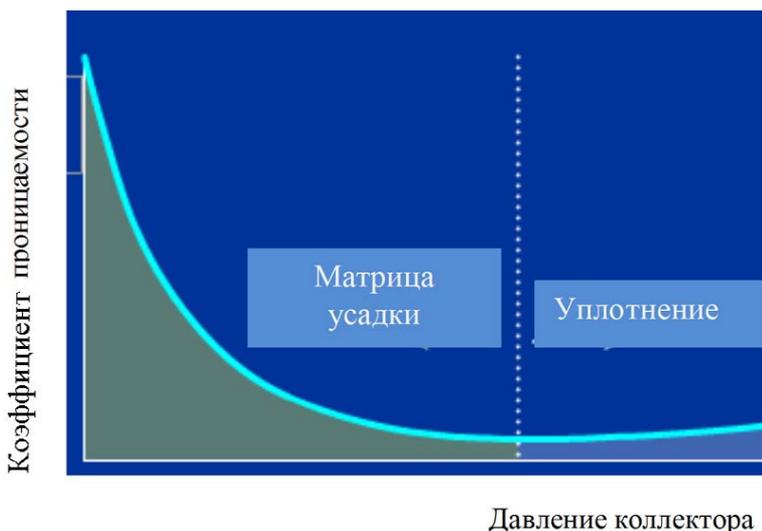


**Рис. 10. Уплотнение и матрица усадки (источник: Morad К., 2007)**

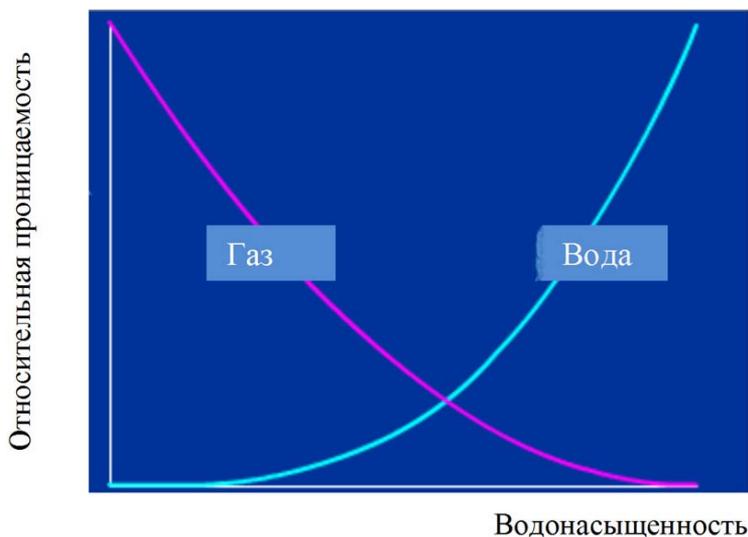
tion) на минеральный скелет угля, при этом элементы матрицы (минерального скелета) угля уплотняют существующие между ними зазоры (трещины), тогда как в матрице усадки (Shrinkage) происходит уменьшение размера элементов матрицы (минерального скелета), при этом увеличиваются каналы сбора метана из угольного пласта. Действие механизма уплотнения (Compaction) и усадки (Shrinkage) отображено на рис. 11 и определяется величиной давления в коллекторе.

При малых давлениях в коллекторе действует механизм усадки, а при больших давлениях действует механизм уплотнения. С увеличением давления матрица претерпевает усадку, а относительная проницаемость падает по экспоненциальному закону и при достижении минимума относительной проницаемости она может незначительно повышаться при уплотнении породы.

Рис. 12 отображает влияние насыщения водой пласта на относительную про-



**Рис. 11. Газопроницаемость угля (источник: Morad К., 2007)**

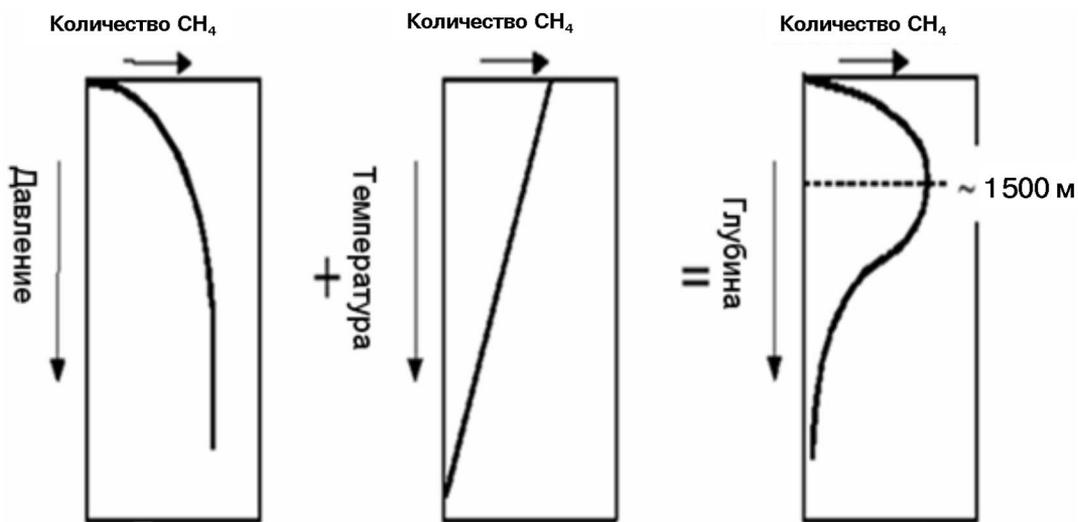


**Рис. 12.** Газопроницаемость угля (источник: Morad K., 2007)

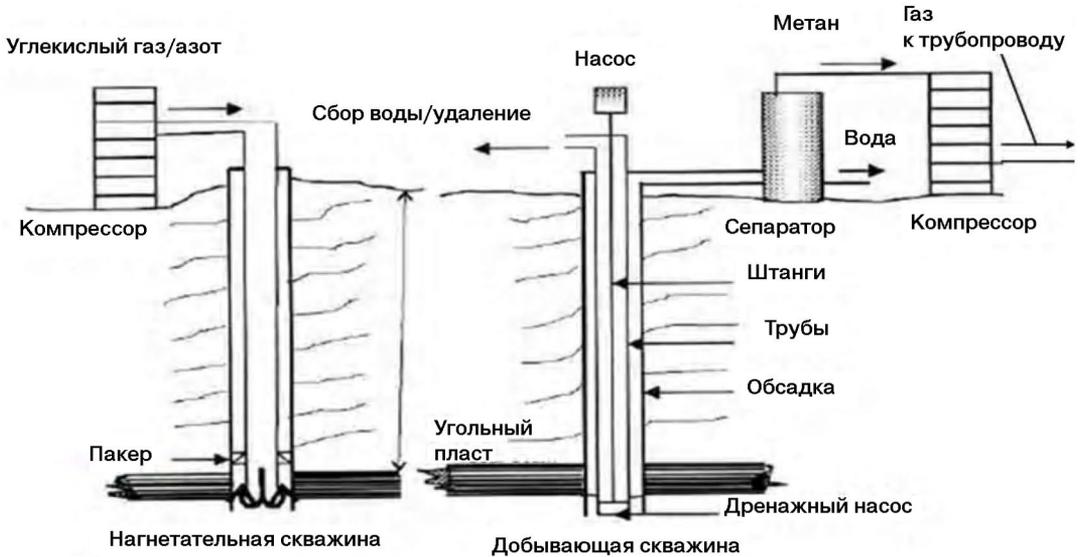
ницаемость, при этом рост насыщения водой пласта приводит к уменьшению относительной проницаемости.

Исследованиями установлено, что основной метан находится в адсорбированном состоянии (98 %) и только 1–2 % метана находится в свободном состоянии.

Особенностью месторождений угля является то, что в традиционных залежах природный газ находится в свободном состоянии в пористых коллекторах, тогда как в угольных пластах метан сорбирован углем или заземлен в мельчайших трещинах. Чтобы его извлечь, необходимо раскрыть трещины и создать условия для



**Рис.13.** Схематическое изображение возможности извлечения метана от геологических параметров (источник: F. Van Bergen, H. J. Pagnier)



**Рис. 14.** Схематическое изображение системы извлечения метана угольных пластов (источник: О. Н. Banzand J. I. et al., 2000)

процесса десорбции [9, 11]. С этой целью применяют специальные технологии, включающие гидроразрыв угольного пласта и откачку пластовых вод. С момента начала откачки дебит скважины начинает постепенно расти по мере увеличения депрессии и через несколько месяцев достигает своего максимального значения, а затем плавно снижается в течение нескольких лет.

Для определения характеристик коллекторов метана угольных пластов используют керновый материал угля и петрофизические исследования (табл. 2). Скважинные геофизические исследования, которые широко и эффективно применяют для исследования коллекторов традиционных залежей газа и позволяют представить данные для определения их объема газа, к сожалению, не дают возможности решить такую задачу. Исследования угольных месторождений в большей мере ориентированы на петрофизические исследования (табл. 1 и 2). Важное место в изучении характеристик коллекторов метана угольных пластов занимают скважинные испытания, разные методы моделирования, а также геологические изучения.

### Использование метана угольных пластов

Метан угольных пластов является энергетическим носителем с хорошей энергетической способностью. Основное его применение – это получение тепла и электрической энергии в когенерационных установках, а также в качестве топлива для автомобилей. Исследователями установлено, что метановый газ угольных пластов имеет значительно лучшие экологические показатели, чем при использовании бензина на автотранспорте.

В последнее время в ряде стран заинтересовались применением метана угольных пластов в двигателях Стирлинга, особенно в районах отсутствия традиционных источников энергии. Так компанией “Газпром промгаз” (РФ) [6] проводятся работы по осуществлению утилизации метана с помощью различных устройств, в частности с помощью двигателя Стирлинга получают тепло и электроэнергию. Двигатель Стирлинга – поршневой двигатель с внешним подводом теплоты от любого источника, в котором рабочее тело находится в закрытом контуре, и его химический состав и время работы

**Таблица 2. Необходимые данные и их источники для анализа коллекторов метана угольных пластов (Aminian K., 2004)**

Свойство	Источник
Аккумулирующая емкость	Анализ кернового материала
Содержание газа	–”–
Коэффициент диффузии	–”–
Сжимаемость объема	–”–
Общая мощность пласта	Данные ГИС по скважине
Эффективная (продуктивная) мощность пласта	–”–
Давление	Испытания скважины
Абсолютная (эффективная) проницаемость	–”–
Относительная проницаемость	Моделирование
Пористость	–”–
Свойства флюида	Состав и корреляция
Состав газа	Добыча и десорбция газа
Дренируемый объем	Геологическое изучение

двигателя не меняются. Когенерационная установка с двигателем Стирлинга предназначена для выработки электрической и тепловой энергии. При этом двигатель Стирлинга комплектуют блоком подготовки и очистки газа, автоматическим регулятором давления и ресивером.

Также в работе [10] отмечается, что широкому применению угольного метана для выработки электроэнергии и тепла способствует появление на мировом рынке нового типа двигателей Стирлинга. Ранее угольный метан использовался в карбюраторных и дизельных двигателях внутреннего сгорания (ДВС). Однако в таких двигателях необходимы существенная очистка угольного метана, поддержание необходимого постоянного процентного соотношения компонентов газа, проведение регламентных работ и установка дополнительных фильтров. Тогда как двигатель Стирлинга относится к классу двигателей с внешним подводом тепла (ДВПТ). На основании этого двигатель Стирлинга идеально подходит для технологии использования угольного метана. Энергетические модули с двигателями

Стирлинга позволяют использовать напрямую как угольный метан из скважины, так и каптируемый шахтный газ. Широкое внедрение двигателей Стирлинга с использованием угольного метана также осуществляется сегодня в Китае.

Расчет геологических запасов метана выполняют согласно формуле

$$OGIP = A \cdot h \cdot \rho_b \cdot GCi + \frac{A \cdot h \cdot \phi_i (1 - S_{wi})}{Bgi}, \quad (1)$$

где  $OGIP$  – начальные геологические запасы метана в коллекторе;

$A$  – площадь дренирования;

$h$  – эффективная толщина пласта;

$\rho_b$  – объемная плотность;

$GCi$  – начальное содержание метана;

$\phi_i$  – начальная пористость;

$S_{wi}$  – начальный коэффициент водяного насыщения угольного пласта (100 % – при насыщении водой);

$Bgi$  – начальный объемный коэффициент газа в пластовых условиях.

В формуле (1) первая составляющая отражает адсорбированный метан углём, а вторая составляющая представляет свободный метан в угольном пласте.

Извлечение газа зависит от коэффициента газоотдачи, согласно формуле

$$RF = \frac{GCi - GCa}{GCi}, \quad (2)$$

где RF – коэффициент извлечения газа;

GCa – оставленное содержание газа.

Тогда извлекаемые запасы метана можно представить формулой

$$RG = OGIP \cdot RF. \quad (3)$$

Для получения содержания метана в угольном пласте часто используют следующее выражение:

$$GC = \frac{V_{meas.} + V_{res.} + V_{lost}}{m_{coal}}, \quad (4)$$

где  $V_{meas.}$  – измеренный объем метана в угольном пласте;

$V_{res.}$  – объем остаточного метана в угольном пласте;

$V_{lost}$  – объем утерянного метана в угольном пласте;

$m_{coal}$  – масса угля.

### **Использование метана из вентиляционных струй шахт**

Важное значение имеет создание способов извлечения метана из вентиляционных струй шахт [8]. Сущность технологии состоит в извлечении метана из сжатой метановоздушной смеси вентиляционных струй путем низкотемпературной адсорбции с получением холода на основе кристаллизационных процессов.

Способ позволяет на основе комбинирования газогидратных и сорбционных энергозатратных процессов извлечь метан из вентиляционных струй шахты, одновременно с извлечением метана осуществляют и другие необходимые для шахты мероприятия, например, охлаждение шахтного воздуха и деминерализацию шахтной воды, компенсируя энергетические затраты одних процессов за счет избытка их в других. Концентрация метана на выходе установки составляет до 100 %. Обеспечивается получение низких температур – до минус 50 °С, а также осуществляется попутное получение пресной воды.

### **Заключение**

В настоящее время в Украине сделаны только первые шаги в освоении метана угольных пластов. В перспективе наличие значительного объема метана угольных пластов при использовании новейших технологий разведки и разработки метана угольных пластов открывает большие возможности в сокращении использования традиционных газовых ресурсов и их замены метаном угольных пластов.

Сегодня необходимо рассматривать как первоочередную задачу в освоении гидравлического разрыва угольных пластов с использованием горизонтального бурения большой протяженности. При этом наземное (поверхностное) бурение также должно заканчиваться горизонтальным бурением в угольных пластах, а для этого необходимо создание высокоточных систем навигации скважин в тонкослоистых угольных пластах.

Не менее важной задачей является повышение уровня извлечения метана из угольных пластов с использованием новых технологий десорбции с использованием газов двуокиси углерода и азота, а также научиться оценивать и контролировать потоки метана как в угольных пластах, так и в вентиляционных струях шахт. Кроме того, необходимо повышать уровень безопасного труда шахтеров, благодаря недопущению выбросов угля и газа при выемке угля в шахтах.

Наземная (поверхностная) дегазация метана имеет преимущества при неглубоком залегании угольных пластов, однако, учитывая упрощение в межскважинном варианте реализации десорбции метана угольных пластов, она будет востребована в значительных объемах в будущем.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Булат А. Пути развития метановой отрасли на Украине (концепция решения энергетических проблем Украины при использовании метана угольных пластов Донецкого и Львовско-Волинского бассейнов с улучшением качества окружающей среды в угледобывающих регионах). <http://www.masters.donntu.edu.ua/2006/kita/anistratenko/library/puti.htm>

2. *Быкова Валентина*. Добыча метана: инновации донецких геологов. <http://investukr.com.ua/get-news/411/>

3. *Гошовский С. В., Сиротенко П. Т.* Развитие новых геофизических технологий для разведки и разработки сланцевого газа // *Збірник наукових праць УкрДГРІ*. 2012, № 1. С. 9–32.

4. Лекции аэрологии // *Аэрология, Часть 1*. <http://www.studfiles.ru/dir/cat17/subj306/file1510/view153315/page2.html>

5. Оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р., 7 червня 2012 р., м. Київ (Проект документа для громадських обговорень). 156 с.

6. *Пацков Е. А.* Эксперт из “Газпром промгаз”: о шахтном метане. <http://proisk.livejournal.com/579256.html>

7. *Резник Галина*. Украинские особенности добычи и утилизации метана угольных пластов. Источник: *UA Energy*, 2009. [\[gy.com.ua/c225758200614cc9/0/78d64ce57738da25c2257583004bf7d6\]\(http://www.uaenergy.com.ua/c225758200614cc9/0/78d64ce57738da25c2257583004bf7d6\)](http://www.uaener-</a></p></div><div data-bbox=)

8. Способ извлечения метана из вентиляционных струй шахт. [http://esco-ecosys.narod.ru>2006\\_1/art36.htm](http://esco-ecosys.narod.ru>2006_1/art36.htm)

9. Угольные бассейны как источник метана, 2010. <http://www.energyland.info/news-print-40583>

10. Угольный метан, перспективы добычи и использования. <http://www.ecotok.ru/traditionale/ugol/d732>

11. *Morad K.* Coalbed Methane-Part1: Reservoir Engineering Fundamentals, 2007. <http://www.fekete.com/SAN/Videos/Technical Videos/Video11/index.htm>

12. *Morad K.* Coalbed Methane-Part2: Reservoir Engineering Applications, 2007. <http://www.fekete.com/SAN/Videos/Technical Videos/Video12/index.htm>

Рукопис отримано 14.11.2013.

**С. В. Гошовський, П. Т. Сиротенко**

## **ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МЕТАНУ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ УКРАЇНИ ТА МОЖЛИВОСТІ ЙОГО ОСВОЄННЯ**

*Розглянуто аспекти природи створення й збереження метану у вугільних пластах, показано, що основні запаси газу розміщені не в поровому просторі, а переважно адсорбовані на поверхні вугілля. Наведено принципи виділення метану з шахтної метаноповітряної суміші та оцінено варіанти технологій видобування й використання метану в народному господарстві й запропоновано шляхи розвитку метанової галузі в Україні.*

**Ключові слова:** метан, вугілля, вугільний пласт, запаси, поровий простір, адсорбція, дифузія, сорбція, десорбція, виділення, збереження, колектор, метаноповітряна суміш.

**S. V. Goshovskyi, P. T. Syrotenko**

## **COAL BED METHANE ENERGY POTENTIAL OF UKRAINIAN COIL MINES AND ITS DEVELOPMENT OPPORTUNITIES**

*Considered the aspects of nature of creation and preservation of methane in coal seams. It is shown that the major gas reserves are located not in the pore space, rather adsorbed on the surface of coal. Provided the principles of methane extraction from the mine methane-air mixture and evaluated technology options of methane recovery and usage of methane in the national economy and further ways of methane industry development in Ukraine.*

**Keywords:** methane, coal, coal bed, pore space, adsorption, diffusion, sorption, desorption, storage, reservoir, methane-air mixture.

О. А. Лисенко, канд. геол. наук, завідувач відділу (УкрДГРІ)

## ПІДСУМКИ І МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ “АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ МОНІТОРИНГУ Й НАУКОВОГО СУПРОВОДЖЕННЯ НАДРОКОРИСТУВАННЯ ТА ГЕОЛОГІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ “ГЕОМОНІТОРИНГ-2013”, м. Судак, 9–13 вересня 2013 р.

*Викладено інформацію щодо організації конференції, складу її учасників, розглянуто основні питання, які вирішувалися науковим форумом, проаналізовано тематику доповідей і головні напрями досліджень з моніторингу і наукового супроводження надрокористування та геологічної експертизи. Відзначено актуальні теми і проблеми, на яких було заговорено увагу, представлено пропозиції, що містяться в проекті Ухвали конференції.*

**Ключові слова:** науково-практична конференція, моніторинг, наукове супроводження, надрокористування, геологічна експертиза, корисні копалини.

З 9 по 13 вересня 2013 р. сонячний Крим приймав I Міжнародну науково-практичну конференцію “Актуальні питання моніторингу і наукового супроводження надрокористування та геологічної експертизи “Геомоніторинг-2013”. У гостинному туристично-оздоровчому комплексі “Судак” (фото 1) учасники конференції отримали належні умови для проведення конференції і комфортного проживання. Цей представницький науковий форум був організований і проведений Українським державним геологорозвідувальним інститутом (УкрДГРІ) та Всеукраїнською громадською організацією “Ноосфера” за сприяння Державної служби геології та надр України (Держгеонадра).

У конференції брали участь державні і приватні геологічні підприємства України, наукові заклади, науково-виробничі фірми та організації, які представляли різні регіони України (фото 2). З далекого зарубіжжя до роботи конференції приєдналися співробітники Геологічної служби Фінляндії, яка має спільні проекти і тісні наукові стосунки з УкрДГРІ. Від Держгеонадра на конференцію прибули провідні фа-

хівці Державної комісії України по запасах корисних копалин (ДКЗ України), ДГП “Геолекспертиза”, ДО “Центральна територіальна інспекція геологічного контролю”, НАК “Надра України”, ДП УкрДГРІ, ДРГП “Донецькгеологія”, КП “Кіровгеологія”, ДГП “Укргеофізика”; вітчизняні наукові заклади були представлені Харківським НУ ім. В. Н. Каразіна, ДУ “Інститут економіки природокористування і сталого розвитку” НАН України, ПНТУ ім. Ю. Кондратюка, Харківським НУ міського господарства ім. О. М. Бекетова; від видобувних підприємств і зацікавлених організацій брали участь представники Іршанського і Межиріченського гірничозбагачувальних комбінатів, ПП “Кривбас-академінвест”, ПП “Укрнаукагеоцентр”, ТОВ “Карбона Енерго”, ПП “Технікс”, ПП “Юсенко Надра” та ін.

На адресу учасників конференції привітального листа надіслав голова Держгеонадр В. О. Дудінов, в якому він зазначив, що питання нового механізму державного регулювання у сфері використання надр є традиційно пріоритетними для всієї галузевої науки, оскільки

вони напряму пов'язані із забезпеченням екологічної та економічної безпеки нашої держави. Проведення таких масштабних конференцій, як “Геомоніторинг-2013”, це чудова можливість для ознайомлення з напрацюваннями і досягненнями нашої галузі та обміну досвідом, а злагоджена робота учасників – це шлях до вироблення узгоджених позицій щодо переходу України до екологічно безпечного стійкого розвитку.

Напередодні конференції було видано ілюстрований збірник тез доповідей, для кожного учасника підготовлено комплект необхідної атрибутики. Пленарні та робочі засідання проходили в актовому залі величного комплексу “Консул” (фото 3). Персонал ресторану цього ж закладу забезпечив смачне і різноманітне харчування й високу культуру обслуговування, що сприяло гарному настрою і плідній праці учасників конференції.

Широке коло питань з моніторингу і наукового супроводження та геологічної експертизи, що були визначені в тезах, доповідях і під час їх обговорення, можна згрупувати за такими основними напрямами:

- концептуальні засади моніторингу та наукового супроводження надрокористування (МНСН);
- загальний стан нормативної бази в геологічній галузі і проблеми зі створення нормативно-правової бази МНСН;
- організаційні питання моніторингу та наукового супроводження надрокористування;
- інформаційне забезпечення МНСН і створення геоінформаційної інфраструктури в геологічній галузі України;
- аналіз кошторисно-нормативної бази геологічної галузі і систем визначення вартості геологорозвідувальних робіт;



**Фото 1. Туристично-оздоровчий комплекс “Судак”**

– особливості МНСН на об'єктах з геологічного вивчення і видобування різних видів корисних копалин;

– досвід робіт з МНСН акредитованих підприємств.

По першому з означених напрямів конференції була представлена доповідь Г. І. Рудька (фото 4) і О. В. Нецького (ДКЗ України) “Концепція моніторингу та наукового супроводження надрокористування”, в якій відзначено, що державний моніторинг навколишнього середовища в Україні здійснюється в межах напрямів, що обумовлені Положенням про державну систему моніторингу довкілля (Постанова КМ України від 30.03.1998 № 391). У доповіді окреслені концептуальні основи моні-

торингу надрокористування локального рівня, як нового інструменту ефективного управління державним фондом надр. Автори запропонували схему МНСН, яка може слугувати основою для створення автоматизованої інформаційної системи моніторингу надрокористування на локальному (об'єктовому) рівні.

Проблеми зі створення нормативно-правової бази МНСН розглянуто в доповіді “Деякі проблемні питання нормативних документів з організації моніторингу та наукового супроводження надрокористування” (С. В. Гошовський, О. В. Зур'ян – УкрДГРІ). Автори дійшли висновку, що чинні нині Методичні рекомендації з проведення МНСН продовжують вико-



Фото 2. Учасники конференції “Геомоніторинг-2013”



**Фото 3. Директор УкрДГРІ С. В. Гошовський відкрив конференцію**



**Фото 4. Виступ голови ДКЗ України Г. І. Рудька**

нувати свою важливу функцію, але потрібно розробити новий документ або низку документів, які будуть урахувати накопичений досвід проведення цих досліджень і будуть мати не рекомендаційний, а обов'язковий характер нормативно-правового документа.

Загальний стан нормативної бази в геологічній галузі проаналізовано в доповіді “Стан нормативної бази у сфері геології та надрокористування” (В. Л. Плужнікова, С. П. Сахарук, І. І. Мартиненко – УкрДГРІ; Держгеонадр). У доповіді зазначено, що проведення МНСН ще більше посилює проблеми стандартизації в геологічній галузі і повинно активізувати роботи з удосконалення нормативної бази та оновлення стандартів.

Інноваційно-інвестиційні аспекти розвитку надрокористування і гірничої діяльності в умовах реформування рентних відносин в Україні наведені в доповіді М. В. Жикаляка (ДРГП “Донецькгеологія”) “Державна експертиза і моніторинг надрокористування в умовах реформування рентних відносин в Україні”.

Організаційним питанням і проблемам, що виникають під час проведення МНСН, були присвячені доповіді А. Ф. Ляшка “Отдельные вопросы организации договорной работы и ценообразования при подготовке и осуществлении мониторинга и научного сопровождения недропользования в Украине (по опыту УкрГГРИ)” та І. С. Карленка (УкрДГРІ) “Мониторинг и научное сопровождение недропользования – особенности формирования договорных отношений”.

Широке коло доповідей було присвячено питанням інформаційного забезпечення МНСН і створенню геоінформаційної інфраструктури в геологічній галузі України. ДКЗ України і “Кривбасакадемінвест” подали спільну доповідь “Інформаційна система моніторингу надрокористування об'єктового рівня”. Автори вважають, що реалізована система дасть можливість виконувати оперативну оцінку, моделювання та прогнозування змін геологічного середови-

ща, сприятиме розробці науково обґрунтованих рекомендацій щодо оптимізації робіт, передбачених Програмою по ділянці надр. Про необхідність створення геоінформаційної структури та інформаційного забезпечення МНСН ішлося в доповідях фахівців УкрДГРІ (О. О. Ліхошерстов, Н. Г. Люта, І. В. Саніна, Г. Г. Лютий), геологічної служби Фінляндії, яку представляла Я. Лохва (фото 5), ВГО “Ноосфера” (Т. Зур'ян).

Кошторисно-нормативна база геологічної галузі України і системи визначення вартості геологорозвідувальних робіт були проаналізовані в доповідях М. В. Ткаченко і В. О. Соколова (ДГП “Геоекспертиза”). На думку авторів, система ціноутворення на геологорозвідувальних роботах у сучасних ринкових умовах потребує змін з метою підвищення їхньої ефективності, що дасть можливість знизити витрати і підвищити інвестиційну привабливість геологічного вивчення надр.

Про перші результати проведення моніторингу та наукового супроводження розробки розсіпних титанових родовищ у межах західної частини Українського щита спільну доповідь надали А. П. Василенко (УкрДГРІ) і В. М. Трохименко (Іршанський ГЗК ПрАТ “Кримський Титан”).

Особливості проведення МНСН на об'єктах геологічного вивчення і видобування різних видів корисних копалин висвітлили в своїх доповідях співробітники УкрДГРІ: І. В. Саніна, Н. Г. Люта, О. А. Лисенко (фото 6), В. Р. Носова, С. І. Кочетков, О. В. Ковтун, Л. В. Ісаков, І. В. Васильєва, В. О. Старинський. Український державний геологорозвідувальний інститут є одним із флагманів з проведення МНСН і проводить моніторингові дослідження по широкому спектру корисних копалин. У доповідях фахівців інституту розглянуті конкретні питання з виконання МНСН на родовищах підземних вод, вугілля, урану, вогнетривких глин, пісків, перспективних площах на нафту й газ. Доповідачі висвітлили проблеми, які, без-

умовно, з'являються на початковому етапі нової важливої роботи, наведено приклади перших досягнень.

З досвідом проведення моніторингових досліджень і першими напрацюваннями з цього напрямку поділилися з присутніми фахівці акредитованих підприємств: ДГП “Укргеофізика” (Ж. Б. Тимофеева, І. М. Іванюта), ПП “Юсенко Надра” (Б. П. Пелипчак), ПП “Укранаукагеоцентр” (П. С. Голуб, В. М. Солодкий, О. М. Булищенко), які виконують дослідження на родовищах вуглеводної сировини, твердих корисних копалин, водних ресурсів і лікувальних грязей.

Ю. М. Веклич та О. М. Пилипчук підготували доповідь, в якій розглянуто деякі наукові аспекти моніторингу діяльності надрокористувачів, зокрема неотектонічного, геоморфологічного, палеогеографічного змісту. На обговорення був представлений і такий напрям, як залучення діючих кар'єрів у сферу геологічних пам'яток природи.

Найбільшої уваги серед широкого кола питань, що були підняті на конференції, учасники приділили необхідності нормативного забезпечення діяльності геологічної галузі, в першу чергу з організації МНСН. Неодноразово відзначалось, що Методичні рекомендації

і методика розрахунків вартості МНСН потребують коригування і вдосконалення.

На сьогодні немає єдиного практичного підходу до виконання МНСН. Кожне акредитоване підприємство проводить ці роботи за власними можливостями і домовленостями з надрокористувачами – замовниками досліджень щодо МНСН. УкрДГРІ, наприклад, впровадив обов'язкові робочі поїздки на об'єкти моніторингу хоча б один раз на рік. Інші підприємства працюють із документами і геологічними матеріалами, наданими замовниками, на місці свого постійного базування. ДКЗ України передбачає виїзди лише на складні об'єкти.

Не встановлено (та й не запропоновано) якоїсь єдиної уніфікованої форми і періодичності звітності перед замовниками досліджень з МНСН. Можливо цього наразі вимагати завчасно. Згодом такі питання врегулюються. Головне зараз, щоб роботи виконувались якісно, в зазначені терміни, і загалом відповідали Методичним рекомендаціям з МНСН і чинному законодавству.

Питання, навіть через півтора року з початку проведення МНСН, лишаються до наукової складової цього нового виду досліджень. Як на практиці реалізувати це



**Фото 5.** Виступ представника геологічної служби Фінляндії Я. Лохви



**Фото 6.** Виступ завідувача відділу УкрДГРІ О. А. Лисенка

завдання, чим наповнювати звіти? Наразі в цьому плані акредитованим підприємствам надано повну свободу. До того ж, більшість підприємств-замовників МНСН, як правило, поки що не ставить конкретних завдань перед виконавцями.

12 вересня для учасників конференції були організовані цікаві екскурсії на сонячну електростанцію “Родникове”, що знаходиться поблизу м. Сімферополь (фото 7), і в широковідому печеру Мармурову (фото 8). Електростанція компанії “Актив Солар” є сучасним підприємством, на якому відпрацьовуються новітні технології, що будуть використані на інших подібних станціях, які планується побудувати в Криму. Не підвела очікування екскурсантів і перлина Криму – Мармурова печера, яка утворилася біля с. Мармурове в карбонатній товщі масиву Чатирдаг. Розкішні зали і галереї казковими природними архітектурними ансамблями протягнулися на відстань більше 2 км.

Красива природа Гірського Криму, архітектура та історичні споруди міста Судак і його оточення радували око учасників конференції (фото 9–10). Безумовно, головною пам’яткою м. Судак і всього Східного Криму є велична Генуезька фортеця (фото 11), яка височить над містом і майже постійно перед очима. Погода так само не підвела, хоча в окремі дні спонукала приймати морські ванни в екстремальних умовах.

На завершення конференції “Геомоніторинг-2013” був прийнятий проект Ухвали, до якої увійшли такі основні пункти:

- визнати першочерговими необхідність розробки й удосконалення нормативного та науково-методичного забезпечення моніторингу і геологічного супроводження надрокористування та геологічної експертизи в Україні;

- звернутися до Держгеонадр України з проханням передбачити в наступному році постановку досліджень з розробки та вдосконалення нормативно-методичної



**Фото 7.** Екскурсія на сонячну електростанцію в с. Родникове



**Фото 8. Один із залів печери Мармурової**



**Фото 9. Вид на Судацьку бухту з мису Алчак**



**Фото 10. Панорама мису Меганом з гори Алчак**



**Фото 11. Генуезька фортеця – головна пам'ятка Східного Криму**

бази моніторингу і наукового супроводження надрокористування та геологічної експертизи, а також забезпечити їхнє належне фінансування. Передбачити в поб'єктному плані УкрДГРІ тематику зі створення нормативної та науково-методичної основи моніторингу і наукового супроводження надрокористування та геологічної експертизи за основними видами корисних копалин;

– урахувуючи значний досвід УкрДГРІ в роботах з моніторингу і наукового супроводження надрокористування, висококваліфіковані кадри інституту, а також покладене на УкрДГРІ завдання з удосконалення нормативно-методичного забезпечення і наукового супроводження надрокористування, звернутися до Держгеонадр України з проханням відновити акредитацію УкрДГРІ на проведення моніторингу і наукового супроводження надрокористування з усіх видів корисних копалин;

– удосконалити методичні підходи щодо визначення вартості робіт з моніторингу і наукового супроводження надрокористування та геологічної експертизи; забезпечити максимальну уніфікацію таких підходів на спеціалізованих підприємствах; розробити й затвердити відповідні нормативи;

– запровадити практику проведення засідань за круглими столами для вирішення поточних питань, які виникають у процесі виконання робіт з моніторингу

і наукового супроводження надрокористування та геологічної експертизи на базі Держгеонадр України або спеціалізованих підприємств;

– рекомендувати Держгеонадрам продовжити співпрацю з Геологічними службами країн Євросоюзу з метою вдосконалення інформаційного забезпечення надрокористування на основі сучасних інформаційних технологій.

На думку учасників та організаторів, конференція пройшла плідно, жваво, корисно як для фахівців акредитованих підприємств, так і для надрокористувачів. Чимало доповідей і виступів викликали дискусії, що підкреслило небайдужість присутніх на цьому форумі до висвітлених проблем і бажання знайти шляхи їх вирішення. Конференція надала впевненості в тому, що проведення МНСН є необхідною і важливою справою в реалізації державної політики з регулювання надрокористування.

Очевидно, що проведення таких представницьких форумів із залученням як можна ширшого кола замовників МНСН, тобто надрокористувачів і виконавців, які представляють акредитовані підприємства, доцільно проводити щороку. Саме така думка висловлювалась абсолютною більшістю учасників конференції.

Рукопис отримано 23.12.2013.

*Изложена информация об организации конференции и составе ее участников, рассмотрены основные вопросы, которые решались научным форумом, проанализирована тематика докладов и главные направления исследований по мониторингу и научному сопровождению недропользования и геологической экспертизе. Отмечены актуальные темы и проблемы, на которых было заострено внимание, представлены предложения, содержащиеся в проекте Решения конференции.*

**Ключевые слова:** научно-практическая конференция, мониторинг, научное сопровождение, недропользование, геологическая экспертиза, полезные ископаемые.

*The article presents information about organization of the conference and composition of its participants. The author considers the main issues that resolved by scientific forum. The article analyzes the subject of reports and the main directions of research on monitoring and scientific support of the subsurface use and geological expertise. Topical themes and issues, which was sharpen the focus, was marked. The article presents the proposals, which was contained in the project "Decisions of the conference."*

**Keywords:** Scientific and Practical Conference, monitoring, scientific support, subsurface use, geological expertise, minerals.

**А. П. Василенко**, канд. геол.-мінерал. наук, завідувач сектору (Укр ДГРІ),  
**В. М. Трохименко**, головний геолог (ПрАТ “Кримський ТИТАН”;  
філія “Іршанський гірничозбагачувальний комбінат”)

## **ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ МОНІТОРИНГУ ТА НАУКОВОГО СУПРОВОДЖЕННЯ РОЗРОБКИ РОЗСИПНИХ ТИТАНОВИХ РОДОВИЩ У МЕЖАХ ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА**

*Викладено результати проведення моніторингу та наукового супроводження розробки розсипних титанових родовищ у межах західної частини Українського щита (УЩ), які свідчать, що видобуток корисної копалини проводиться відповідно до нормативно-методичних документів та програми відпрацювання родовища в терміни, що передбачені етапами робіт. Видобута сировина відповідає вимогам кондицій, а отримані концентрати – вимогам діючих стандартів і технічних умов. Суттєвих негативних змін геологічного середовища у зв'язку з проведенням видобувних робіт на сьогодні не зафіксовано.*

*Висловлені пропозиції щодо доцільності геолого-економічної переоцінки запасів Валки-Гацьківського родовища у зв'язку з погіршенням параметрів рудних покладів і проведення досліджень з розробки технологічної схеми вилучення з рудоносних пісків циркону як супутнього корисного компонента.*

**Ключові слова:** моніторинг і наукове супроводження, титанові родовища, геолого-економічна переоцінка запасів.

До Іршанської групи розсипів, що розміщена на заході УЩ, належать Лемненське, Валки-Гацьківське та Межирічне родовища (рис. 1), по яких УкрДГРІ здійснює моніторинг і науковий супровід протягом 2012–2013 рр. [3]. Ці розсипи сформувались у процесі розмиву мезозойської кори вивітрювання ільменітоносних габро-анортозитів і приурочені до ранньокрейдових, ранньооценових та четвертинних відкладів. Це переважно пластоподібні й лінзоподібні тіла середньої потужності до 10 м, потужність розкривних порід становить 5–6 м, довжина по простяганню до кількох сотень метрів. Розсипи складені різнозернистими пісками, ільменіт розподілений дуже нерівномірно, уміст його становить у середньому 70–80 кг/м<sup>3</sup>. Ці

родовища належить до Іршанського геолого-промислового типу [1, 2].

Основними завданнями моніторингу й наукового супроводження розробки вищезазначених родовищ є: 1) перевірка виконання особливих умов, передбачених спеціальним дозволом на користування надрами; 2) аналіз дотримання вимог щодо зіставлення результатів детальної та експлуатаційної розвідки з даними геолого-маркшейдерського обліку; 3) проведення системних спостережень за дотриманням технологічної схеми збагачення й переробки мінеральної сировини; 4) контроль за впливом відкритої розробки родовищ титанових руд на навколишнє природне середовище та відповідність цього впливу проектним прогнозам.



тів свідчить, що величина сумарної питомої активності радіонуклідів порід родовищ у надрах становить від 40 до 85 Бк/кг, що відповідає класу згідно з ДБН-97. Досліджений гамма-спектрометричним методом ільменітовий концентрат також належить до I класу і може бути використаним без обмежень.

1.2. Основні рекомендації ДКЗ стосуються технологічного вивчення пісків для виявлення можливості вилучення супутніх корисних компонентів, зокрема циркону. На сьогодні надрокористувач провів лабораторні дослідження з отримання циркону із селективного концентрату. Виконані також роботи з проектування й будівництва додаткового збагачувального обладнання для отримання селективного концентрату в промислових умовах.

2. Аналіз дотримання вимог щодо зіставлення результатів детальної та експлуатаційної розвідки з даними геолого-маркшейдерського обліку свідчить, що розходження показників відпрацьованих запасів до розвіданих за потужністю, вмістом ільменіту та вмістом  $TiO_2$  перебуває в межах похибки, що свідчить про загальний збіг результатів детальної та експлуатаційної розвідок з погашеними запасами в межах Межирічного та Лемненського родовищ. Водночас як на Валки-Гацьківському родовищі, розходження показників відпрацьованих запасів до розвіданих за середнім вмістом ільменіту та  $TiO_2$  значно виходять за межі похибки. За результатами моніторингових досліджень виконавці надали пропозиції надрокористувачу щодо доцільності геолого-економічної переоцінки запасів Валки-Гацьківського родовища, у зв'язку з погіршенням параметрів рудних покладів.

3. Проведення спостережень на об'єктах моніторингу свідчить, що на цьому етапі робіт надрокористувач дотримується технологічної схеми збагачення й переробки мінеральної сировини. Якісні показники корисної копалини відповідають вимогам кондицій, а отримані концентрати – вимогам стандартів і технічним умовам.

Процес збагачення ґрунтується на чотирьох основних переділах (А, Б, В, Г):

А. Підготовка до збагачення, яка здійснюється для розмиву (дезінтеграції) пісків, поданих на фабрику, видалення великих (понад 4,0 мм) і дрібних (менше 0,05 мм) класів, що майже не містять ільменіт. До складу цих класів входить кварц, польовий шпат, каолін, глина, галька тощо. Підготовку пісків проводять у мокрому режимі (у вигляді пульпи) за допомогою декількох стадій операцій дезінтеграції, грохочення та знешламлювання. Основним обладнанням цих операцій служать скрубери, інерційні грохоти та гідроциклони (рис. 2). Продуктом підготовки пісків є так звана “зерниста маса”, яка містить 8–15 % ільменіту.

Б. Гравітаційне збагачення здійснюється для видалення основної маси порожньої породи, тобто кварцу, зерна якого майже в два рази легші зерен ільменіту. Цей етап збагачення проводиться за допомогою декількох стадій гвинтової сепарації. Основним устаткуванням є гвинтові сепаратори різних моделей. Продуктом гравітаційного збагачення служить чорновий концентрат, який містить до 70 % ільменіту (рис. 3).

В. Мокра магнітна сепарація здійснюється для доочищення більшої частини чорнового концентрату з масовою часткою ільменіту до 85 %. Сепарацію проводять на валкових електромагнітних сепараторах типу ЕВС.

Г. Далі проводиться суха магнітна сепарація, оскільки магнітна сепарація в мокрому режимі недостатньо ефективна й не дає можливості досягти максимального вилучення ільменіту в кінцевий продукт. Кінцевим продуктом є концентрат ільменіту з масовою часткою не менше 94,5 %.

Варто зазначити, що основні підприємства з видобутку та переробки) титанової руди були побудовані в Україні ще в 60-ті роки ХХ ст. і діють сьогодні без докорінних змін техніки та технології. Нині потрібна реконструкція підприємств із заміною застарілого обладнання, що потребує додаткових інвестицій.



**Рис. 2. Основне обладнання під час підготовки до збагачення**



**Рис. 3. Чорний концентрат з умістом ільменіту до 70 %**

4. Дуже важливе значення має спостереження за впливом відкритої розробки родовищ титанових руд на навколишнє природне середовище та відповідність цього впливу проектним прогнозам.

Детальне ознайомлення з процесом відпрацювання розсипів титанових руд свідчить, що прийнята проектом схема гірничих робіт спрямована на раціональне використання земельних ресурсів та охорону надр.

Видобування корисної копалини й зняття розкривних порід здійснюється за допомогою крокуючого екскаватора з ковшем типу драглайн, об'єм якого становить 10 м<sup>3</sup> (рис. 4). Рудоносні піски й кора вивітрювання екскаватором вивантажуються в зумпф і розмиваються гідромоніторами, після чого пульпа по трубопроводах надходить на збагачувальну фабрику.

Для збору кар'єрних вод також використовується зумпф, з якого вода відкачується у відстійники, де вона знешламується, освітлюється та в подальшому використовується збагачувальною фа-

брикою (рис. 5). Замкнений цикл водозабезпечення дає змогу запобігти скиду забруднених вод у зовнішню гідромережу. Тому аналіз поверхневих вод не передбачений. Водночас проводиться відбір води із системи зворотного водопостачання (рН, суспензії), також систематично відбираються проби питної води (бактеріологічний і хімічний аналізи). На цей час концентрації шкідливих домішок у них не перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК).

Рекультивация кар'єрів проводиться постійно. Після видобування корисної копалини відпрацьований простір заповнюється породами розкриву (технічна рекультивация), а зверху заскладованим окремо, під час розкриву площі відпрацювання, ґрунтово-рослинним шаром (біологічна рекультивация). На рекультивованих площах відпрацьованого родовища постійно практикується насадження лісових масивів, переважно соснових посадок, що сприяють відновленню навколишнього середовища. Вони перешкоджають розвитку різно-



Рис. 4. Крокуючий екскаватор для зняття розкривних порід

манітних ерозійних процесів, зміцнюють береги штучних водойм, що залишилися після рекультивації.

Основними шкідливими речовинами, що забруднюють атмосферу в районі розробки, є викиди пилу й токсичних речовин ( $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ) від автотранспорту та гірничодобувної техніки. Пил з відвалів майже відсутній, тому що розкриті породи майже всі використовуються для засипки виробленого простору діючого кар'єру (в рекультивації).

Контроль за шкідливими викидами в атмосферу проводиться лабораторією Іршанського ГЗК – безпосередньо на джерелах викидів способом вимірів та аналізів інгредієнтів, що викидаються (автотранспорт, гірничозбагачувальна техніка та ін.).

Результати лабораторних аналізів, які надали надрокористувачі, свідчать про те, що концентрації шкідливих домішок у більшості замірів не перевищують гранично допустимі викиди (ГДВ).

Порівняння видів і рівнів впливу свідчить, що вжиті заходи й рішення щодо застосування методів утилізації технологічних відходів, раціонального використання природних ресурсів, дотримання нормативних ГДК і ГДВ дають можливість зробити висновок щодо екологічної безпеки виробництва. Хоча, безумовно, хвостосховища та інші гідротехнічні споруди потребують ретельнішого догляду за їх експлуатацією. Також відчувається низька забезпеченість сучасним обладнанням щодо очищення виробництва від шкідливих речовин.

Результати проведення робіт свідчать, що відпрацювання корисної копалини (надрокористувачі: ПрАТ “Кримський ТИТАН”, ТОВ “Валки-Ільменіт” та ТОВ “Межиріченський ГЗК”) проводиться відповідно до нормативно-методичних документів і програми розробки родовища та в терміни, що передбачені етапами робіт. Робочі матеріали своєчасно поповнюються новими даними. Видо-



**Рис. 5.** Відстійники для знешламлювання води

бута сировина відповідає вимогам кондицій, а отримані концентрати – вимогам діючих стандартів і технічних умов. Продукція збагачувальної фабрики має попит та успішно реалізується підприємствами хімічної промисловості України. Надрокористувач дотримується технологічної схеми збагачення й переробки мінеральної сировини, що забезпечує роботу гірничозбагачувального комплексу в показниках, які затверджені робочими проектами.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Белоус Я. Т. Титан (геолого-экономический обзор). Киев: Геоинформ, 1999. 60 с.
2. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Т. I. Металічні корисні копалини/ Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І. та ін. Львів: видавництво “Центр Європи”, 2005. С. 165–173.
3. Положення про проведення моніторингу та наукового супроводження надрокористування (затверджене наказом Державної служби геології та надр від 1.08.2012. № 378).

Рукопис отримано 11.10.2013.

**А. Ф. Василенко, В. М. Трохименко**

#### **ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА И НАУЧНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ РАЗРАБОТКИ РОССЫПНЫХ ТИТАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ УКРАИНСКОГО ЩИТА**

*Изложены результаты проведения мониторинга и научного сопровождения разработки россыпных титановых месторождений, расположенных в западной части УЩ, которые свидетельствуют, что добыча полезного ископаемого проводится в соответствии с нормативно-правовыми документами, программой отработки месторождения и в тер-мины, которые предусмотрены этапами работ. Извлеченное сырье отвечает требованиям кондиций, а полученные концентраты – требованиям стандартов и техническим условиям. Существенных отрицательных изменений геологической среды в связи с проведением работ по добыче полезного ископаемого на сегодняшний день не зафиксировано.*

*Представлены предложения относительно целесообразности геолого-экономической переоценки запасов Валки-Гацковского месторождения в связи с ухудшением параметров рудных залежей и проведения исследований с разработки технологической схемы извлечения из рудоносных песков циркона как сопутствующего компонента.*

**Ключевые слова:** мониторинг и научное сопровождение, титановые месторождения, геолого-экономическая переоценка запасов.

**A. P. Vasylenko, V. M. Trohymenko**

#### **THE FIRST RESULTS OF REALIZATION OF MONITORING AND SCIENTIFIC ACCOMPANIMENT OF DEVELOPMENT OF PLACER TITANIUM DEPOSITS WITHIN THE LIMITS OF THE WESTERN PART OF THE UKRANIAN SHIELD**

*The results of researches are expounded in relation to realization of monitoring and scientific accompaniment of development of placer titanium deposits within the limits of the western part of the Ukrainian Shield that testify, that working of hard minerals is conducted in accordance with normatively-methodical documents and program of working mine, in terms that is envisaged by the stages of works. The obtained raw material answers the requirements of standards, and the got concentrates – to the requirements of operating standards and technical requirements. Substantial negative changes of geological environment in connection with realization of extractive works on the today of not fixed.*

*Certain suggestions in relation to expediency of geology-economic overvalue of mineral reserves of Valky-Gatskivs 'ke of deposit in connection with worsening of parameters of ore beds and realization of researches from development of previous flowsheet of exception from ore-bearing sands of zircon, as passing useful component.*

**Keywords:** monitoring and scientific accompaniment, titanium deposits, geology-economic overvalue of mineral reserves.

А. А. Лысенко, канд. геол. наук, заведующий отделом (УкрГГРИ)

## ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА И НАУЧНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОГНЕУПОРНЫХ И ТУГОПЛАВКИХ ГЛИН

*Огнеупорные и тугоплавкие глины широко развиты на территории Украины и активно разрабатываются. Месторождения этого сырья имеют свои характерные черты и особенности, которые должны быть учтены при проведении мониторинга и научного сопровождения недропользования. Дальнейшая эксплуатация этих объектов при условии выполнения комплекса природоохранных мер не приведет к существенному ухудшению сложившейся экологической ситуации.*

**Ключевые слова:** мониторинг, научное сопровождение, огнеупорные глины, добыча полезных ископаемых, охрана окружающей среды.

### Вступление

Украина имеет огромные запасы огнеупорных и тугоплавких глин (ОТГ), сосредоточенных в пределах Донецкой складчатой области, Днепровско-Донецкой впадины, Украинского щита (рисунок). Разведано и предварительно оценено более 20 месторождений и несколько участков. Общие балансовые запасы составляют около 850 млн т [4]. Это полезное ископаемое полностью обеспечивает потребности страны и является важной составной частью экспорта минерального сырья.

Основной район развития ОТГ находится в северо-западной части Донбасса, где разведано 11 месторождений (около 37 % разведанных запасов Украины), из которых девять разрабатываются (95,5 % добычи в Украине) [4]. В первую очередь добываются высококачественные глины, поэтому, не смотря на высокую степень обеспеченности этим видом полезного ископаемого, запасы высококачественных глин на наиболее крупных месторождениях (Часовоярское, Новоселицкое) истощаются, снижается их сортность, усложняются условия разработ-

ки месторождений [1], увеличивается глубина карьеров, возрастает себестоимость добычи. На экономическую эффективность работы добывающих предприятий влияют и другие факторы: геологические особенности объектов, гидрогеологические условия, методы рекультивации отработанных участков месторождений и др.

Эти особенности определяют специфику работ на каждом из объектов и соответственно должны учитываться аккредитованными специализированными предприятиями, поскольку мониторингом и научным сопровождением недропользования (МНСН) предусматривается, в конечном итоге, разработка научно обоснованных рекомендаций по оптимизации и эффективности добычи полезных ископаемых [5, 6], повышению полноты их извлечения из недр.

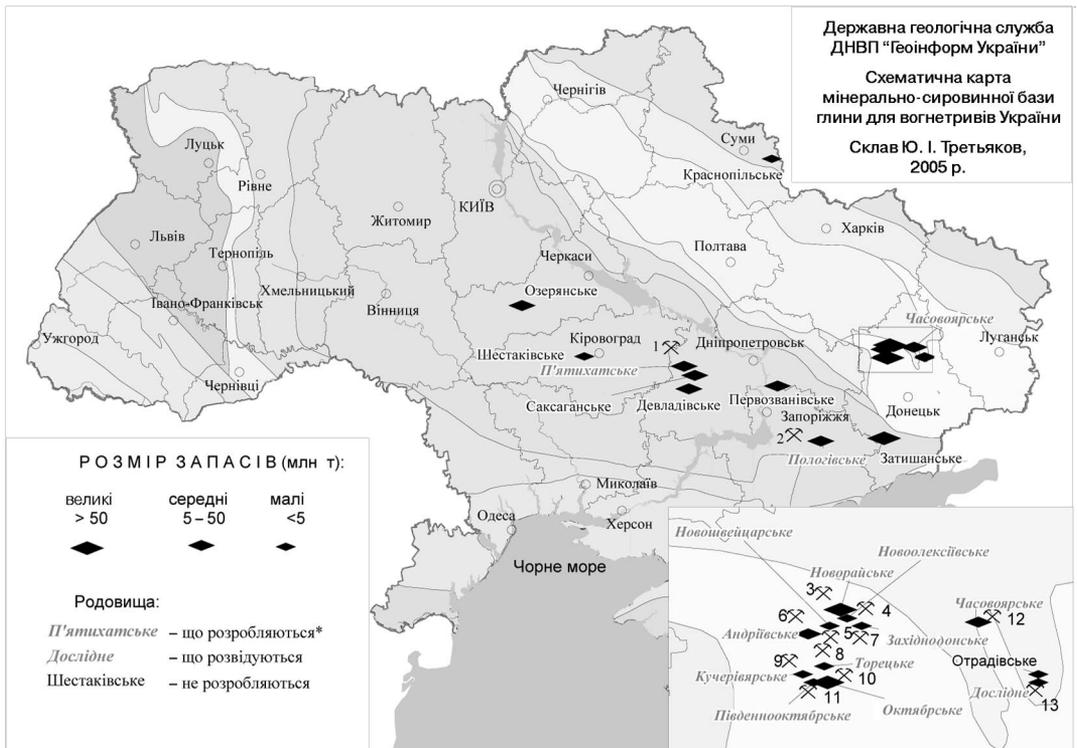
### Учет особенностей месторождений при проведении мониторинговых исследований

Месторождения ОТГ Донбасса относятся, согласно требований “Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресур-

сів корисних копалин державного фонду надр до родовищ глинистих порід” (ГКЗ України, 2004), к об’єктам складного геологічного строення (група 2) с невідержанними кількісними і якісними параметрами полезного ископаемого [2]. Эти об’єкти займають, як правило, більші площі (перві сотні гектарів). Для изучення глин використовують значительні об’єми бурення (сотні

скважин). Это нужно учитывать при составлении программ и планов мониторинга и научного сопровождения.

В разрезе продуктивной толщи месторождений обычно встречается несколько пластов огнеупорных и тугоплавких глин (фото 1), разделенных пропластками или линзами песков, запесоченных глин и так называемых “некондиционных” (марка НК) глин. Мощности глин и других по-



\* ⚡ Підприємства з видобутку глин для вогнетривів:

1. ТОВ “Нерудметали”.
2. ЗАТ “Мінерал”.
3. ВАТ “Дружківське”.
4. ЗАТ “Південь”.
5. ЗАТ “Південнооктябрське”.
6. Андрійський кар’єр.
7. ЗАТ “Керампром”.
8. ТОВ “Донкерампромсировина”.
9. ЗАТ “Глини Донбасу”.
10. ЗАТ “Вогнетривнеруд”.
11. ВАТ “Часовоярський вогнетривкий комбінат”.
12. ТОВ “Рутекс-Керам”.

**Рисунок.** Схематическая карта минерально-сырьевой базы огнеупорных глин Украины  
По данным Ю. И. Третякова, ГНПП “Геоинформ Украины”, 2005 г.

род не выдержанные. Поэтому качество добываемого сырья постоянно должно контролироваться соблюдением утвержденных кондиций, от которого зависит эффективность работы добывающего предприятия. В процессе добычи глин, в случае изменения условий их залегания или качества сырья, может понадобиться корректировка кондиций или геолого-экономическая переоценка объекта. В связи с этим специализированные предприятия, проводящие МНСН, должны также уделять внимание качеству добываемого сырья, при необходимости инициировать работы по корректировке кондиций или геолого-экономической переоценке объекта, оказывать консультативную и методическую помощь в их выполнении и, по возможности, принимать в них непосредственное участие на договорной основе.

На каждом из разведанных или разрабатываемых месторождений статистически выделяется по несколько марок глин, которые отличаются качественными характеристиками. Пространственно они не геометризуются. Их количество оценивается и в дальнейшем учитывается статистическим методом. Поэтому предусмотрена селективная разработка отдельных марок глин.

На многих объектах ОТГ Донбасса, помимо кондиционных глин (фото 2), развиты также “некондиционные” глины, которые не удовлетворяют техническим условиям, предъявляемым к ОТГ, но отвечают требованиям ОСТ-21-78-88 “Сырье глинистое (горные породы) для производства керамических кирпича и камней. Технические требования. Методы испытаний”. Согласно ст. 50 “Кодексу України про надра” [3] на объектах, где проводит-



**Фото 1. Карьер Опытного месторождения в Артемовском районе Донецкой области (южная стенка)**

ся добыча полезных ископаемых, должны быть предусмотрены складирование, охрана и учет тех видов минерального сырья, которые временно не используются, но в будущем могут быть востребованы. Так, на Опытном месторождении ОТГ, которое находится на территории Артемовского и Константиновского районов Донецкой области, “некондиционные” глины складировались в отработанном пространстве карьера (фото 3). В результате предприятие не занимает дополнительные земельные площади для складирования и хранения этих глин.

Соответственно задача организации, проводящей МНСН, состоит не только в контроле за исполнением ст. 50 Кодекса, но и в выработке рекомендаций по оптимальному размещению минерального сырья, которое в настоящее время не используется, но в будущем может иметь спрос.

Залежи полезного ископаемого на всех месторождениях ОТГ перекрыты чехлом рыхлых отложений (фото 4) мощностью от первых метров до 50–60 м. Увеличение мощности чехла влечет за собой закономерное углубление карьеров и расширение их площади, увеличение количества уступов, возрастание объемов вскрышных работ. При проверке выполнения условий недропользования необходимо контролировать соответствие высоты, количества уступов, углов их наклона проектным расчетам. Ширина берм между уступами должна соответствовать проектным параметрам для безопасного ведения добычных работ и исключения засорения полезного ископаемого вышележащими породами.

Перекрывающая толща, в соответствии с существующими требованиями, должна быть изучена комплексно с целью выявления возможных попутных по-



**Фото 2. Добытая огнеупорная глина Торецкого месторождения, Добропольский район Донецкой области**



**Фото 3. Складирование “некондиционных” глин (марка НК) в отработанном пространстве карьера Опытного месторождения**



**Фото 4. Вскрышные работы на Опытном месторождении**

лезных компонентов. Специализированные предприятия, выполняющие МНСН, должны помочь недропользователю в выделении потенциально благоприятных пород, которые могут оказаться определенным видом полезного ископаемого и подготовить научно обоснованные рекомендации по дальнейшему их изучению.

Большинство месторождений ОТГ Донецкого региона характеризуется простыми гидрогеологическими и горно-техническими условиями, благоприятными для открытой разработки карьерами. Однако, в ходе их эксплуатации могут выявиться участки осложнений. Например, на Опытном месторождении на участке добычных работ 2012 г. в западном борту карьера был вскрыт водоносный горизонт в песках, залегающих непосредственно над продуктивной толщей. Происходил размыв этих песков (фото 5), проявля-

лись оползневые явления, значительно усложнились условия добычи полезного ископаемого. В рамках мониторинга и научного сопровождения недропользователю было предложено провести комплексные исследования для разработки программы снижения водопритоков в добычные участки месторождения с использованием дренажных скважин.

При промышленной разработке месторождений, в т. ч. ОТГ, обычно проводится их геологическое доизучение – эксплуатационная разведка, которая должна выполняться в соответствии с инструктивными требованиями ГКЗ Украины [2]. При этом производится сопоставление данных эксплуатации месторождения и проведенных ранее разведочных работ – условий залегания полезного ископаемого, морфологии залежей, их сплошности, мощности и протяженности, изменчивости качества.



**Фото 5. Размыв песков, залегающих непосредственно над полезным ископаемым, в западной стенке карьера Опытного месторождения**

В результате недропользователь получает необходимую информацию, которую использует для оперативной корректировки планирования добычных работ и регулирования качества извлекаемого полезного ископаемого. Участие специализированных организаций в этой работе может заключаться в разработке рекомендаций для определения рациональных объемов разведки, уточнения оптимальной плотности разведочной сети, выбора методики обработки и анализа фактических данных.

Одной из серьезных проблем, с которой сталкиваются предприятия в процессе разработки месторождения – это неизбежные эксплуатационные потери полезного ископаемого. При извлечении из недр происходит также его частичное засорение вмещающими или вышележающими породами (фото 6). Величины потерь и засорения планируются еще на стадии проектирования добывающего

предприятия и корректируются в процессе эксплуатации объекта. Важной задачей является не только максимально точный прогноз и расчет плановых потерь полезного ископаемого, но и определение путей их снижения. В эти исследования могут включаться также специализированные предприятия.

Усложняющим фактором при разработке глини является то, что на границе многих месторождений или в их пределах расположены капитальные сооружения и коммуникации (автомобильные и железные дороги, ЛЭП, газопроводы и др.), требующие соблюдения охранных зон. Часто месторождения ОТГ имеют между собой общие границы. Поэтому в процессе мониторинговых исследований следует обращать особое внимание на изучение актов земельных и горных отводов, на контроль соблюдения границ специальных разрешений и утвержденных охранных зон.



**Фото 6. Размыв и оползание уступов Северо-Западного карьера Торецкого месторождения в период временной приостановки работ**

Большая часть объектов находится на пахотных землях. В связи с этим важной частью природоохранного комплекса является рекультивация нарушенных земель. Обычно при разработке месторождений ОТГ проводятся сельскохозяйственный и лесной виды рекультивации. Карьеры засыпаются вскрышными породами с сохранением последовательности их природного наложения (фото 7). Чернозем, который после проведения вскрышных работ хранился в отдельных буртах (фото 8), наносится равномерным слоем мощностью 0,5–0,7 м. Рекультивация производится одновременно с добычными работами. В результате на месте карьеров образуются практически горизонтальные участки, пригодные для сельскохозяйственного использования, а пологие откосы бортовых частей карьеров – для лесонасаждения.

Существует и другой альтернативный вариант – водная рекультивация отрабо-

ванных карьеров, что особенно важно для Донбасса и Приазовья, где ощущаются проблемы водообеспечения. При проведении открытых горных работ образуются глубокие котлованы объемом до десятков миллионов кубических метров (А. В. Шейко, 2006). Наполнение их водой помогло бы частично решить водную проблему, в первую очередь для орошения сельскохозяйственных земель. Примерами являются Анадольский гранитный карьер (фото 9) и Михайловский гипсовый карьер, отработанное пространство которых заполнено водой. Аналогичное решение предусмотрено проектом разработки Нырковского гипсового месторождения (А. В. Шейко, 2006). Для оценки целесообразности водной рекультивации необходима разработка специальных технико-экономических обоснований (ТЭО). В этом плане специалистами аккредитованных геологических предприятий могут быть подготовлены конкретные предло-



**Фото 7. Рекультивация отработанной части карьера Опытного месторождения с укладкой вскрышных пород в природной последовательности**



**Фото 8. Бурт чернозема, подготовленный для укладки на участке рекультивации**



**Фото 9. Отработанный Анадольский гранитный карьер в Донецкой области**

жения и рекомендации. Возможно также их непосредственное участие в разработке ТЭО на основе отдельных договоров, выходящих за рамки МНСН.

Важнейшей задачей мониторинга и научного сопровождения недропользования является контроль за выполнением мероприятий по минимизации влияния разработки месторождений на состояние окружающей природной среды [5]. Промышленная добыча огнеупорных и тугоплавких глин сопровождается такими основными негативными факторами:

- запылением воздушного бассейна при экскавации пород вскрыши (фото 10) и перемещении их в отвалы, при погрузке продукции (сухой глины) для отправки потребителям;

- задымлением атмосферы отработанными газами автотранспорта и механизмов, работающих на дизельном топливе (фото 11);

- шумом работающих машин, механизмов и технологического оборудования;

- изменением режима подземных вод;
- сбросом в речную сеть карьерных вод;
- развитием оползневых явлений в стенках карьеров и отвалах.

Для снижения уровня негативного воздействия на окружающую среду и создание нормальных санитарно-гигиенических условий работы в карьерах необходимо предусмотреть:

- орошение автодорог и мест погрузки и выгрузки пород;

- оснащение машин и механизмов с двигателями внутреннего сгорания оборудованием для очистки выхлопных газов;

- мероприятия по обеспечению устойчивости бортов карьеров и оборудованию предохранительных берм, постоянные маркшейдерские наблюдения за устойчивостью карьеров и отвалов;

- гидрогеологические наблюдения за состоянием подземных вод в районе карьеров и отвалов;

- контроль химического состава вод, сбрасываемых в речную сеть;



**Фото 10.** Запыление воздушного бассейна при экскавации вскрышных пород Опытного месторождения

– использование карьерных вод для производственных потребностей предприятия;

– организованный сбор и утилизацию промышленно-технологических отходов, образующихся в результате плановой деятельности предприятия.

При проектировании горнодобывающих предприятий одной из обязательных процедур должна быть оценка воздействия разработки полезного ископаемого на окружающую среду (ОВОС), которая является составной частью рабочего проекта. Рабочими проектами предусматриваются также комплексы мероприятий по защите окружающей среды, снижению уровня негативных факторов в процессе добычи ОТГ. Многолетний опыт показывает, что эксплуатация месторождений огнеупорных и тугоплавких глин Донбасса в целом не оказывает существенного (сверхнормативного) воздействия на уже существующее состояние экологической системы. Соблюдение запланированных природоохранных мероприятий позволит

и в будущем не допустить ухудшения экологической ситуации в районе действующих горнодобывающих предприятий.

### **Выводы**

Месторождения огнеупорных и тугоплавких глин Донбасса характеризуются сложным геологическим строением, наличием нескольких слоев полезного ископаемого, разделенных между собой пропластками и линзами песков, запесоченных и “некондиционных глин”. Количественные и качественные характеристики полезного ископаемого невыдержанные. Огнеупорные и тугоплавкие глины, как правило, перекрыты достаточно мощным чехлом рыхлых осадочных отложений. Объекты разработки расположены в зоне развитого земледелия, что приводит к необходимости выполнения рекультивации нарушенных земель. Эти и другие особенности месторождений ОТГ должны учитываться при проведении мониторинга и научного сопровождения недропользования.



**Фото 11. Задымление атмосферы в результате работы машин при разработке глин Опытного месторождения**

Промышленная эксплуатация этих объектов неизбежно сопровождается рядом факторов, негативно влияющих на окружающую природную среду. На месторождениях, где проводится добыча ОТГ, выполнена оценка воздействия горнодобывающих предприятий на окружающую среду, разработаны мероприятия по ее защите. При условии выполнения комплекса природоохранных мер дальнейшая эксплуатация месторождений огнеупорных и тугоплавких глин Донбасса не ухудшит состояние экологической системы и не приведет к усилению негативного воздействия на нее в будущем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Загальнодержавна програма розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року. Закон України від 21.04.2011 р. № 3268-VI. <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/3268-17>.

2. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ глинистих порід. ДКЗ України. Київ, 2004. 61 с.

3. Кодекс України про надра//Постанова ВР № 133/94-ВР від 27.07.1994. Електронний ресурс: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/133/94-вр>.

4. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Том II. Неметаллические полезные ископаемые/Гурский Д. С., Есипчук К. Е., Калинин В. И. и др. Киев-Львов: Изд-во "Центр Европы", 2006. 552 с.

5. Методичні рекомендації з проведення моніторингу та наукового супроводження надрокористування. Держгеонадр України. Затверджені 01.08.2012.

6. Положення про проведення моніторингу та наукового супроводження надрокористування//Міністерство екології та природних ресурсів України, наказ від 11.03.2013. № 96. <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0500-13#n13>.

Рукопис отримано 13.01.2014.

**О. А. Лисенко**

#### **ОСОБЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ І НАУКОВОГО СУПРОВОДУ ПРОМИСЛОВОЇ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ ВОГНЕТРИВКИХ І ТУГОПЛАВКИХ ГЛИН**

*Вогнетривкі і тугоплавкі глини дуже поширені на території України та активно розробляються. Родовища цієї сировини мають свої характерні риси та особливості, які треба враховувати під час проведення моніторингу і наукового супроводження надрокористування. Подальша експлуатація цих об'єктів за умови виконання комплексу природоохоронних заходів не призведе до суттєвого погіршення екологічної ситуації, яка склалася.*

**Ключові слова:** моніторинг, наукове супроводження, вогнетривкі глини, видобування корисних копалин, охорона навколишнього середовища.

**О. А. Lysenko**

#### **FEATURES OF MONITORING AND SCIENTIFIC SUPPORT OF FIREPROOF AND REFRACTORY CLAYS INDUSTRIAL MINING**

*Fireproof and refractory clays are widespread in Ukraine and actively mined. Deposits of this material have their own characteristics and features that should be taken into account during monitoring and scientific support for subsurface use. Further operation of these objects when performing of environmental protection measures will not lead to a significant deterioration of the current environmental situation.*

**Keywords:** monitoring, scientific accompaniment, fire-clay, booty of minerals, ecological state of environment.

**Т. Д. Поддубная**, канд. геол. наук, старший научный сотрудник,  
ученый секретарь оргкомитета конференции  
“Судакские геологические чтения-IV (IX)” (УкрГГРИ)

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ “СУДАКСКИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ-IV (IX)” 16–22 сентября 2013 г., г. Судак, АРК, Украина**

*Подведены итоги работы Международной научно-практической конференции “Судакские геологические чтения-IV (IX)” на тему “Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых”. Дан краткий анализ докладов и презентаций, отмечена актуальность тем и проблем, отмечена роль научных исследований в развитии минерально-сырьевого потенциала страны, сформулированы основные рекомендации научною форуму.*

**Ключевые слова:** научно-практическая конференция, металлогения, мониторинг, обогащение, золото, алмаз, твердые полезные ископаемые.

16–22 сентября 2013 года в г. Судак АР Крым состоялась Международная научно-практическая конференция “Судакские геологические чтения-IV (IX)” на тему “Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых”. Это мероприятие уже на протяжении многих лет является важным событием в научном мире по обмену новыми фундаментальными и практическими идеями, итогов конкретных проектов и научных разработок.

Конференция организована и проведена Украинским государственным геологоразведочным институтом (УкрГГРИ, г. Киев). Среди организаторов также были Государственная служба геологии и недр Украины, ГКЗ Украины, Всероссийский институт минерального сырья (ВИМС), Воронежский государственный университет (ВГУ), Западно-Якутский научный центр АН РС (Якутия), Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ)

РАН, Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ), ГП “Украинская геологическая компания”, КП “Южукргеология”, КП “Южэкогеоцентр”, НПП “Кривбасс-академинвест”. Возглавили оргкомитет конференции Министр экологии и природных ресурсов Украины О. А. Проскураков и директор УкрГГРИ, д-р техн. наук С. В. Гошовский.

В работе конференции приняли участие около 100 специалистов, в том числе 25 докторов и 30 кандидатов наук. Среди участников конференции – ученые из ведущих научных центров России: ВИМСа, ИГЕМа, ИМГРЭ, ИПКОН РАН, Воронежского университета, Западного научного центра АН Республики Саха, Научно-исследовательского геологоразведочного предприятия АК “АЛРОСА”, Северо-Восточного федерального университета им. Амосова, (г. Якутск), Института геологии и природопользования ДО РАН (г. Благовещенск), ФГПУ “Сибирский НИИ геологии, геофи-

зики и минерального сырья” и Института геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск), Дальневосточного геологического института ДО РАН (г. Владивосток), ФГБУН “Геологического института СО РАН” (г. Улан-Удэ), Минералогического музея им. А. Е. Ферсмана РАН и МГУ им. М. В. Ломоносова (г. Москва), “Коралайна Инжиниринг”/СЕТСО, Москва.

Республика Беларусь традиционно представлена ОДО “Ламел-777” (г. Минск), широко известной компанией по производству современного технологического оборудования для обогащения тонкодисперсных руд.

С украинской стороны в конференции участвовали делегации ученых УкрГГРИ, ИГМР им. Семененко НАНУ, ИГН НАНУ, Института геохимии окружающей среды НАНУ, УкрНИМИ НАНУ, ГВУЗ “Национальный горный университет” (г. Днепрпетровск) и ГКЗ Украины, НПП “Кривбассакадеминвест”. Активное участие в конференции приняли и представители ГП “Украинская геологическая компания” (г. Киев), КП “Южукргеология” (г. Днепрпетровск). Широко были представлены горные компании Украины, которые занимают лидирующие позиции по разработке ряда важнейших полезных ископаемых страны: ГП “Восточный горно-обогатительный комбинат” (г. Желтые Воды), ПАО “Дружковское рудоуправление”, ПАО “ВЕСКО” (г. Донецк), а также в области разведки и оценки месторождений полезных ископаемых – УГК “Донбасгеологоразведка” и ООО ЦГИ “Донгео” (г. Донецк).

Для участия в научном форуме было заявлено 80 докладов, тезисы которых были опубликованы в Материалах Международной научно-практической конференции “Судакские геологические чтения-IV (IX)” 16–22 сентября 2013 г.

Тематика конференции охватила широкий спектр научных направлений и проблем:

– прогнозирование и поиски месторождений твердых полезных ископаемых на закрытых территориях;

– нерудное минеральное сырье – ресурсы, оценка и комплексное использование;

– геология, модели формирования и промышленные типы месторождений редкоземельных, цветных и благородных металлов;

– инновационные технологии обогащения природного и техногенного минерального сырья;

– геолого-экономическая оценка месторождений: методологические аспекты, технологии и инвестиции;

– основы моделирования, мониторинга, научного сопровождения геологоразведочных работ и освоения месторождений твердых полезных ископаемых;

– промышленная экология минерального сырья: методология анализа и управление рисками.

По всем направлениям были подготовлены и представлены доклады.

Конференцию открыл директор УкрГГРИ, д-р техн. наук, проф. С. В. Гошовский. В своем выступлении он отметил, что “Судакские геологические чтения” имеют многолетнюю историю и традиции, которые ставят это мероприятие в ряд значимых событий в научном геологическом мире Украины и стран ближнего зарубежья. С каждым годом расширяется география участников – от Минска до Владивостока, более актуальной и проблемной становится тематика, возрастает интерес представителей горного бизнеса к научным разработкам ученых в области поисков месторождений на закрытых территориях, их геолого-экономической оценке, технологии обогащения минерального сырья и промышленной экологии.

Большой резонанс среди аудитории вызвал доклад А. А. Лысенко (соавт. С. В. Гошовский) (УкрГГРИ, г. Киев) “Научное обоснование изменений к общегосударственной программе развития минерально-сырьевой базы Украины на период до 2030 г.”. В нем были представлены основные направления развития геологической отрасли Украины на ближайшую перспективу.

Среди докладов по проблеме “Прогнозирование и поиски месторождений твердых полезных ископаемых на закрытых территориях” особый интерес вызвали научные сообщения д-ра геол.-минерал. наук *Н. Н. Зинчука* (соавт. *Н. Н. Павлуны*) (Львовский национальный университет им. И. Франко, ЗЯНЦ АН РС (Якутия), г. Мирный) “О некоторых неимоверно пронизательных прогностических чертах научных исследований академика В. И. Вернадского (к 150-летию со дня рождения)”, канд. геол.-минерал. наук *С. Г. Мишенина* (соавт. *И. С. Бажан, А. И. Дак, Е. Н. Николенко, Ю. В. Утюпин, Г. З. Яворская*) (ФГПУ “Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья”, г. Новосибирск) “Использование комплекса пространственных геохимических и минералогических данных при прогнозировании кимберлитовых полей” и д-ра геол.-минерал. наук *В. К. Гаранина* (Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, г. Москва) “Алмаз: источники, проявления, месторождения”, д-ра техн. наук *М. В. Назаренко* (соавт. *Е. С. Василенко*) (НПП “Кривбассакадеминвест”, г. Кривой Рог) “Информационно-аналитическое сопровождение геологоразведочных работ”. С большим интересом было принято научное сообщение д-ра геол.-минерал. наук *П. Н. Баранова* (соавт. *О. А. Проскуряков*) (НГУ “Геммологический центр”, Минприроды Украины) “Минерально-сырьевая база камнесамоцветного сырья Украины и факторы её развития”.

Традиционно на конференции был представлен большой блок проблемных докладов по геологии месторождений редкоземельных, цветных и благородных металлов. Интерес к этой проблеме обусловлен все более возрастающей роли этих металлов на мировых сырьевых рынках. Среди озвученных научных сообщений следует отметить доклады д-ра геол.-минерал. наук *Л. З. Быховского* (ВИМС, г. Москва) “Редкоземельное сырьё России: перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы”,

д-ра геол.-минерал. наук *С. Г. Кривдика* (соавт. *А. Н. Пономаренко, А. В. Дубина, В. Г. Моргун*) (ИГМР им. Н. П. Семеновко НАН Украины, г. Киев) “Перспективы поисков месторождений редкоземельных элементов в Приазовье”, канд. геол.-минерал. наук *Б. Б. Дамдинова* (ФГБУН “Геологический институт СО РАН”, г. Улан-Удэ) “Коневинское золоторудное месторождение (Восточный Саян): геология, минералогия, генезис”, канд. геол.-минерал. наук *Л. И. Веремеевой* (ФГУП “ИМГРЭ”, г. Москва) “Особенности вещественного состава Ti-Zr россыпей как критерий реконструкции условий их формирования”, канд. геол.-минерал. наук *Л. Б. Дамдиновой* (ФГБУН “Геологический институт СО РАН”, г. Улан-Удэ) “Бериллиевые руды месторождения Снежное: типы и особенности формирования (Восточный Саян)”, канд. геол.-минерал. наук *Л. И. Полуфунтиковой* (ФГАОУ ВПО “Северо-Восточный федеральный университет”, г. Якутск) “Определение условий локализации золотого оруденения с применением стрейн-анализа”, канд. геол.-минерал. наук *А. В. Подгаецкого* (соавт. *Н. Г. Новикова, Э. А. Бедретдинова*) (ИПКОН РАН, г. Москва) “Определение элементов платиновой группы и золота в твердых горючих ископаемых спектральными методами”, канд. геол. наук *В. Л. Приходько* (Украинская геологическая компания, г. Киев) “Самородная медь Волыни”.

Проблема промышленной экологии в повестку работы конференции была внесена впервые, поэтому особо остановимся на докладе канд. геол.-минерал. наук *Л. П. Шадриной* (соавт. *И. И. Колодезников, Д. Д. Саввинов*) (Академия наук Республики Саха (Якутия) г. Якутск) “О Концепции экологической безопасности Республики Саха (Якутия) и механизмах её реализации в целях рационального использования природных ресурсов”. Разработанная Концепция, её критерии и принципы актуальны и для горнопромышленных регионов Украины; работы такого уровня однозначно

интересны для ученых экологов, горняков, геологов.

Проблема обогащения минерально-го сырья нашла отражение в докладах *О. В. Бобровой* (ООО “Коралайна Инжиниринг/СЕТСО”, г. Москва), канд. техн. наук *А. В. Мельникова* (ОДО “Ламел-777”, г. Минск), д-ра техн. наук *Г. Д. Краснова* (ИПКОН РАН, г. Москва), Л. А. Маклаковой (г. Симферополь). Были представлены последние научные достижения в технологии переработки упорных руд, включая избирательное дробление и измельчение, сепарацию в высокоградиентном магнитном поле, тонкое грохочение и т. п., новое технологическое оборудование и аппараты, которые широко используются при обогащении руд в мировой практике.

В завершении конференции состоялась геологическая экскурсия на разрезы железных руд Керченского железорудного бассейна, в район береговых обрывов Керченского пролива. Участники экскурсии смогли увидеть пласты икряных, табачных и коричневых разновидностей руды. Эти отложения часто называют “заповедником минералов”, многие из которых впервые установлены именно здесь, и им даны местные крымские названия: керченит, азовскит, митридатит, камыш-бурунит и др. Рудный пласт – настоящий естественный минералогический музей, в чем и убедились экскурсанты (фото 1).

21 сентября состоялось заключительное заседание за круглым столом, где были подведены итоги работы Международной научно-практической конференции и принято решения (фото 2). Участники отметили высокий уровень организации мероприятия, актуальность проблем, вынесенных на научное обсуждение и поблагодарили руководство УкрГГРИ за проведение этого научного форума, который в очередной раз показал, что научное сотрудничество является мощным фактором развития геологической науки в Украине (фото 3).

## РЕШЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

### Участники конференции отметили:

1. Подобные научные форумы проводятся в Крыму с 1999 года и стали регулярным и важным событием в геологической жизни стран-участников конференции.

2. Научная программа конференции содержит результаты исследований по вопросам: прогнозирования и поисков месторождений твердых полезных ископаемых на закрытых территориях; теории и методологии металлогенических и минерагенических исследований; теоретических основ моделирования, мониторинга, научного сопровождения геологоразведочных работ и освоения месторождений рудного и нерудного минерального сырья; геолого-экономической оценки месторождений и промышленной экологии минерального сырья. Освещены современные тенденции освоения и развития минерально-сырьевой базы главнейших полезных ископаемых.

3. Особый интерес вызвали доклады, посвященные: различным аспектам изучения геологии месторождений стратегически важных видов твердых полезных ископаемых, разработки технологии их обогащения; новейшему технологическому оборудованию и новым подходам



**Фото 1.** Геологическая экскурсия на разрезы железных руд Керченского бассейна



**Фото 2. Принятие решений конференции за круглым столом**



**Фото 3. Участники Международной научно-практической конференции “Судакские геологические чтения-IV (IX)” 16–22 сентября 2013 г, г. Судак, АРК, Украина**

к освоению месторождений полезных ископаемых. Отдельного внимания требуют вопросы совершенствования методик поисков, разведки и переработки остродефицитного и нетрадиционного сырья, разработки современных методов комплексного анализа вещественного состава полезных ископаемых и внедрения инновационных технологий в добычу и переработку минерального сырья.

4. Новым направлением в изучении и использовании природных ресурсов является использование комплексных информационных систем. Одним из таких решений является геоинформационная система (ГИС) K-MINE. На конференции представлен ряд докладов, демонстрирующих возможности K-MINE, подтверждающих её универсальность в комплексном подходе к недропользованию.

5. Активное участие молодых ученых и геологов-производственников России и Украины в работе конференции.

6. Высокий уровень организации и плодотворную научную работу конференции.

#### **Участники конференции рекомендуют:**

1. Повысить инвестиционную и интеллектуальную привлекательность конференции путём сосредоточения внимания

на рассмотрении вопросов совместной работы ученых, геологов, технологов-обогащителей, аналитиков, экологов, экономистов, горняков, маркетологов и недропользователей – для создания модели рационального освоения месторождений.

2. Отметить необходимость государственного финансирования фундаментальных и прикладных научных исследований, связанных с поисками стратегически важных твердых полезных ископаемых и обновления технологической и аналитической баз предприятий и учреждений геологоразведочной отрасли.

3. Привлекать к работе и участию в конференции ведущих ученых и представителей горнопромышленного комплекса стран ближнего и дальнего зарубежья; разместить итоги работы форума в средствах массовой информации.

4. Шире использовать финансовые возможности недропользователей для спонсорской поддержки конференции.

5. Провести следующую Международную научно-практическую конференцию “Судакские геологические чтения-V (X)” на тему “Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков, технологий переработки и оценки месторождений твердых полезных ископаемых” в 2014 г.

Рукопис отримано 4.02.2014.

*Підведено підсумки роботи Міжнародної науково-практичної конференції “Судацькі геологічні читання-IV (IX)” на тему “Актуальні проблеми геології, прогнозу, пошуків і оцінки родовищ твердих корисних копалин” (16–22 вересня 2013 р., м. Судак, АРК, Україна). Дано стислий аналіз доповідей і презентацій; відзначена актуальність тем і проблем, роль наукових досліджень у нарощуванні мінерально-сировинної бази країни, сформульовано основні рекомендації наукового форуму.*

**Ключові слова:** науково-практична конференція, металогенія, моніторинг, збагачення, золото, алмаз, тверді корисні копалини.

*Summed up work of the International scientific-practical conference “Sudakskie geological readings-IV (IX)” on a theme “Actual geological problems, problems of forecast, searching and estimation of deposits of hard minerals” (on september, 16–22 of 2013, Sudak, ARK, Ukraine). The short analysis of lectures and presentations is given; actuality of themes and problems is marked, the role of scientific researches is marked in the increase of raw mineral-material base of country, the basic recommendations of scientific forum are formulated.*

**Keywords:** scientific-practical conference, metal genetic, monitoring, enriching, gold, diamond, hard minerals.

**Н. Н. Зинчук**, д-р геол.-минерал. наук, профессор, академик АН РС(Я),  
председатель Западно-Якутского научного центра (ЗЯНЦ)  
Академии наук Республики Саха (Якутия), г. Мирный, nnzinchuk@rambler.ru

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТМАГМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ КИМБЕРЛИТОВ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

*Приведены результаты комплексного исследования кимберлитов, вмещающих и перекрывающих их пород Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Особое внимание уделено изучению трубчатых тел Зимнебережного района Архангельской алмазоносной провинции (ААП). Показано, что источником повышенного содержания в кимберлитах ВЕП  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$  служит ассимилированная терригенная примесь пород венда. Образование сапонита, вместо обычного для кимберлитов Сибирской платформы серпентина, осуществлялось путем воздействия кислых магматических растворов на первичные минералы и основную массу пород. Установленные особенности вещественного состава кимберлитов и вмещающих их пород являются определяющими на развивающиеся в трубках вторичные минералы.*

**Ключевые слова:** Восточно-Европейская платформа, Архангельская алмазоносная провинция, кимберлиты, постмагматические процессы, глинистые минералы.

Первой на севере Восточно-Европейской платформы (ВЕП) была трубка Поморская, открытая в конце 70-х годов прошлого столетия геологами объединения “Архангельскгеология” [4, 16, 22]. В октябре 1981 года рядом с трубкой Поморская при заверке магнитной аномалии была открыта новая трубка Ломоносовская. Вслед за названными диатремами геологи обнаружили на этой территории алмазоносные трубки Архангельская, Карпинская, Снегурочка, Пионерская и другие. Территория локализации кимберлитовых трубок расширилась на десятки километров. В районе, наряду с трубками взрыва кимберлитов, широким распространением пользуются диатремы, выполненные брекчиями пикритов, мелилититов и базальтов, которые обычно считаются родственными кимберлитам и их присутствие используется как поисковый признак, указывающий

на возможное нахождение алмазоносных кимберлитов [1, 17–24]. В результате обнаружения многочисленных трубчатых тел и силлов в Зимнебережном районе открыта первая на ВЕП Архангельская алмазоносная провинция (ААП), разделённая на пять кимберлитовых полей: Золотицкое, Верхотинское, Кепинское, Мельское и Полтозерское.

Кимберлитовые трубки взрыва на севере ВЕП прорывают [5–6, 10–11, 22] нерасчленённые рифейские отложения и породы верхнего венда (валдайская серия) в объеме (снизу вверх) тамбуканских, лямбуканских, вайцицких, сюзьминских, верховских, архангельских и зимнегорских слоёв, объединяемых в усть-пинежскую свиту или редкинский горизонт. Выше залегают отложения ергинских и мельских слоёв, составляющих мезенскую свиту, перекрываемую породами золотицких и товских слоёв, образующих падунскую

свиту. Две последние свиты объединяются в котлинский горизонт. Жерловые (кратерные) фации кимберлитовых диатрем в пределах рассматриваемой территории перекрываются отложениями урзугской свиты среднего карбона. Залегают рифейские отложения на выветрелой или частично размытой поверхности гетерогенного по составу и строению кристаллического фундамента. Отдельные блоки его сложены гранитами или гнейсами. Граниты представлены мелкокристаллическими биотитовыми разностями светло-серого цвета. Среди гнейсов распространены биотитовые и амфибол-биотитовые разновидности, включающие прослойки темно-зелёных амфиболитов и амфиболовых сланцев. Изученная часть рифейских отложений по разрезу скважины 1000, пробуренной в районе трубки Ломоносовская, представлена [10, 22] пестроцветной толщей терригенных пород, состоящей из тонкого переслаивания аргиллитов и алевролитов, а также мелко- и среднезернистых песчаников. Мощность отдельных прослоев составляет 0,5–7,0 см. Аргиллиты характеризуются красновато-коричневой, реже серой и зеленовато-серой окраской, а песчаники – розовой, красновато-оранжевой, иногда светло-зеленой, светло-оранжевой и почти белой. По составу песчаники кварцевые олигомиктовые и полевошпатово-кварцевые [10].

На размытой поверхности рифея залегают отложения тамизких слоев венда [4–6], средней их мощности 25–30 м, состоящими из пестроцветных плохо отсортированных грубозернистых песчаников с гравелитами и мелкогалечниковыми конгломератами в основании. *Лямецкие* слои (до 110 м) представлены преимущественно красновато-фиолетовыми аргиллитами с подчиненным развитием зеленовато-серых разностей. *Архангельские* (до 81 м) и *верховские* (до 70 м) слои состоят из тонкого переслаивания зеленоватых аргиллитов и глинистых алевролитов с прослоями зеленовато-серых песчаников. *Сюзьминские* слои (до 76 м) представле-

ны переслаиванием зеленовато-серых, серых, реже коричневатых аргиллитов и алевролитов, а в верхней части разреза и песчаников. *Вайзицкие* слои (до 29 м) по литологическим особенностям аналогичны лямецким и верховским, отличаясь от них лишь тем, что в вайзицких слоях зеленоцветные породы содержатся не только в верхней, но и в нижней части разреза. В разрезе *зимнегорских* слоёв (до 83 м), завершающих зеленоцветную часть отложений вендского комплекса, при сохранении преобладающей роли аргиллитов все большее значение приобретают прослойки песчаников и алевролитов мощностью до 15–20 м. *Ергинские* слои (до 121 м) сложены пестроцветными аргиллитами, алевролитами и песчаниками, причём алевро-песчаные породы преобладают в верхней части разреза. *Мельские* слои (до 113 м) представлены преимущественно аргиллитами с прослоями алевролитов и песчаников. Эти отложения характеризуются появлением и последовательным увеличением доли красноцветных пород, особенно в верхней части разрезов. В разрезе *золотицких* слоёв (до 195 м) преобладают алевролиты и песчаники, причём возрастание роли последних происходит за счет увеличения мощности их пачек с 3 до 25 м. Алевролиты и аргиллиты приурочены к нижней части разреза. В базальной части слоёв (мощность 0,1–0,3 м) серовато-вишневые с сиреневым оттенком песчаники содержат не повсеместно фиксируемые прослойки гравелитов и мелкогалечных конгломератов, в которых присутствуют окатыши красноцветных аргиллитов. *Товские* слои характеризуются преимущественно песчаным типом отложений, которые, в отличие от песчаников вишневого цвета в подстилающих слоях, имеют более светлую окраску (желтую, зеленовато-бурую и красновато-серую).

На различных частях размытой поверхности вендских отложений залегают (верховье р. Белая) коричневато-розовые аргиллиты и песчаники, иногда с прослоями гравелитов, относящиеся к нижней

приконтактной пачке *урзугской* свиты среднего карбона. Породами урзугской свиты перекрыт ряд кимберлитовых трубок района, а также многие диатремы, выполненные родственными породами – пикритами, мелилитами и др. Большая часть разреза урзугской свиты сложена оранжевыми и зеленовато-желто-оранжевыми слабо литифицированными песчаниками с прослоями как более плотных розовых разностей их, так и карбонатных пород. Глинистые минералы рифейских отложений, судя по присутствию на рентген-дифрактометрических кривых исходных образцов интенсивной серии рефлексов, кратных 1,0 нм, которые не изменяются ни после насыщения образцов этилен-гликолем или глицерином, ни после прокаливания препаратов до 600 °С, представлены в основном гидрослюдой. Наряду с указанной серией отражений на дифрактограммах отмечаются также более слабые рефлексы, кратные 1,42 нм, которые не изменяются при насыщении глицерином, но исчезают, за исключением первого (с некоторым увеличением его интенсивности, но уменьшением значения межплоскостного расстояния), после прокаливания до 600 °С. Такой характер дифракционной картины и её изменение при различных обработках исходного материала указывает, что в ассоциации с гидрослюдой в виде подчиненной примеси содержится хлорит. В свою очередь, некоторая асимметрия 1,0 нм рефлексов указывает, что гидрослюда повсеместно ассоциирует с монтмориллонит-гидрослюдистой смешанослойной фазой, содержащей лишь около 20–25 % разбухающих слоёв, с которыми с тенденцией к упорядоченности чередуются преобладающие неразбухающие слои [7–11].

В грубозернистых отложениях *тамицких* слоев, накопившихся в основном за счёт размыва и переотложения коры выветривания, сформировавшейся на породах рифея во время предвандского континентального перерыва, судя по наличию на дифрактометрических кривых исходных образцов наряду со слабыми рефлексами

гидрослюды серии значительно более интенсивных отражений, кратных 0,714 нм, которое не изменяется при насыщении образцов глицерином и исчезает при прокаливании до 600 °С, среди глинистых минералов преобладает каолинит (иногда в смеси с хлоритом). Вышележащие аргиллиты *лямицких* и *зимнегорских* слоёв характеризуются близкой к рифейским породам ассоциацией глинистых минералов. Однако в залегающих между лямицкими и зимнегорскими слоями *архангельских*, *верховских*, *сюзьминских* и *вайзицких* слоёв в целом существенно повышается содержание разбухающих компонентов в структуре монтмориллонит-гидрослюдистого смешанослойного образования. Это отражается на дифрактограммах исходного образца по появлению рефлекса со значением около 1,06 нм с весьма интенсивным повышением фона на плече указанного рефлекса со стороны малых углов  $\theta$ . После насыщения образцов глицерином вместо отражения 1,06 нм фиксируется рефлекс со значением 0,980 нм, снижается указанный уровень фона и появляется слабое отражение со значением около 1,4 нм (на левом плече отражения 1,42 нм). Уменьшается до 1,02 нм значение рефлекса 1,06 нм также после прокаливания исходных образцов. В ассоциации с указанной выше смешанослойной фазой в этой части разреза присутствует также хлорит. Кроме того, в лямицких, верховских и вайзицких слоях среди преобладающих в их разрезе красноцветных аргиллитов отмечаются также прослойки мощностью от 0,5 до 1–2 см осветленных желтовато-серых и бледно-розовых пепловых туфов. В таких прослойках, судя по наличию на дифрактометрических кривых исходных образцов отражения со значением около 1,18 нм, которое при насыщении образцов глицерином увеличивается до 1,787 нм, а после прокаливания уменьшается до 1,01 нм, содержится Намонтмориллонит. В некоторых прослоях с ним ассоциирует небольшая примесь каолинита. В перекрывающих зимнегорские ергинских слоях сохраняется анало-

гичная с первыми хлорит-гидрослюдистая ассоциация глинистых минералов. В отдельных прослоях мельских слоев в этой ассоциации присутствует также примесь каолинита. Золотицкие слои характеризуются наряду с развитием гидрослюды последовательным увеличением в них содержания каолинита и снижением примеси хлорита, который в верхних частях слоёв полностью исчезает.

В отложениях базальных слоёв урзугской свиты вместе с гидрослюдой и каолинитом появляется монтмориллонит. В вышележащих песчаниках в нижней части разрезов присутствует преимущественно монтмориллонит. В верхней части этих пород отмечаются гидрослюдистые прослойки и реже пропластки, содержащие, кроме того, монтмориллонит. Завершающие разрез урзугской свиты слаболитифицированные песчаники включают прослойки и пропластки, в которых развита либо гидрослюда, либо гидрослюда и монтмориллонит. При этом высокий фон между рефлексами гидрослюды и монтмориллонита указывает также на примесь монтмориллонит-гидрослюдистого смешанослойного образования с содержанием более 40 % разбухающих слоёв, с которыми неупорядоченно чередуются подчиненные неразбухающие [8–10].

Фрагменты перечисленных выше рифей-вендских отложений, включая содержащиеся в них глинистые и слоистые минералы, в переменном количестве присутствуют и в кимберлитовых образованиях рассматриваемой провинции. При этом их распределение в вертикальном разрезе трубок и слагающих их типов и разностей пород подчиняется определённым закономерностям [8]. Так, почти все изученные тела сложены несколькими разновидностями кимберлитовых пород, пространственное положение которых во многом определяется последовательностью их образования. Породы наиболее ранних фаз кимберлитового вулканизма (ксенотуфобрекчий) приурочены [8, 18–19, 22–24] к периферийным и верхним частям диатрем. Автолитовые брекчии образу-

ют “рудные столбы” в центральных частях трубок. С ксенотуфобрекчиями они связаны постепенными переходами посредством туфобрекчий. В верхних горизонтах некоторых трубок в зоне раструба залегают вулканогенно-осадочные породы в виде горизонтальных слоёв, которые постепенно переходят в ксенотуфобрекчии и туфобрекчии через туфы и туффины. Эта вулканогенно-осадочная толща сложена [18, 23] преимущественно песчаниками коричневатого-красного цвета разной степени литификации. Обломочный материал представлен в ней остроугольными, слабо литифицированными обломками пород песчано-алевритового типа, а также зернами кварца и полевых шпатов. Для туфогенной толщи характерно значительное количество кристаллокластов псевдоморфоз голубовато-зеленого цвета, контрастно выделяющихся на фиолетовом фоне связующей массы. Туффины содержат в значительном количестве кристаллокласты, нередко в них наблюдается четкая горизонтальная слоистость гравитационного типа. Кимберлитовая ксенотуфобрекчия представляет собой породу литокристаллокластической структуры и брекчиевой текстуры, содержащую в виде обломков кимберлитовый (автолиты и псевдоморфозы по оливину) и ксеногенный (вмещающие породы венда, рифея и кристаллического фундамента, в том числе и зерна кварца) материал. Связующую массу брекчии образуют тонкообломочный, иногда метасоматически переработанный агрегат вторичных минералов.

Автолитовая (эруптивная) кимберлитовая брекчия также имеет кристаллическую структуру и брекчиевую текстуру. Обломочный материал в ней представлен автолитами, псевдоморфозами по оливину, ксенолитами вмещающих пород и редкими обломками пород кристаллического фундамента. Связующая масса брекчии сложена агрегатом вторичных минералов метасоматического происхождения с реликтами первичного магматического цемента. В отличие от этого, порфиновый кимберлит – порода эффузивного облика,

порфировой структуры и массивной текстуры, содержащая псевдоморфозы вторичных минералов по оливину и флогопиту. Основная масса породы в рассматриваемых кимберлитах апостекловатая, сильно измененная вторичными процессами. Характерной особенностью рассматриваемых кимберлитов является высокое содержание в них ксеногенного материала (обломков вмещающих пород и зерен кварца). Его количество в разных типах пород переменчиво: в вулканогенно-осадочных образованиях от 90 до 100 % объема, в ксенотуфобрекчиях – 10–20 %, а в отдельных участках до 40–45 %. Кварц в кимберлитовой туфобрекчии содержится в переменном количестве – от 2 до 20–27 % объема породы, где он представлен изометричными преимущественно угловатыми зернами размером 0,1–0,3 мм. Главной особенностью вещественного состава автолитовых брекчий является устойчиво высокое содержание кимберлитового материала и пониженное – ксеногенного; количество автолитов в брекчии составляет 35–45 %. Содержание ксеногенного материала в автолитах значительно ниже, чем в цементирующей массе, тем не менее и в них довольно часто встречаются зерна кварца, микроклина, мелкие обломки аргиллитов и фрагменты кристаллических пород фундамента.

В кимберлитовых телах ВЕП широко развит [5–14] сапонит ( $b=0,917\text{--}0,919$  нм), в повышенных количествах присутствует тальк, часто гидратированный ( $b=0,921$  нм); встречается также серпентин ( $b=0,922\text{--}0,928$  нм) и кальцит. Согласно полученным данным [5–6, 8–10], сапонит образует две характерные формы макровыделений: удлиненно-пластинчатую, приуроченную к псевдоморфозам по оливину, и мелкочешуйчатую, слагающую значительную часть основной массы породы. Взаимоотношения сапонита с серпентином имеют разный характер. Так, отмечено развитие сапонита по предварительно серпентинизированной породе (реликты серпентина сохраняются внутри агрегатов сапонита). Большая же

часть сапонита образовалась непосредственно по первичным компонентам кимберлитов: оливину, основной массе и другим составляющим брекчии, как, например, ксенозернам кварца, полевых шпатов, обломкам кварцитов, песчаников и гнейсов. При этом сапонит распространен в широком интервале глубин – от поверхности до 700 м и более.

Изменение глинистых минералов по разрезу изученных рифей-среднекаменноугольных отложений определяется [6, 8–10] в основном тремя факторами. Первый отражает природу и степень преобразования аллотигенного материала. Второй фактор определяет наложенное на него влияние гидрогеохимического характера бассейна осадконакопления. Третий – связан со степенью постседиментационного преобразования осадков. В целом ассоциации глинистых минералов в наиболее древних – рифейских отложениях, залегающих на породах фундамента, по аналогии с синхронными породами юга Сибирской платформы [8–11], непосредственно связаны с петрохимической неоднородностью слагающих фундамент пород. В частности, рифейские отложения, содержащие гидрослуду с примесью хлорита, связаны с денудацией блоков фундамента, сложенного гнейсами. Особенно четко эта зависимость накапливающихся ассоциаций глинистых минералов от природы фундамента проявляется в базальных слоях осадочного чехла земной коры [15, 16] при условии накопления осадков на начальных стадиях развития трансгрессирующего бассейна, т. е. в условиях весьма мелководных и опресненных его частей. В таких случаях размыв гранитных блоков исключал возможность постседиментационного (или диагенетического) образования в захороняющихся осадках хлорита, являющегося, как известно [8–10], наряду с бартьеринном, одним из наиболее ранних минералов слоистого типа. Однако в процессе расширения морской трансгрессии и возникновения нормального морского режима осадконакопления за счёт последовательного изменения характерной для

верхнего слоя осадка окислительной обстановки на восстановительную (по мере его перекрытия) происходит обогащение ассоциации глинистых минералов аутигенным хлоритом.

Довендское время характеризуется континентальным перерывом и развитием на рифейских отложениях коры выветривания [2, 8, 24]. Накопление осадков редкинского и котлинского комплексов связано с широкой морской трансгрессией, охватившей в венде значительную часть ВЕП. Поэтому появление в низах редкинского грабена, каолинита обусловлено размытием сформировавшихся на породах рифея элювиальных продуктов. При этом следует заметить, что, например, в отложениях Московского грабена отмечается повышенное, по сравнению с Зимнебережным кимберлитовым полем, содержание данного минерала, что указывает на более удаленное в данном случае расположение главного источника, в пределах которого выветривались преимущественно кислые породы [8, 10, 24]. В свою очередь, увеличение в породах ряда выделяемых стратиграфических толщ разбухающих слоёв в структуре монтмориллонит-гидрослюдистого смешанослойного образования, а в лямичских, верхорских и вайзицких слоях присутствие даже собственно монтмориллонита объясняется поступлением в бассейн осадконакопления в соответствующие отрезки времени наряду с элювиальным материалом также продуктов взрывного вулканизма. Если этот материал привносился в виде рассеянной взвеси, то по мере перекрытия содержащих его прослоев мощными толщами вышележащих осадков и погружения их в зону высоких давлений и особенно температур он преобразовывался в унаследованной от морского бассейна богатой калием среде в монтмориллонит-гидрослюдистую смешанослойную фазу. Повышенное содержание разбухающих пакетов в структуре этого образования по сравнению с вмещающими породами, содержащими аналогичную фазу, связанную с трансформационной аградацией продук-

тов деградации триоктаэдрических слюд и диоктаэдризации остаточного материала, обусловлено более низким межслоевым зарядом монтмориллонита, первично возникающего в бассейне с щелочным характером среды по тефроидному материалу. Благодаря этому на последующих за осадконакоплением стадиях постседиментационного преобразования осадков калий на одних и тех же этапах литогенеза фиксируется в структуре монтмориллонита в меньшей степени, чем деградированными слюдами. Последние вследствие сохранения ими в процессе деградации высокого заряда слоёв, т. е. присутствующей им так называемой “структурной памяти” [10, 11], с большей скоростью адсорбируют калий при повышении термобарических параметров среды. Соответственно в периоды значительного поступления в бассейн туфогенного материала и накопления его в виде однородных прослоев образующийся по нему высокодисперсный монтмориллонит ( $b = 0,898$  нм) из-за слабой проницаемости слагаемых им прослоев ещё меньше преобразуется в дальнейшем на различных этапах катагенеза, вплоть до полной сохранности этого минерала в средних частях указанных прослоев. Содержание калия уменьшается в таких прослоях от кровли и подошвы к центральной их части по мере интенсификации поступления в бассейн туфогенного материала и утилизации резерва калия в системе осадконакопления. Указанный выше различный механизм фиксации этого элемента деградированными слюдами и монтмориллонитом позволяет по аномально высокому содержанию разбухающих слоёв в продуктах аградации последнего выделять такие образования в виде “маркеров” [10–14]. Появление каолинита в верхней части мельских слоев и особенно резкое увеличение его с одновременным исчезновением хлорита в золотичских слоях, как и на границе рифея и венда, связано с перерывом (хотя и менее продолжительным) в осадконакоплении. Аналогично этому по наличию каолинита в низах урзугской свиты фиксируется

весьма длительный перерыв в осадконакоплении – от кембрия до карбона включительно. Одновременно сохранность в докембрийских отложениях каолинита и присутствие разбухающих слоёв в основной массе монтмориллонит-гидрослюдистых смешанослойных образований (за исключением связанных с аградацией монтмориллонита туфогенного происхождения) в количестве менее 40 % показывает, что по степени постседиментационного преобразования эти отложения соответствуют ранним этапам катагенеза [10].

Рифей-вендским отложениям свойственна хлорит-гидрослюдистая ассоциация, в которой гидрослюда представлена смесью четко идентифицированных политипных модификаций  $1M$  и  $2M_1$  ( $2M_1 > 1M$ ), т. е. имеет мусковитовую природу. В отличие от этого в среднекаменноугольных отложениях данная ассоциация сменяется монтмориллонитовой, гидрослюдистой или смешанной, причём гидрослюда в них характеризуется меньшей глиноземистостью, что указывает на резкую смену в этом случае как источников сноса, так и гидрогеохимических условий среды осадконакопления. Это подчеркивается, в частности, различием ассоциаций минералов тяжелой фракции как в отложениях нижней и верхней частей урзугской свиты, отличающиеся некоторыми особенностями содержащихся в них глинистых минералов, так и в целом в породах рифея и венда. Для отложений нижней пачки урзугской свиты типоморфными минералами являются дистен, ставролит, циркон с примесью граната, титанистого хромшпинелида и зерен рудных минералов. В породах верхней пачки преобладающими минералами рассматриваемой фракции становятся ильменит, лейкоксен, коллофан, турмалин и циркон с примесью эпидота и амфибола. В свою очередь, в венде главными минералами являются ильменит, турмалин и циркон с примесью рутила, граната и амфибола. Поэтому формирование минеральных ассоциаций урзуг-

ской свиты происходило не только в результате размыва местных источников, сложенных продуктами выветривания на породах вендского комплекса, но и за счёт поступления минерала из более удаленных участков суши. Так, источниками ставролита и дистена могли являться продукты размыва высокометаморфизованных пород Кольского полуострова, а ильменита, эпидота и амфиболов – элювий базитовых и ультрабазитовых тел Ветреного пояса Балтийского щита [6, 10, 23]. Одновременно с этим среднекаменноугольные отложения характеризуются более слабыми постседиментационными преобразованиями, что доказывается как слабой связностью песчаных образований, так и широким развитием в породах монтмориллонита. Указанный выше комплекс глинистых минералов в отложениях урзугской свиты также свидетельствует, что накопление осадков в соответствующую ей эпоху происходило за счёт продуктов слабого гипергенного изменения основных пород Балтийского щита. Вследствие колебательных движений в областях денудации минеральное преобразование первично содержащихся в исходных породах триоктаэдрических слюд, присутствующих в породах основных источников сноса, подчеркивается значительным увеличением соотношения интенсивностей межплоскостных расстояний со значениями 1,0 и 0,5 нм в возникающих в результате их изменения при переотложении гипергенных продуктов. Практически полное отсутствие в отложениях урзугской свиты хлорита указывает, что накопления осадков в соответствующее этой свите время происходило в определённом бассейне седиментации. Соответственно наблюдающееся в кимберлитовых телах образование сапонита связано с воздействием на первичные минералы кимберлитов постмагматических растворов, характеризующихся повышенной кислотностью [8–10].

Проведённые исследования пород кимберлитов, вмещающих и перекрывающих их, позволяют утверждать, что:

а) Преобладающими минералами рифей-вендских отложений являются кварц, полевые шпаты, гидрослюда, ассоциирующая с монтмориллонит-гидрослюдистыми смешанослойными образованиями, а также хлорит и каолинит, что объясняется высоким содержанием  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{K}_2\text{O}$ .

б) Кимберлитовые трубки выполнены туффитами, туфами, ксенотуфобрекчиями, автолитовыми брекчиями и порфиоровыми разностями кимберлитов. Главными компонентами кимберлитовых пород являются зерна кварца и полевых шпатов, ксенолиты аргиллитов, алевролитов, песчаников и псевдоморфозы ряда вторичных минералов по оливину. Среди вторичных фаз доминируют сапонит, тальк и серпентин, что выражается в повышенном содержании  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и низком  $\text{CaO}$  и  $\text{CO}_2$ .

в) Породы урзугской свиты сложены в основном аргиллитами и кварцевыми песчаниками, в которых глинистые минералы представлены гидрослюдой и монтмориллонитом с небольшой примесью хлорита.

Источником повышенного содержания в кимберлитах ВЕП  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  служит терригенная примесь вмещающих пород венда. Образование сапонита, вместо обычного для кимберлитов Сибирской платформы серпентина [12–14], осуществлялось путем воздействия кислых постагматических растворов на первичные минералы и основную массу кимберлитов (оливин и др.). Повышенное содержание  $\text{SiO}_2$  в гидротермальных растворах кимберлитов обусловлено поступлением его из ассимилированного ими терригенного материала вмещающих пород. Установленные особенности кимберлитов севера Восточно-Европейской платформы убедительно подтверждают сделанный нами [10–14] вывод об определенном воздействии вмещающей среды на содержание в кимберлитах подвижных компонентов, а также на природу развивающейся в них вторичной минерализации. При этом следует подчеркнуть, что

некоторые продукты вторичной минерализации в рассмотренных кимберлитах имеют важное поисковое значение [5–6, 10–14]. Как показали приведенные выше данные, ни во вмещающих породах рифея и венда, ни в перекрывающих отложениях урзугской свиты в ассоциациях глинистых минералов присутствие сапонита, представляющего собой главный породообразующий минерал кимберлитов ВЕП, не отмечается. Следовательно, идентификацию сапонита в перекрывающих кимберлиты отложениях урзугской свиты, ледниковых и других четвертичных образованиях следует рассматривать как прямое указание на участие в их формировании продуктов размыва и переотложения кимберлитов. Поскольку сапонит относится к малоустойчивым минералам, он может сохраняться только в ореолах ближнего переноса при быстром захоронении в условиях закрытой системы. Поэтому его обнаружение служит убедительным доказательством близкого расположения кимберлитов, что характерно только для Восточно-Европейской платформы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андросов Е. А., Вержак В. В., Ларченко В. А., Минченко Г. В. О структурном контроле размещения кимберлитовых тел (на примере Архангельской алмазодобывающей провинции)//Геология алмазов – настоящее и будущее. Воронеж: изд-во ВГУ, 2005. С. 31–43.
2. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Похиленко Н. П. Поисковая минералогия алмаза. Новосибирск: Гео, 2010. 650 с.
3. Благулькина В. А., Ровша В. С., Сарсадских Н. Н. К минералогии связующей массы кимберлита//Записки ВМО. 1965. Ч. 94. Вып. 1. С. 471–476.
4. Гриб В. В., Станковский А. Ф., Веричев Е. М. и др. Первая находка среднекарбонной эруптивной брекчии на севере Русской платформы//Груды ЦНИГРИ. 1981. Вып. 15. С. 112–113.
5. Жердев П. Ю., Колодько А. А., Кисель С. И. и др. Состав и распределение минералов группы серпентинов, смектитов и вулканогенных пород некоторых трубчатых тел Восточно-Европейской платформы//Проблемы кимберлитового магматизма. Новосибирск: Наука, 1989. С. 153–164.

6. Жердев П. Ю., Левин В. И., Кисель С. И., Колодько А. А. О некоторых типоморфных особенностях и распределении группы глинистых минералов в породах древних вулканических аппаратов Юго-Восточного Беломорья//Геология и полезные ископаемые Севера Русской платформы. М.: Наука, 1987. С. 122–136.

7. Зинчук Н. Н. Распределение вторичных минералов в кимберлитовых породах Якутии//Изв. АН СССР. Сер. геологич. 1990. № 5. С. 70–83.

8. Зинчук Н. Н. Сравнительная характеристика вещественного состава коры выветривания кимберлитовых пород Сибирской и Восточно-Европейской платформы//Геология и геофизика. 1992. № 7. С. 99–109.

9. Зинчук Н. Н. Влияние вторичных минералов на облик и состав кимберлитовых пород//Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 12. С. 1704–1715.

10. Зинчук Н. Н. Постмагматические минералы кимберлитов. М.: Недра, 2000. 538 с.

11. Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д., Борис Е. И. Древние коры выветривания и поиски алмазных месторождений. М.: Недра, 1983. 196 с.

12. Зинчук Н. Н., Мельник Ю. М. Серпентины из кимберлитов//Бюлл. МОИП. Отдел геологич. 1998. Т. 73. Вып. 3. С. 56–68.

13. Зинчук Н. Н., Мельник Ю. М., Серенко В. П. Апокимберлитовые породы//Геология и геофизика. 1987. № 10. С. 66–72.

14. Зинчук Н. Н., Харьков А. Д., Мельник Ю. М., Мовчан Н. П. Вторичные минералы кимберлитов. Киев: Наукова думка. 282 с.

15. Илупин И. П., Лутц Б. Г. Химический состав кимберлитов и вопросы происхождения кимберлитовой магмы//Сов. геология. 1971. № 6. С. 61–73.

16. Малов А. И. Алмазоносные кимберлиты Восточно-Европейской платформы: осо-

бенности формирования и локализации//Сб.: Геология алмазов – настоящее и будущее. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. С. 515–527.

17. Милашев В. А. Кимберлитовые провинции. Л.: Недра, 1974. 218 с.

18. Саблуков С. М. Новые данные о поверхностных формах проявления кимберлитового вулканизма//Докл. АН СССР. 1985. Т. 282. № 5. С. 1223–1226.

19. Силицын А. В., Дауев Ю. М., Гриб В. П. Структурное положение и продуктивность кимберлитов Архангельской провинции//Геология и геофизика. 1992. № 10. С. 74–83.

20. Соболев Н. В. Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии //Тр. ИГ и Г СО АН СССР. Новосибирск: Наука, 1971. 264 с.

21. Соболев Н. В., Похиленко Н. П., Гриб В. П. и др. Особенности состава и условия образования глубинных минералов в трубках взрыва Онежского полуострова и кимберлитах Зимнего Берега Архангельской области//Геология и геофизика. 1992. № 10. С. 84–93.

22. Станковский А. Ф., Веричев Е. М., Гриб В. П. и др. Новый тип магматизма в венде севера Русской платформы//Докл. АН СССР. 1979. Т. 247. № 6. С. 1456–1460.

23. Францессон Е. В., Левин В. И., Розова Е. В., Жердев П. Ю. Минералого-петрохимические особенности кратерных отложений двух кимберлитовых трубок. Методы прогноза и поисков месторождений алмазов различных генетических типов//Груды ЦНИГРИ. М., 1987. Вып. 218. С. 27–37.

24. Шумлянский В. А., Квасница В. Н. Платформенный магматизм и алмазоносность юго-запада Восточно-Европейской платформы//Изв. РАН. Сер. геол. 1992. № 2. С. 17–26.

Рукопис отримано 14.02.2014.

**М. М. Зінчук**

## **ОСОБЛИВОСТІ ПОСТМАГМАТИЧНОГО ЗМІНЕННЯ КІМБЕРЛІТІВ СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ**

Наведені результати комплексного дослідження кимберлітів, умісних порід і порід, які перекривають їх, на Східноєвропейській платформі. Особливу увагу приділено вивченню трубчастих тіл Зимнобережного району Архангельської алмазоносної провінції. Показано, що джерелом підвищеного вмісту в кимберлітах Східноєвропейської платформи  $\text{SiO}_2$  та  $\text{Al}_2\text{O}_3$  є асимільована теригенна домішка порід венду. Утворення сапоніту, замість звичайного для кимберлітів Сибірської платформи серпентину, здійснювалось шляхом впли-

ву кислих магматичних розчинів на первинні мінерали та основну масу порід. Визначені особливості речовинного складу кімберлітів і вмінних порід є визначальними для вторинних мінералів, які розвиваються в трубках.

**Ключові слова:** Східноєвропейська платформа, Архангельська алмазонасна провінція, кімберліти, постмагматичні процеси, глинисті мінерали.

**N. N. Zinchuk**

### **SPECIFIC FEATURES OF POSTMAGMATIC ALTERATIONS OF EAST-EUROPEAN PLATFORM KIMBERLITES**

*Results of complex investigation of kimberlites, hosting and overlapping rocks of East-European platform (EEP) are provided. Special attention is paid to studying pipe bodies of Zimniberezhny region of Arkhangelsk diamondiferous province (ADP). It is shown that assimilated terrigenous admixture of Vendian rocks serves as the source of increased content of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in kimberlites of EEP. Formation of saponite, instead of common for kimberlites of the Siberian platform serpentine, took place by way of action of acid magmatic solutions on primary minerals and basic mass of rocks. The established specific features of material composition of kimberlites and their hosting rocks are defining ones on the developing secondary minerals in pipes.*

**Keywords:** East-European platform, Arkhangelsk diamondiferous province, kimberlites, post-magmatic processes, argillaceous minerals.

**А. А. Калашник**, д-р геол. наук, главный геофизик ГРЭ-37 КП “Кировгеология”

## **НОВЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭНДОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА УКРАИНСКОГО ЩИТА**

*Представлены результаты проведенных исследований новых закономерностей размещения промышленных эндогенных месторождений урана Украинского щита в тесной связи с особенностями глубинного строения литосферы и ее составных частей на основе использования модели первичного концентрирования урановородных компонентов в астеносфере. Это позволило в значительной мере по-новому подойти к прогнозированию возможности формирования объектов промышленного эндогенного уранового оруденения в различной геологической обстановке.*

**Ключевые слова:** эндогенные промышленные месторождения урана, мантийные рудогенные компоненты, ураноносные мантийные флюиды.

### **Общая постановка проблемы и связь с практическими заданиями**

Выявление новых закономерностей размещения и особенностей формирования промышленных, в первую очередь крупных по запасам промышленных месторождений рудных полезных ископаемых в тесной связи с особенностями глубинного строения литосферы, обусловливающих РТ-условия инициального масштабного концентрирования рудогенных компонентов в мантии с последующим формированием промышленных рудных концентраций в верхних частях земной коры из мантийных рудогенных компонентов и их использование при прогнозе и поисках представляет собой новое чрезвычайно перспективное и динамично развивающееся направление развития геологической науки. Появление новых научных сведений, уточняющих геологические предпосылки возникновения месторождений различных рудноформационных типов, использование идеи о главенствующей роли мантийного источника рудогенных компонентов

при их формировании заставляют пересматривать многие укоренившиеся представления и развивать новые подходы к решению практических задач не только прогноза потенциально рудоносных площадей, но и обоснованной оценки вероятности выявления в их пределах тех или иных крупных по запасам месторождений полезных ископаемых. Месторождения редких и радиоактивных металлов в этой связи заслуживают особого внимания, поскольку представляют собой минерально-сырьевые ресурсы будущего. За последние годы произошли заметные изменения в контроле ведущими странами мира за сырьевыми ресурсами редких элементов, что вполне объяснимо. Достаточно упомянуть, что экономическим показателем развития стран среди прочих критериев являются объемы производства и потребления редких и радиоактивных элементов, которые используются во многих высокотехнологических процессах. Национальная, энергетическая и экономическая безопасность Украины зависит от наращивания запасов и использования страте-

гически важных полезных ископаемых, к которым относится и уран, использование которого для потребностей отечественной атомной энергетики создает действенную альтернативу углеводородному сырью. Прогноз и поиски *промышленных месторождений* редких и радиоактивных металлов, включая уран, отличаются рядом специфических особенностей, связанных в первую очередь с минералого-геохимическими свойствами этих элементов, определяемыми их принадлежностью к литофильным элементам с большим ионным радиусом, переменной валентностью урана и его высокой миграционной способностью при определенных РТ-условиях. Все это обуславливает формирование широкой гаммы природных типов редкометалльных и урановых месторождений, специфические условия их проявления и сложность их обнаружения. Достаточно отметить, что в течение 2004–2008 гг. в мире на геологоразведочные работы на уран было израсходовано 3,2 млрд долларов. В 2008 году около 900 компаний вели геологоразведочные работы на 3 000 перспективных объектах [12]. Несмотря на это, не было открыто ни одного богатого или крупного месторождения урана. Природные типы урановых месторождений достаточно разнообразны, однако лишь отдельные из них играют значительную роль в общем балансе запасов, в объеме добычи урановых руд и успешно используются промышленностью. Выявление новых особенностей формирования крупных по запасам эндогенных месторождений урана Украинского щита (УЩ) на основе использования новой концепции мантийного источника рудогенных компонентов может стать основой для смены технологии прогноза и поиска промышленных типов месторождений урана и в других регионах планеты. Для успешного решения этой проблемы необходимо усовершенствование методики прогноза и поиска промышленных месторождений урана, наработка новых эффективных критериев, отражающих специфику формирования промышленного оруденения

на основе использования современных представлений о металлогении урана с позиции глубинных факторов рудогенеза и способствующих эффективному проведению геологоразведочных работ.

### **Обзор публикаций и нерешенные части общей проблемы**

Основой прогнозирования месторождений являются существующие представления о генетических моделях рудообразования и о закономерностях размещения месторождений во времени и пространстве. Господствующие ныне генетические концепции формирования эндогенных месторождений урана (постмагматическая, метаморфогенная), опираются на анализ процессов уранового рудообразования, происходивших лишь в земной коре. Считается, что главным и непосредственным источником урана эндогенных промышленных месторождений УЩ служили породы кристаллического фундамента, и мобилизация урана происходила, в основном, в пределах гранитогнейсового слоя [3]. При использовании метаморфогенной гипотезы уранового рудообразования региональным прогнозно-поисковым критерием является развитие метаморфических пород амфиболитовой фации, особенно тех, которые содержат повышенные концентрации урана. В соответствии с гипотезой постмагматического уранового рудообразования главным региональным прогнозно-поисковым критерием уранового рудообразования являются области развития полей и крупных массивов палеопротерозойских ультраметаморфических гранитоидов [3]. Поскольку метаморфические породы амфиболитовой фации занимают порядка 60 % площади УЩ, такую же по размерам площадь занимают и гранитоиды, это делает использование разработанных в соответствии с метаморфогенной и постмагматической гипотезами региональных прогнозно-поисковых критериев не эффективным. В ходе проведения КП “Кировгеология” специализированных на уран работ на территории УЩ был выявлен ряд гео-

логических фактов, которые не могут быть удовлетворительно объяснены с позиций корового источника рудогенных компонентов и свидетельствуют о явном противоречии с упомянутыми гипотезами генезиса урановорудных альбититов. В частности, промышленное оруденение в карбонатно-натриевых метасоматитах размещается среди пород, характеризующихся как региональным привносом, так и выносом урана (коэффициент миграции 0,8–1,1) (В. А. Анисимов, материалы КП “Кировгеология”). При этом не имеет значения уровень содержания урана в гранитизированных породах. Среди метаморфических, ультраметаморфических и магматических пород Кировоградского рудного района нет разностей, одновременно обогащенных ураном и натрием. Породы с повышенным содержанием натрия обычно имеют более низкие концентрации урана (А. В. Кузьмин, материалы КП “Кировгеология”) и другие факты. Это подчеркивает автономность процесса уранового рудообразования данной формации, формирование которого невозможно объяснить за счет урана из вмещающих оруденение структурно-вещественных комплексов земной коры. До последнего времени основным доводом против подкорового источника урана считалось весьма низкое его содержание в ультраосновных и основных породах. В то же время, подтверждением важной роли глубинных факторов в формировании промышленных месторождений урана стало выявление в процессе проведения геологоразведочных работ ГРЭ № 37 КП “Кировгеология” в Лелековском урановорудном поле Кировоградского рудного района кимберлитопроявлений с высоким (до 18–20 г/т [18]) содержанием урана, что свидетельствовало о существовании в мантии участков, где генерация кимберлитовых расплавов сопровождалась концентрацией урана с содержанием в десятки раз превышающих фоновые. Кировоградский рудный район характеризуется наличием густой сетки даек, представленных, в частности, глубинными субще-

лочными титан-авгитовыми габброидами (камптонитами, вогезитами, одинитами), которые также характеризуются повышенными содержаниями урана [18].

В последние годы развиваются представления о значительной роли верхней мантии в поставке рудных компонентов различной металлогенической специализации в составе мантийных флюидов в процессе формирования месторождений (В. А. Крупенников [8], Ф. А. Летников [9] и др.), что позволило выдвинуть и развить ряд концептуально новых идей относительно моделирования механизмов перехода металлов из состояния первичного общепланетарного рассеяния к концентрированному состоянию в рудных месторождениях (И. И. Абрамович [1]). Мантийно-флюидная модель уранового рудообразования, выдвинутая В. А. Крупенниковым [8] и основанная на связи пространственно разобщенных, но генетически родственных щелочного магматизма и ураноносного натриевого метасоматоза сопряженно и автономно развивающимися в пределах одних и тех же провинций потоками геохимически родственных щелочных флюидов, явившихся продуктами дифференциации и дегазации мантии, нуждается в дальнейшей разработке. Прежде всего, в части картируемых критериев, позволяющих прогнозировать промышленное оруденение. В совокупности, это позволяет обосновать целесообразность создания нового направления прогнозирования и поиска промышленных месторождений урана на основе использования концепции первичной масштабной сепарации урановорудных компонентов на мантийном уровне, выявления глубинных факторов формирования месторождений урана на верхних структурных горизонтах земной коры из мантийных рудогенных компонентов. С этим согласуются особенности глубинного строения урановорудной провинции УЩ, физические и химические неоднородности мантии, а также выявленные в последние годы геофизические и петрологические признаки масштабного мантийного тепломассопе-

реноса. На мантийную природу рудного вещества, в первую очередь, указывают изотопно-геохимические данные.

### **Цель статьи**

Целенаправленный анализ огромного объема геофизической, геологической, радиогеохимической информации по особенностям формирования, размещения и условиям локализации месторождений урана основных геолого-промышленных типов на территории Украинского щита в тесной связи с особенностями глубинного строения, разломной тектоникой, проявлениями мантийного магматизма с использованием современных петрологических, изотопно-геохимических данных для выявления новых закономерностей развития уранового рудогенеза промышленного масштаба, использование которых обеспечит выполнение научно обоснованных прогнозов, улучшение возможностей существующих поисковых методов и позволит определить главные направления дальнейших геологоразведочных работ для эффективного наращивания промышленного потенциала минерально-сырьевой базы урана Украины, как основного источника сырья для стабильной работы отечественной атомной энергетики на современном этапе.

### **Методика исследований**

На основе синтеза и анализа всей имеющейся геолого-геофизической информации выполнено изучение геолого-структурных условий формирования эндогенных месторождений урана основных геолого-промышленных типов для УЩ. На основе исследования связи размещения выявленных промышленных месторождений урана с особенностями глубинного строения УЩ по комплексу геофизических данных (глубинное сейсмическое зондирование (ГСЗ), гравиметрия, магнитометрия), в частности с аномальными участками строения литосферы и поверхности астеносферы, с особенностями строения поверхности Мохо, мощностью земной коры, с градиентны-

ми зонами поверхностей базальтового и диоритового слоев земной коры, мощностью гранитогнейсового слоя, участками аномальной плотности вещества верхней мантии, закономерностями проявлений глубинной тектоники; по исследованию выявленной связи промышленного уранового оруденения с кимберлитовыми проявлениями и выявлением сути проявления такой связи с потенциальными рудогенерирующими обстановками с учетом изотопно-геохимических данных об источнике вещества растворов, формировавших урановорудные натриевые метасоматиты УЩ, выполнено создание принципов комплексной прогнозной оценки потенциала формирования эндогенного промышленного уранового оруденения.

### **Закономерности размещения и формирования эндогенных промышленных месторождений урана УЩ в тесной связи с особенностями глубинного строения литосферы**

Выяснение закономерностей размещения эндогенных промышленных месторождений урана УЩ в различных геологических условиях, частью которых являются проведенные нами металлогенетические исследования, связаны прежде всего с новыми результатами, полученными в области выяснения связи особенностей строения литосферы и ее главнейших элементов, а также подстилающей ее астеносферы с возможностью создания РТ-условий для масштабного первоначального концентрирования металлов во флюидах из исходно кларковых их содержаний в мантии, исходя из их специфических геохимических свойств [1, 10, 11].

Металлогенетический анализ литосферных блоков с разными уровнями зрелости и анализ степени сродства различных элементов к кислороду и фтору позволил Ф. А. Летникову сделать вывод [10, 11]: чем глубже размещаются рудоносные флюидные системы, тем более они обогащаются элементами с высоким сродством к кислороду и фтору. Учитывая, что уран относится к элементам с высоким срод-

ством к кислороду в составе следующей группы элементов: Zr, Ta, Nb, TR, Be, U, Th, Y, F, B, по данным исследований Ф. А. Летникова, масштабные концентрации урана формируются на участках с наиболее зрелой литосферой с мощностью 160–180 и более километров с мощным гранитогнейсовым слоем.

Мантийная природа урановорудных компонентов промышленных месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах УЩ доказана результатами изотопно-геохимических исследований. Исследование переданных ГРЭ-37 КП “Кировгеология” образцов рудных альбититов с Новоконстантиновского, Докучаевского, Партизанского месторождений позволило Л. М. Степанюку с коллегами [15] получить прямые свидетельства участия мантийного вещества при формировании урановорудных метасоматитов (альбититов) в Кировоградском урановорудном районе по устойчивой тенденции снижения значения первичного  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  отношения от неизменных новоукраинских гранитов до рудных альбититов, а также выявить прямую зависимость между содержанием урана в альбититах и его содержанием в плагиоклазах этих альбититов, что указывает на общую миграцию урана, натрия и стронция в метасоматизирующем растворе. Для флогопит-карбонатных прожилков из урановорудных альбититов Кировоградского рудного района характерны “глубинные” значения изотопного состава  $\delta^{13}\text{C}$ , для пирита рудных зон характерны “глубинные” значения изотопного состава  $\delta^{34}\text{S}$  [3, 7].

Исходя из мантийной природы ураноносных флюидов, для формирования крупных по запасам месторождений урана и урановорудных районов необходимо создание условий инициального концентрирования урана в пределах мантии в границах астеносферного канала. Агентами концентрирования могли выступать аномальные термо- и бароградиентные поля, неизменно сопутствовавшие мантийному тепломассопереносу [1], аномальное увеличение мощности литосферы. Крупное

оруденение порождала длительно подпитываемая флюидами астеносферная ловушка. При этом особую роль играли разломы, дренировавшие астеносферу, которые создавали условия проницаемости и подъема флюида из астеносферной ловушки на верхние структурные горизонты земной коры, где при благоприятных структурных, геохимических и прочих условиях происходил процесс рудоЛокализации. Таким образом, формирование промышленных эндогенных месторождений урана требует наличия открытой физико-химической системы и свободного поступления потоков мантийных флюидов, обогащенных ураном, а также благоприятных условий для продуктивного рудообразования на геохимических барьерах на верхних структурных горизонтах земной коры. Однако, положение урановорудных районов УЩ предопределяется в первую очередь физическими и химическими неоднородностями мантии, способными привести к масштабной генерации мантийных ураноносных флюидов. Формирование крупных месторождений урана в Кировоградском и Криворожском урановорудных районах, полученные изотопно-геохимические данные, подтверждающие мантийный источник рудных компонентов, сформировавших урановорудные метасоматиты, указывают на существование благоприятных условий для генерации ураноносных флюидов из мантийных рудогенных компонентов в этих регионах, несомненно, обусловленных особенностями глубинного строения центральной части Украинского щита.

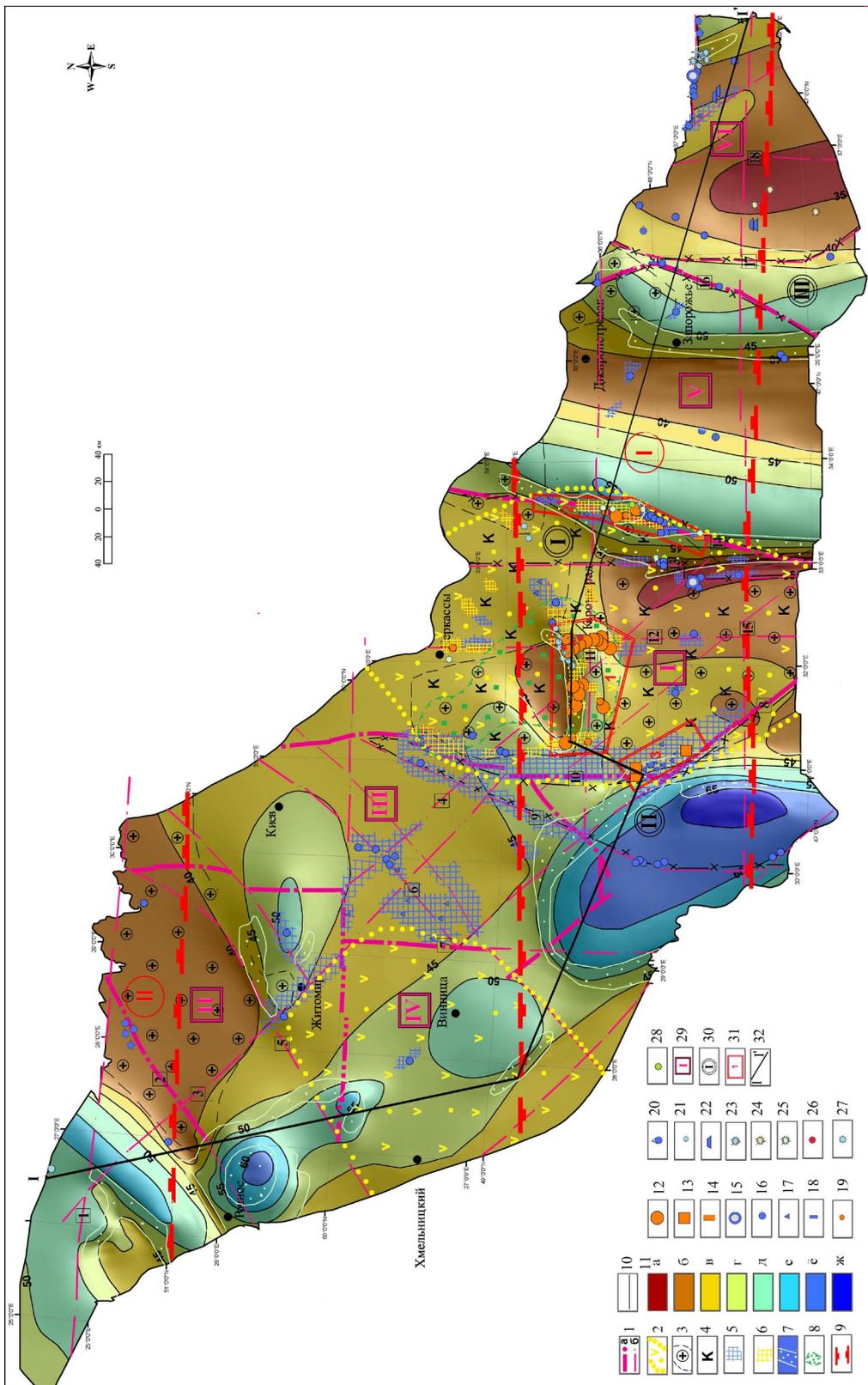
На современном этапе наиболее остро стоит проблема поиска крупномасштабного оруденения различной металлогенической специализации, выявления условий формирования крупных рудных провинций, значимых объектов оруденения различных рудноформационных типов. В связи с этим исследования проводились нами целенаправленно на уточнение и конкретизацию региональных и поисковых критериев и признаков выделения разноранговых объектов, перспективных

на выявление промышленных месторождений урана.

Исходя из астеносферного концентрирования урановорудных компонентов, первый этап исследований был ориентирован на оценку потенциальной уранорудопродуктивности литосферных сегментов УЩ по совокупности структурно-геологических, петрологических и геофизических данных. Результатом этих исследований стала оценка основных благоприятных для инициального концентрирования урана характеристик структуры литосферы УЩ (вариации глубины залегания кровли астеносферы, мощность литосферы, откорректированная по результатам петрологических исследований ксенолитов мантийных пород, мощность гранитогнейсового слоя, аномальные плотностные неоднородности вещества верхней мантии по вариациям значений гравитационного потенциала, наличие градиентных зон поверхностей Мохо (М), “базальтового” и “диоритового” слоев, зон интенсивной перестройки коры и мантии), региональная радиогеохимическая и металлогеническая зональность отдельных сегментов литосферы УЩ и наличие проницаемых зон для возможной транспортировки ураноносных флюидов на верхние структурные этажи земной коры (наличие глубинных разломов, дренирующих аномальный участок литосферы и достигающих очага масштабной генерации ураноносных флюидов). На этом этапе была оценена принципиальная возможность перспектив обнаружения крупных эндогенных месторождений урана на УЩ в пределах отдельных литосферных сегментов. Поскольку эндогенное оруденение контролируется зонами глубинных разломов, обеспечивающими привнос мантийных рудогенных компонентов из астеносферы, пристальное внимание уделялось разломам транслитосферного проникновения (межмегаблоковым и иным) (рис. 1). На следующем этапе был выполнен анализ особенностей глубинного строения УЩ и связи особенностей металлогении урана и урановой

геохимической специализации УЩ с его основными структурными элементами с целенаправленным изучением возможных рудолокализирующих структур земной коры, благоприятных для формирования эндогенных месторождений урана на верхних структурных этажах. При этом принимался во внимание весь имеющийся комплекс информации: геофизической, геологической, петрологической, радиогеохимические аномалии привноса урана, проявленность метасоматических формаций, специализированных на уран. Привнос урана фиксировался как непосредственно минерализованными объектами (месторождения, рудопроявления), так и результатами радиогеохимических и изотопных исследований. По материалам свинцово-изотопных исследований (В. А. Анисимов, материалы КП “Киров-геология”) на прогнозную карту были нанесены радиогеохимические аномалии с привносом и перераспределением урана в наиболее продуктивные для УЩ эпохи – 2000–1900 млн лет, в том числе в связи с развитием высокотемпературных кремний-калиевых метасоматитов и 1800–1750 млн лет, в том числе в связи с развитием среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитов (рис. 1).

Анализ схемы мощности литосферы УЩ, уточненной по петрологическим данным, позволил сделать вывод, что соответствующая промышленной уранорудопродуктивности мощность литосферы (160–180 и более километров) характерна только для Ингульского мегаблока и зоны его сочленения со Среднеприднепровским и Голованевской шовной зоны, также для Подольского блока Днестровско-Бугского мегаблока и зоны его сочленения с южной частью Волынского мегаблока, где по сейсмическим данным мощность литосферы достигает 200 км. Мощность литосферы для масштабного формирования ураноносных мантийных флюидов по экспериментальным и петрологическим данным должна быть не менее 160 км. Это основной благоприятный региональный критерий, который позволяет раз-



**Рис. 1. Схема прогноза эндогенных месторождений урана в породах фундамента Украинского щита, совмещенная со схемой рельефа поверхности Мохо (схема рельефа поверхности Мохо, по Ю. И. Федоришину и др. [16])**

1 – разломы мантийного проникновения; а – межмегаблоковые, б – иные, цифры в квадратах (название разлома): 1 – Полесский, 2 – Суцано-Пержанский, 3 – Сарненско-Варваровский, 4 – Центральный, 5 – Тетеревский, 6 – Немировский, 7 – Брусиловский, 8 – Алексеевско-Дашевский, 9 – Мироновско-Тальвовский, 10 – Первомайско-Трактемировский, 11 – Субботско-Мошоринский, 12 – Кировоградский, 13 – Западно-Ингулецкий, 14 – Криворожско-Кременчугский, 15 – Конкский, 16 – Орехово-Павлоградский, 17 – Западно-Приазовский, 18 – Центрально-Приазовский; 2 – аномальные литосферные сегменты с мощностью литосферы  $\geq 160$  км; 3 – области развития гранитоидного слоя повышенной (10–15 км) и высокой (>15 км) мощности; 4 – области с аномальной калиевой радиогеохимической специализацией метаморфического субстрата верхней части земной коры; 5–6 – ореолы радиогеохимических аномалий, связанных с привнесом урана в эпохи: 5 – 2 000–1 900 млн лет в связи с развитием высокотемпературного кремний-калийевого метасоматоза, 6 – 1 850–1 700 млн лет в связи с развитием среднетемпературного карбонатно-натриевого метасоматоза; 7 – градиентные зоны по поверхности Мохо (с углом наклона 27,8–54,3°) (по Ю. И. Федоришину и др. [16]); 8 – зона аномально низкой плотности вещества верхней мантии по результатам расчета гравитационного потенциала; 9 – границы мегазон активизации (по Л. С. Галецкому и др. [2]) (цифры в кружках): I – Центрально-Украинская; II – Северно-Украинская; 10 – изолинии поверхности М, км; 11 – шкала глубин залегания поверхности М, км: а – 33–35; б – 36–40; в – 41–45; г – 46–50; д – 51–55; е – 56–60; ё – 61–65; ж – 66–70; месторождения урана: 12 – в среднемтемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах, 13 – калий-урановой формации, 14 – осадочно-метаморфогенные в конгломератах и песчаниках кристаллического фундамента, 15 – гидротермальные в минерализованных зонах дробления; рудопроявления урана различных генетических типов: 16 – гидротермальные в минерализованных зонах дробления, 17 – гидротермально-метасоматические в пегматойдных гранитах, 18 – осадочно-метаморфогенные в конгломератах и песчаниках кристаллического фундамента, 19 – в ураноносных альбититах, 20 – гидротермальные уранбитумные в зонах дробления кристаллических пород, 21 – типа “несогласия”; 22 – магматические в интрузивных массивах щелочных сиенитов, лейкократовых гранитов и карбонатитов; 23 – кимберлитовые трубки, 24 – лампроитовые трубки, 25 – трубки кимберлитоподобных пород, 26 – кимберлитопроявления дайковой фации, 27 – лампроитопроявления дайковой фации; 28 – проявления кимберлитоподобных пород дайковой фации; 29 – мегаблоки УЩ; I – Ингульский (Кировоградская урановорудная металлогенная область), II – Волынский, III – Росинско-Тикичский, IV – Днестровско-Бугский, V – Среднеприднепровский, VI – Приазовский; 30 – шовные зоны: I – Ингулецко-Криворожская, II – Голованевская, III – Орехово-Павлоградская; 31 – урановорудные районы: 1 – Кировоградский, 2 – Криворожский, 3 – Алексеевско-Лысогорский; 32 – положение линии глубинного разреза I–I'

делить литосферу УЩ по степени потенциальной уранопродуктивности. Однако, на наш взгляд, один только этот критерий нельзя считать определяющим при оценке перспектив уранорудопродуктивности литосферных мегаблоков. Поэтому мы использовали для региональной оценки потенциальной уранорудопродуктивности еще ряд критериев, исходящих из мантийно-флюидной модели уранового рудообразования. Это совмещение литосферы мощностью не менее 160 км с мощным гранитогнейсовым слоем. Для участков с высокой зрелостью литосферы должно выполняться условие, отображающее специфику энергомассопереноса, и, как следствие, степень гранитизации коры: максимальная мощность гранитогнейсового (гранитного) слоя и коррелирующая с ней минимальная глубина залегания поверхности Мохо [9–11]. Кроме существования аномальных глубинных потенциально-уранорудопродуктивных неоднородностей, для формирования эндогенных промышленных месторождений урана необходимо наличие разломных зон, дренировавших аномальный участок астеносферы и служивших транспортными каналами мантийного ураноносного флюида к верхним структурным горизонтам земной коры. Для оценки этих параметров потенциальной уранорудопродуктивности был проведен анализ сейсмической модели земной коры и верхней мантии УЩ.

Анализ структуры поверхности Мохо УЩ, мощности земной коры и связи эндогенных месторождений урана с определенными их особенностями позволил сделать такие выводы.

Структурный план поверхности Мохо УЩ характеризуется неоднородностью. Глубинные разломы, разделяющие мегаблоки и блоки УЩ, по данным ГСЗ пересекают земную кору и уходят в пределы верхней мантии. С ними связаны значительные перепады глубин залегания поверхности Мохо, вследствие чего план поверхности Мохо имеет резкие градиентные зоны, обусловленные расчлененным ступенчатым рельефом с изменением

глубин в диапазоне 28–65 км. Общеизвестные тектонические границы мегаблоков УЩ характеризуются смещениями поверхности Мохо по разломам, с амплитудами, достигающими 10–15 км. По Субботско-Мошоринскому широтному разлому также происходит амплитудное (на 4–5 км) смещение поверхности Мохо, вследствие чего он хорошо отображается на карте глубины залегания рельефа поверхности Мохо (рис. 1) и карте градиентных зон поверхности Мохо. Широтное погружение поверхности Мохо вдоль Субботско-Мошоринского разлома в центральной части Ингульского мегаблока представляет особый интерес, поскольку в нем сконцентрированы все месторождения урана Кировоградского рудного района.

Градиентные зоны поверхности М в наибольшей мере отвечают зонам развития участков высокой проницаемости мантийного проникновения. Участки, контролируемые в пределах УЩ размещение промышленного гидротермального уранового оруденения, характеризуются по данным сейсмогеологической характеристики литосферы зонально развитыми нарушениями гомогенности среды, деформированностью поверхности Мохо, проявляющимся латеральным характером изменения глубины ее залегания с высокоамплитудными смещениями вдоль них поверхности Мохо и наличием резко выраженных градиентных зон углов наклона ее поверхности (до 27,8–54,3°) (рис. 1). Наиболее общей закономерностью положения урановых месторождений и границы Мохо в пределах УЩ является их концентрация в зонах глубинных разломных структур с высокоамплитудными (от 4–5 до 15 км) смещениями вдоль них границы Мохо.

Урановорудные объекты на УЩ связаны с областями с различной мощностью коры: тонкой (менее 40 км), нормальной (40–45 км), толстой (более 45 км). Закономерной является лишь связь выявленных урановорудных объектов с региональными зонами смены мощности земной коры,

которые связаны с глубинными разломными структурами различных систем.

Зоны мантийной проницаемости, мигрируя в направлении к поверхности, проявляют тенденции к пространственному смещению, смене формы, мощности, степени проницаемости, которые зависят от характера дислоцированности и прочих причин. Все это имеет непосредственную связь с промышленным урановым оруденением разломных зон на верхних структурных горизонтах в аномальных сегментах литосферы, отвечающих петрологическим условиям возможности генерации ураноносных флюидов. Более детальное исследование особенностей перестройки земной коры и мантии, которые, несомненно, происходят под влиянием глубинных процессов, позволило обнаружить новые закономерности формирования и размещения месторождений урана на УЩ.

Основными путями движения потоков ураноносных флюидов при формировании месторождений урана в карбонатно-натриевых метасоматитах центральной части УЩ являлись узлы пересечений омоложенных долгоживущих разломов субмеридионального (Кировоградский, Звенигородско-Анновский, Криворожско-Кременчугский, Новоконстантиновский) и диагонального (Адабашский) простираний с региональными глубинными широтными Субботско-Мошоринским и Девладовским разломами. По мнению В. А. Крупенникова [8], основные растворопроводящие структурные элементы месторождений урана в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах – объемные катаклазиты – имеют неотектоническую природу и являются результатом ряда последовательно сменявшихся друг друга импульсов взрывного гидро-газоразрыва пород, производимого ураноносными растворами (флюидами) в условиях относительно закрытого характера рудоконтролирующих разломов и градиентов давления (между давлением флюида и литостатическим давлением). Таким образом, формирование объемных катаклазитов вследствие взрывного

процесса является типоморфным признаком месторождений в натриевых метасоматитах и важнейшим условием образования уранового промышленного оруденения [8]. Массовый объемный катаклаз, проявлявшийся в связи с явлениями приразломного щелочного метасоматоза на верхних горизонтах земной коры, можно считать свидетельством деятельности потоков мантийных флюидов. Осуществление взрывного механизма обусловлено высоким содержанием углекислоты и степенью открытости-закрытости рудоконтролирующих разломов. При низком парциальном давлении  $\text{CO}_2$ , как и при открытом характере рудоконтролирующих разломов в верхних горизонтах земной коры, взрывных явлений с образованием катаклазитов не происходило, и уран рассеивался по всему объему альбититов, не образуя рудных концентраций, и частично выносился из зон натриевого метасоматоза, рассеиваясь во вмещающих породах [8]. Величина размаха оруденения определялась в основном степенью открытости-закрытости в верхних частях разлома и масштабом эндогенного процесса. Структурные условия рудообразования определялись сочетанием факторов: тектоническими подвижками вдоль рудоконтролирующих разломов, обеспечивавшими возможность подъема ураноносных флюидов с мантийных глубин на уровни рудообразования и эволюцией самого флюида, обладавшего вследствие сверхвысокого давления структурообразующей способностью и формировавшего структурную обстановку (зоны объемного катаклаза) при взрывных гидро-газоразрывах в зоне потенциального рудоотложения на верхних структурных горизонтах.

Следовательно, необходимым условием формирования промышленного уранового оруденения в щелочных натриевых метасоматитах при мантийном источнике рудогенных компонентов является высокая проницаемость разломных структур на нижних горизонтах земной коры и мантии и относительная закрытость на верхних горизонтах земной коры.

Изменение степени проницаемости разломных рудоконтролирующих структур в областях положения урановорудных районов УЩ позволил выявить анализ градиентных зон поверхностей, так называемых “базальтового” и “диоритового” слоев земной коры в районе их развития. Кировоградский урановорудный район четко связан с неоднородностью широтного простирания, проявленной на поверхностях М, “базальтового” и “диоритового” слоев, четко корреспондируется с общим погружением указанных поверхностей. Характер анизотропии среды и неоднородностей на поверхностях “базальтового” и “диоритового” слоев в пределах проекции Кировоградского рудного района усиливается в направлении к дневной поверхности. Указанные признаки свидетельствуют, что тепловой поток и массоперенос на уровне “базальтового” и “диоритового” слоев в пределах проекции Кировоградского рудного района более дифференцирован относительно поверхности Мохо. Для Криворожского и Алексеевско-Лысогорского урановорудных районов объективно диагностируются локальные зоны проникновения сложной конфигурации с пространственным смещением отдельных фрагментов Криворожско-Кременчугского и Первомайско-Трактемировского разломов субмеридионального простирания соответственно.

Для Кировоградского, Криворожского, Алексеевско-Лысогорского урановорудных районов отчетливо выделяется разрастание градиентных зон, пространственное смещение зон проникновения от поверхности М к “базальтовому” слою и затем выше к “диоритовому”, что свидетельствует об усилении внутрикорового проникновения и дислокационных процессов в направлении к дневной поверхности и о формировании зон проникновения сложной конфигурации. В совокупности, это обеспечивает условия изменения степени проницаемости разноглубинных слоев коры, заключающейся во фрагментарной относительной закрытости разломных зон на верхних горизонтах (за

счет смещения и усложнения конфигурации зон проницаемости), необходимой для формирования масштабного уранового оруденения. Для урановорудных районов УЩ отчетливо проявляется унаследованное развитие проницаемых зон мантийного проникновения от поверхности М к дневной поверхности с локальным усложнением структурных форм проницаемости “базальтового” и “диоритового” слоев (рис. 1).

Отметим, что Кировоградский и Криворожский рудный районы контролируются отрезками субмеридиональных разломов мантийного проникновения (Кировоградским, Новоконстантиновским, Звенигородско-Анновским, Криворожско-Кременчугским, отстоящими друг от друга в плане на расстоянии 50–90 км, Адабашским с азимутом простирания СВ 55°) в узлах пересечения с субширотными дизъюнктивами Субботско-Мошоринской и Девладовской разломных зон в пределах литосферной неоднородности в центральной части УЩ, и, возможно, промышленные урановорудные концентрации в их пределах на верхних структурных этапах поступали из одной и той же области неистощенной мантии, генерировавшей ураноносные флюиды на глубине предполагаемой сепарации урана (250 и более километров), либо отдельных ее сегментов, имеющих специфические особенности, что привело к формированию промышленных урановых руд одного возраста и генезиса в этих достаточно отдаленных рудных районах. В любом случае, синхронный масштабный размах формирования промышленного уранового оруденения в среднетемпературных карбонатно-натриевых метасоматитах в Кировоградском и Криворожском рудных районах, проявленная эволюция уранового оруденения в Кировоградской урановорудной металлогенической области в различные эпохи уранового оруденения, подчас телескопированно на протяжении 2 млрд лет (Криворожский рудный район) [4, 5] в пределах разломов мантийного проникновения, обусловлены свя-

зью с активизацией единой аномальной глубинной структуры мантии, длительно контролировавшей в условиях стабильно возбужденной мантии интенсивно функционировавшие флюидные мантийные системы на протяжении ряда металлогенически специализированных эпох уранового рудообразования, с периодической проявленностью продуктов дифференциации мантийного вещества в различные эпохи тектономагматических активизаций на верхних структурных горизонтах земной коры.

Схема мощности гранитогнейсового слоя УЩ отражает латеральную изменчивость степени зрелости коры. По этому показателю, отражающему уровень энергомассопереноса, максимальной и повышенной мощностью гранитогнейсового слоя выделяются Ингульский мегаблок и в контуре Коростенского плутона – фрагмент Волынского мегаблока (рис. 1). Положение подошвы литосферы обусловлено дегазацией Земли и “высушиванием” мантийного субстрата вследствие выноса флюидных и петрогенных компонентов в верхние горизонты литосферы [9]. Степень зрелости литосферы зависит от количества привнесенных сиалических петрогенных компонентов в кору, определяющих мощность гранитогнейсового слоя коры. Таким образом, степень гранитизации коры и мощность гранитогнейсового слоя являются отображением процесса становления литосферы. Отмечается четкая корреляция между глубиной погружения поверхности Мохо и мощностью гранитогнейсового слоя: участки с минимальным погружением границы Мохо характеризуются максимальными и средними мощностями гранитогнейсового слоя, что также отражает особенности энергомассопереноса, и как следствие, степень гранитизации коры. Разработанная Ф. А. Летниковым флюидная модель [9] предусматривает, что тепловой поток и миграция комплекса некогерентных элементов (включая уран и торий), направленные из мантии к поверхности, приводят к истощению мантии, перерас-

пределению компонентов в литосфере (расслоенности). Пространственная дифференциация теплового фронта обуславливает вертикальное смещение сейсмических границ, которые отражают различные уровни литосферы [13]. При этом поверхность Мохо отображает глубинные РТ-условия равновесия фазовой границы. В. Б. Соллогуб предположил, что главной причиной смещений положения границы Мохо являются физико-химические процессы, которые происходят в мантии [13, 14]. Таким образом, зональная смена глубины залегания поверхности Мохо является прямым индикатором дифференциации мантийного потока, следовательно, погруженные сегменты поверхности Мохо будут фиксировать ослабление теплового потока и минимальный привнос некогерентных элементов в земную кору, приподнятые, свидетельствуют о высокой мощности теплового потока, максимальном привносе некогерентных и теплогенерирующих компонентов [9–11]. Ингульский мегаблок, включающий Кировоградский, Криворожский и Алексеевско-Лысогорский урановорудные районы характеризуется повышенной мощностью гранитогнейсового слоя, высокой степенью зрелости земной коры на УЩ, что дополнительно отражается и в относительно приподнятом региональном положении поверхности Мохо в его пределах. Согласно флюидной теории, Ингульский мегаблок потенциально ассоциирует с литосферным сегментом масштабного мантийного теплопереноса и соответственно высокой степени рудогенерирующей способности верхней мантии. Характерной особенностью является связь максимума мощности гранитогнейсового слоя с зоной Субботско-Мошоринского разлома с приуроченным к нему Кировоградским урановорудным районом и отсутствие значимой связи максимума гранитизации с Криворожско-Кременчугским и Первомайско-Трактемировским межмегаблоковыми разломами, с которыми соответственно связаны Криворожский и Алексеевско-Лысогорский урано-

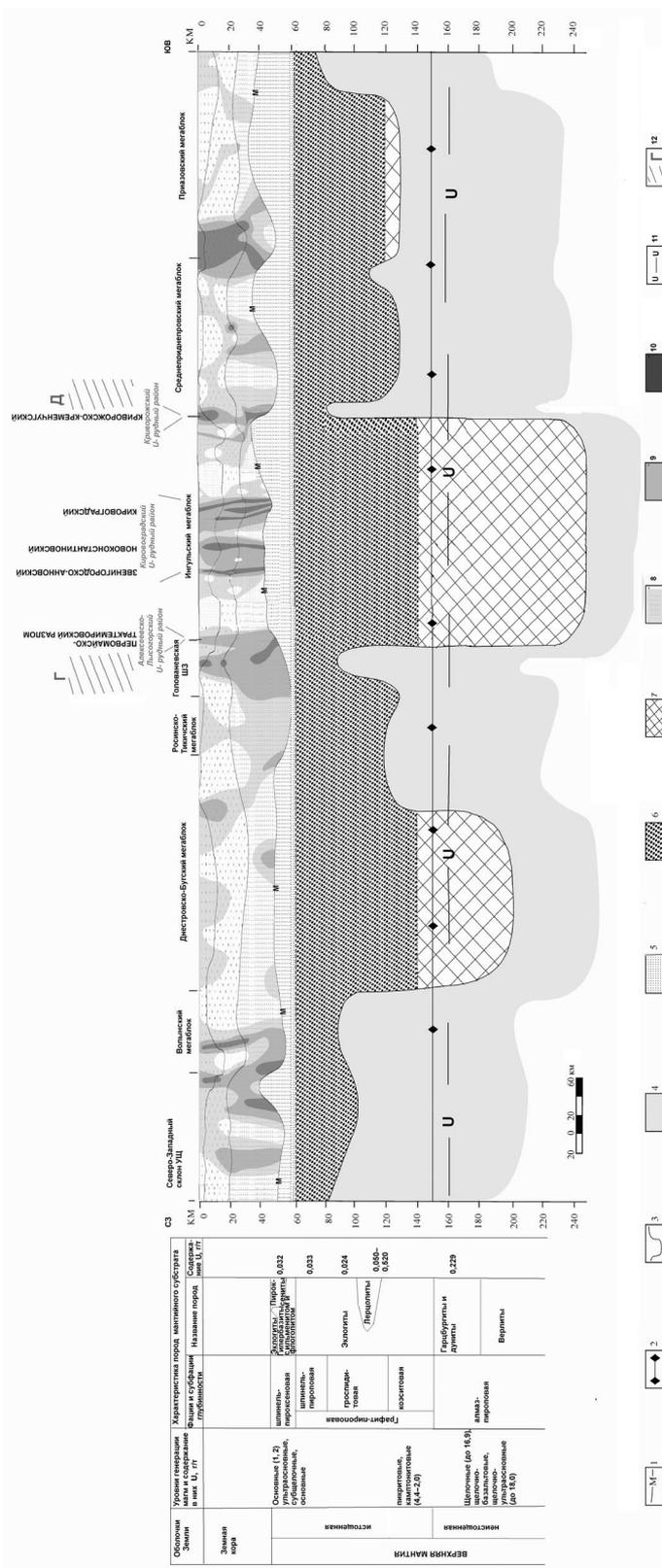
ворудные районы, что свидетельствует о преимущественной перспективности уранорудопродуктивности центральной части Ингульского мегаблока, связанной с Субботско-Мошоринской разломной зоной.

Полициклический характер развития литосферы в целом и ее верхней части – коры, в частности, привел к появлению расслоенности в коре и мантии, к формированию структурно-вещественной неоднородности на всех уровнях литосферы УЩ. Участки максимальной тектонической перестройки и мантийно-коровой проницаемости фиксируются по данным сейсмических исследований. Размещение выявленных промышленных месторождений урана подтверждает, что участки максимального погружения кровли астеносферы, трансформации поверхности Мохо, в том числе участки минимального ее погружения, совмещающиеся с участками гранитогнейсового слоя повышенной и высокой мощности, участки с аномальной вариацией плотности мантийного вещества и с увеличением мощности литосферы до уровня  $\geq 160$  км характеризуются максимальной эндогенной активностью урановой специализации. Совместный анализ карт мощности литосферы УЩ по данным ГСЗ, скорректированной по результатам петрологических исследований мантийных ксенолитов глубинных пород, глубины поверхности кровли астеносферного слоя УЩ, мощности гранитогнейсового слоя, градиентных зон поверхностей Мохо, “базальтового”, “диоритового” слоев и изучение характера связи совокупности особенностей отражаемых ими параметров с наличием разломов мантийного проникновения – зон высокой проницаемости, потенциальных транспортных каналов специализированных мантийных ураноносных флюидов и размещением объектов промышленного уранового оруденения, четко разграничивает сегменты литосферы УЩ, которые могут быть уранорудопродуктивными. Это наглядно продемонстрировано на разрезе по линии I–I’ (рис. 2), секущем основные литосферные аномалии и все урановорудные

районы УЩ: Кировоградский, Криворожский, Алексеевско-Лысогорский, отражающем зоны максимальной проницаемости, которые являются потенциальными транспортными каналами для мантийных ураноносных флюидов от гипсометрического уровня их масштабной мантийной генерации (на глубинах более 160–180 км (по Ф. А. Летникову [9])) до места локализации промышленных урановорудных концентраций на верхних структурных горизонтах в сегментах литосферы высокой степени зрелости центральной части Украинского щита.

Территория УЩ по данным радиохимических исследований в целом является высокодифференцированной радиохимической провинцией. Полями высоких концентраций урана характеризуются Волынский и Росинско-Тикичский мегаблоки. Среднее содержание урана в приповерхностной части слагающих их пород составляет  $3,2 \cdot 10^{-4}$  %. Поля со средним содержанием урана в породах, близкими к кларку земной коры, характерны для Ингульского мегаблока ( $2,5 \cdot 10^{-4}$  %). Пониженные и низкие концентрации урана присущи породам Среднеприднепровского ( $1,7 \cdot 10^{-4}$  %) и Приазовского ( $0,8 \cdot 10^{-4}$  %) мегаблоков, а также характерны для Голованевской, Западно-Ингулецкой, Орехово-Павлоградской структурно-металлогенических зон.

Исходя из флюидной модели, интенсивность проникновения флюидного потока, его рассеяние обусловили пространственную структурно-вещественную неоднородность коры и мантии за счет экстракции кремнезема со щелочами и другими некогерентными элементами из мантии и переносом их в кору. Ингульский мегаблок и Подольский блок Днестровско-Бугского мегаблока по данным ГСЗ (В. Б. Соллогуб [13]) имеют максимальную мощность литосферы в пределах УЩ. На основе анализа радиохимической специализации пород верхней части земной коры УЩ по результатам измерений их естественной гамма-активности в 4л пространстве, пересчетов на

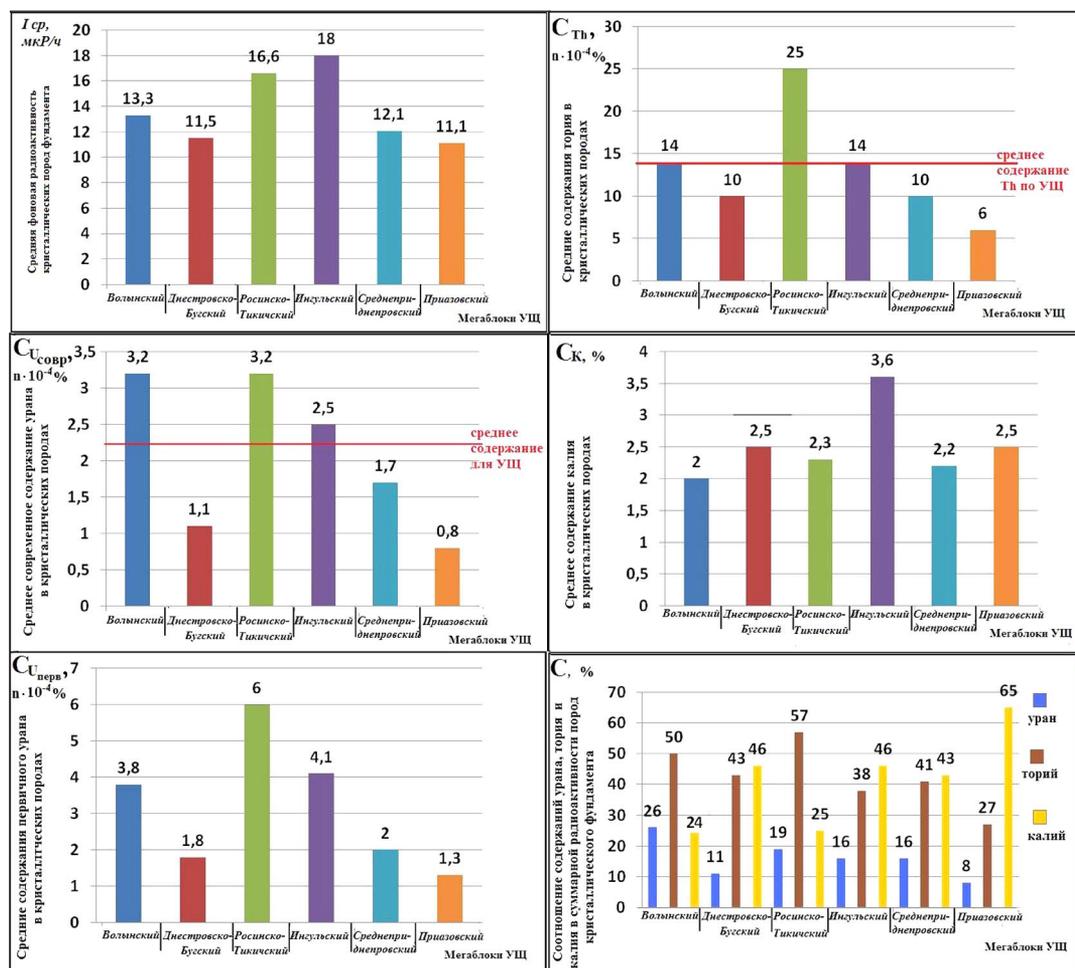


**Рис. 2. Разрез литосферы в пределах Украинского щита по профилю I-I' (по материалам Ю. И. Федоришина [17], В. Б. Соллогуба [13]) с результатами петрологического прогноза состава пород в мантийном субстрате и данными по содержанию в них урана (по В. А. Крупеникову [80], С. Н. Цымбалу и С. Г. Кривдику [18]) с дополнениями автора**

1 – граница Мохро; 2 – граница стабильности графит-алмаз; 3 – граница литосфера-астеносфера; 4 – астеносфера; 5 – железистые ультрабазиты (железистые дуниты, ильменит-флогопит-гранат-оливиновые породы); 6 – амфиболовые и пироксеновые глиммериты, шинель-гранатовые, гранатовые лерцолиты; 7 – хромшпинелевые гарцбургит-лерцолитовая и дунит-перидотитовая серии с реликтами деформированных структур, гранатовые лерцолиты с реликтами деформированных структур; зоны дислокаций с различной степенью пронцаемости: 8 – низкой, 9 – средней, 10 – высокой; 11 – уровень формирования очаговых потоков ураноносных трансмагматических флюидов; 12 – проекция положения литосферных линейментов (по В. Б. Соллогубу и А. В. Чекунову [14])

долю урана, тория, калия в суммарной радиоактивности, первичных и современных концентраций урана в породах УЩ установлено (рис. 3): породы Ингульского мегаблока характеризуются повышенной радиоактивностью, но не самыми высокими содержаниями урана и тория в них, уступая по содержанию этих элементов породам Волынского и Росинско-Тикичского мегаблоков, которые имеют более низкую среднюю радиоактивность. При установленной пестрой радиогеохимической специализации мегаблоков УЩ урановорудные метасоматиты встречены

лишь в Ингульском мегаблоке. Породы Ингульского мегаблока характеризуются аномально высоким региональным содержанием калия в породах среди мегаблоков УЩ (среднее 3,6; максимальное до 4,1 %) и это указывает, что Ингульский мегаблок является сегментом наиболее интенсивного дифференцированного энергомассопереноса вследствие привноса флюидов из астеносферы (рис. 1) и обусловленной этим повышенной калиестью пород верхней части земной коры. Таким образом, эта часть УЩ является уранорудопродуктивной по показателю



**Рис. 3. Диаграммы распределения средних значений фоновой радиоактивности, содержаний урана (сингенетического и современного), тория, калия, радиогеохимической специализации пород фундамента УЩ (с использованием данных КП “Кировгеология”)**

степени зрелости литосферы, гипсометрии нижней границы литосферы, степени калиевости. При различной геохимической специализации вмещающих пород, геохимическая специализация натриевых метасоматитов характеризуется выдержанным набором элементов-спутников урана (бериллий, ванадий, цирконий) [6]. Это указывает на очевидность того, что породы, вмещающие урановорудные метасоматиты, являются лишь средой для проявления эндогенного рудообразующего процесса, определяемого глубинными оболочками Земли.

В пределах УЩ не установлены достаточно широко распространенные специализированные на уран метаморфизованные геологические формации. В целом участки с повышенным первоначальным содержанием урана имеют очень локальный характер. Микроклиновые граниты и мигматиты отличаются средними и повышенными содержаниями урана, но имеют очень локальный характер распространения. В рудных полях УЩ фиксируются значительные по площади участки с повышенной радиоактивностью, фиксирующие зоны диафтореза или тектонические зоны.

Эти повышения связываются лишь с локальным перераспределением радиоактивных элементов или с их привнесом вне зависимости от петрографической разновидности пород. Урановые месторождения УЩ располагаются среди разнообразных метаморфических и ультраметаморфических пород, существенно различных по своей геохимической специализации, по содержанию урана. Однако размещение этих месторождений не обнаруживает закономерной связи с содержанием урана или величиной мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, связанной с содержанием радиоактивных элементов, в первую очередь урана. В то же время в пределах крупных гранитомигматитовых массивов – Уманском, Вознесенском, Токовском, проявляющимся высокой радиоактивностью не выявлены значимые урановые объекты, находки ограничились единичными рудо-

проявлениями и проявлениями урана. Результаты исследований по миграции урана и его концентрированию, проведенные КП “Кировгеология” (В. А. Анисимов, материалы КП “Кировгеология”), свидетельствуют о том, что значительные концентрации урана, связанные с региональным метаморфизмом, в пределах УЩ не выделяются. Это может быть объяснено рассеянием урана в ходе регионального метаморфизма и последовавшего за ним палингенно-анатектического гранитообразования. Отсюда следует, что уран, так же как и его элементы-спутники не заимствован из вмещающих пород при формировании месторождений урана, а имеет глубинный источник. Существование источника урана во вмещающих породах земной коры исключается по причине крайне низкого содержания урана во всех вмещающих урановые месторождения типах пород на УЩ. По данным свинцово-изотопных исследований (по результатам расчетов радиогенных добавок свинца и их сопоставлений с измеренными концентрациями урана в породах определенного возраста), проведенных в КП “Кировгеология” (В. А. Анисимов), большинство пород УЩ характеризуются пониженными относительно среднего для земной коры первоначальными сингенетическими содержаниями урана, следовательно, не могли служить источником урана для формирования крупных по запасам месторождений.

Главная тенденция эволюции состава верхней части коры в процессе становления литосферы состояла в замещении протосубстрата, который имел натриевую специализацию, в направлении увеличения содержания в породах К и Si, увеличения содержания некогерентных элементов, в частности урана и тория, уменьшалась концентрация Na, Ca, Mg и Fe, вследствие чего порода приближалась по составу к гранитам [9]. Такой подход относительно образования гранитоидных пород можно объяснить лишь значительным энергомассопереносом из астеносферы потоков флюидов, обогащенных

калием и другими компонентами, в частности ураном. Но это не дает оснований рассматривать породы коры в качестве источников урана для формирования промышленных месторождений. Таким образом, в пределах участков с высокой степенью зрелости литосферы и погружением ее до глубины возможности масштабного инициального концентрирования урана и натрия в астеносфере (более 160–180 км) [10] и формирования ураноносных флюидов, должен наблюдаться рост содержания в породах верхней части земной коры отдельных петрогенных элементов (прежде всего K и Si) и некогерентных элементов. Однако, это лишь петролого-геохимические следствия консолидации, утончения и частичного превращения астеносферы в литосферу. Исходя из мантийного источника рудогенных компонентов [1, 9], процесс рудообразования контролируется законами поведения химических элементов, возможностями концентрированной формы их существования, определяющей возникновение первичных масштабных геохимических неоднородностей в пределах верхней мантии и последующее формирование крупных месторождений и рудных районов, а также особенности геохимической специализации пород верхней части земной коры. Рудные компоненты распределяются в астеносфере зонально, накапливаясь на разном расстоянии от областей экстремального давления и температуры [1]. Это один из важнейших факторов, приводящих к формированию крупных промышленных месторождений различных рудноформационных типов.

Первопричиной масштабного промышленного уранового оруденения является глубинная литосферная неоднородность в центральной части УЩ, специфическая зональность мантии, обусловившая петрологические предпосылки формирования Кировоградской металлогенической урановорудной области, территориально связанной с Ингульским литосферным мегаблоком.

Подольский блок Днестровско-Бугского мегаблока с выявленным аномальным участком астеносферы с глубиной погру-

жения кровли около 200 км характеризуется наличием троговой структуры поверхности Мохо, мощностью коры более 45 км, установленным по данным ГСЗ корово-мантийным субстратом, крайне низкой мощностью гранитного слоя (<5 км), что свидетельствует о низкой проницаемости разломных структур, в том числе и для проникновения металлогенически специализированных ураноносных флюидов, и подтверждается единичным установленным рудопроявлением урана (Хмельникским) и несколькими проявлениями. Все это в совокупности делает Подольский блок Днестровско-Бугского мегаблока малоперспективным с точки зрения формирования промышленного уранового оруденения.

Небольшие по запасам одиночные непромышленные месторождения, многочисленные мелкие объекты оруденения – рудопроявления, проявления урана могут образовываться в различных геодинамических условиях при образовании мелких обособлений специализированного ураноносного флюида в широком диапазоне РТ-условий, однако формирование крупных промышленных объектов возможно лишь при масштабной концентрации урана в мантийных флюидах в астеносферных ловушках с определенными РТ-параметрами, исходя из геохимических свойств урана (большой ионный радиус, ярко выраженные окси- и фторофильные свойства) при низком положении геоизотерм, и соответственно достаточно мощной литосфере и в тесной связи с глубинными разломами, способными быть транспортными каналами специализированного мантийного рудоносного флюида с глубин его масштабной генерации.

Именно мантийные ураноносные флюиды приводили при подъеме на верхние структурные горизонты земной коры при соблюдении ряда благоприятных факторов рудолокализации к формированию крупных месторождений урана и урановорудных районов в Кировоградской урановорудной области за счет мантийного источника урана

вне зависимости от вещественно-структурного состава и геохимической специализации вмещающих рудные районы пород. Мантийный уран приводил при процессах диффузии к возникновению рассеянных концентраций урана в породах верхнего структурного этажа в процессе, предшествовавшего масштабному урановому рудообразованию, этапа развития коры над аномальным участком астеносферы, в данном случае, подстилавшим площадь центральной части УЩ. Вероятно, при формировании крупных месторождений урана дополнительным источником рудного вещества могли служить ранее сформированные существенные по площади урансодержащие толщи (альбититы дорудной стадии, граниты, контаминированные ураном), из которых при поверхностной диффузии и латеральном промыве глубинными углекислотными флюидами происходила мобилизация, миграция и последующая локализация в породах-концентраторах определенной части урана. Однако, приповерхностные коровые источники урана (вмещающие породы) при масштабном эндогенном урановом рудообразовании в эпоху (1800–1750 млн лет) играли лишь роль незначительного дополнительного источника урана.

Мантийную природу ураноносных флюидов, мантийных источников рудогенных компонентов, условий их сепарации и подъема на верхние структурные горизонты земной коры необходимо учитывать при металлогенических и прогнозных построениях и оценках перспектив промышленного уранового оруденения эндогенного класса, выполняя оценку возможности формирования и выявления крупных месторождений урана в тесной связи с мантийными неоднородностями, связью с разломообразованием и вне связи с коровым вещественным составом и геохимической специализацией вмещающих пород верхнего структурного этажа, в первую очередь с коровым гранитоидным магматизмом, принимавшимся ранее

за один из главных критериев возможности формирования уранового рудоотложения натриевой линии метасоматизма.

### **Выводы и перспективы дальнейшего развития в данном направлении**

В результате анализа геолого-структурных закономерностей формирования промышленного уранового оруденения на территории УЩ мы установили следующее.

1. Имея наложенный эпигенетический характер по отношению к структурно-формационным комплексам земной коры, эндогенные промышленные месторождения урана на УЩ проявляют выраженную связь с сегментами наиболее зрелой литосферы, которые характеризуются максимальным погружением кровли астеносферы, наличием гранитогнейсового слоя повышенной и высокой мощности и аномально выраженной калиевой специализацией пород верхних этажей земной коры. Наиболее общей закономерностью положения промышленных месторождений урана УЩ в пределах потенциально уранорудопродуктивных литосферных сегментов высокой степени зрелости является их концентрация в зонах глубинных разломных структур с высокоамплитудными (от 4–5 до 15 км) смещениями вдоль них границы Мохо с наличием резко выраженных градиентных зон углов наклона поверхности М (до 27,8–54,3°).

2. Уранорудопродуктивность сегментов литосферы УЩ по целому ряду критериев подтверждена по принятому районированию только для Кировоградской урановорудной области (Ингульского мегаблока), которая вмещает все известные эндогенные месторождения урана урановорудной провинции УЩ. Значительная мощность литосферы (~200 км) по данным ГСЗ и одновременное совмещение с троговой структурой поверхности Мохо, наличие подстилающей корово-мантийной смеси мощностью до 30 км, низкая мощность гранитогнейсового слоя, результаты петрологических исследований

глубинных минералов и результаты специализированной изученности на уран (выявлено лишь одно проявление урана (Хмельникское) и ряд мелких уранопроявлений) не позволяют рассматривать как потенциально уранорудопродуктивный Подольский блок Днестровско-Бугского мегаблока.

3. Исходя из модели флюидного формирования литосферы, можно констатировать, что особенности строения поверхностей базальтового и диоритового слоев в областях развития урановорудных районов УЩ с ярко выраженным характером анизотропии среды и неоднородностей на их поверхностях, степень их унаследованной связи с особенностями строения поверхности М, их общее локальное погружение в зонах транслитосферных разломов с разрастанием градиентных зон, пространственным смещением зон проникновения от поверхности М к базальтовому слою и выше к диоритовому свидетельствуют о максимальном влиянии при их формировании эндогенного флюидного теплопереноса и о выполнении одного из условий формирования промышленного уранового оруденения – высокой проницаемости разломных структур, к которым приурочены урановорудные районы при их относительной закрытости на верхних структурных горизонтах (за счет смещения и усложнения конфигурации зон проницаемости).

4. Согласно принятой нами за основу генетической концепции эндогенного уранового рудообразования из мантийных рудогенных компонентов и результатов проведенного анализа радиохимической специализации пород верхней части земной коры УЩ, первоначальных концентраций урана в породах, миграции урана и рудообразования в ходе формирования УЩ, соотношения геохимической специализации урановорудных метасоматитов и вмещающих их пород можно утверждать, что только при обеспечении глубинных петрологических условий образования уранорудогенерирующей системы, которая способна се-

парировать уран на мантийном уровне, генерировать ураноносные флюиды, транспортировать их к месту локализации по глубинным разломам и влиять на их локализацию на верхних структурных этажах, происходило формирование крупных эндогенных месторождений урана и урановорудных районов вне зависимости от вещественно-структурного состава и геохимической специализации вмещающих урановорудные районы УЩ пород за счет мантийного источника урана, что доказано геохимически, структурно, и учитывая степень специализированной изученности, это позволяет рассматривать как благоприятную для локализации и поиска новых промышленных урановорудных объектов только центральную часть УЩ.

Таким образом, выявление новых закономерностей формирования промышленных месторождений урана УЩ на основе изучения изменчивости параметров глубинной среды, которые определяют возможность возникновения условий генерации специализированных на уран мантийных флюидных потоков и формирование месторождений урана на верхних структурных этажах земной коры из мантийных рудогенных компонентов в тесной связи с разломами мантийного проникновения, участками интенсивных процессов перестройки земной коры и мантии, мантийной дифференциации вещества на основе использования совокупности геофизических, петрологических, изотопно-геохимических, радиохимических и структурно-геологических данных, дает возможность последовательно выполнить оценку зональности и потенциальной уранорудопродуктивности сегментов литосферы, научно обосновать перспективы территорий на возможность формирования промышленных месторождений урана с выделением площадей наиболее вероятной их локализации.

На следующем этапе нами будут представлены результаты целенаправленного изучения рудолокализирующих структур Украинского щита, которые на основе

разработанных нового комплекса региональных поисково-оценочных критериев и расширенного комплекса локальных критериев и признаков формирования эндогенного промышленного уранового оруденения перспективных геолого-промышленных типов, максимально сочетают благоприятные условия для рудоотложения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамович И. И.* Металлогения/И. И. Абрамович. М.: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2010. 328 с.
2. *Галецький Л. С.* Причини розміщення родовищ та рудопроявів в шовних зонах Українського щита/Л. С. Галецький, О. В. Орлінська, Д. С. Пікареня та ін.//Геол. журнал. 2010. № 2. С. 14–21.
3. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины/Белевцев Я. Н., Коваль В. Б., Баркажиев А. Х и др.; под ред. Я. Н. Белевцева, В. Б. Ковалья. К.: Наукова думка, 1995. 376 с.
4. *Калашиник А. А.* Источники рудных компонентов Криворожско-Кременчугской минерагенической зоны Украинского щита. Статья 1. Пространственная и геохимическая связь ураново-, железорудных объектов и кимберлитов (лампроитов)-проявлений в пределах Криворожско-Кременчугской зоны/А. А. Калашиник//Мінеральні ресурси України. 2011. № 3. С. 14–23.
5. *Калашиник А. А.* Геолого-структурные особенности пространственного размещения кимберлитовых проявлений и урановых объектов в Кировоградском рудном районе Украинского щита/А. А. Калашиник, Г. М. Москаленко//Мінеральні ресурси України. 2010. № 2. С. 8–18.
6. *Калашиник А. А.* Минерагенический потенциал широтных разломных зон Украинского щита/А. А. Калашиник//Мінеральні ресурси України. 2010. № 3. С. 24–36.
7. *Кривдік С. Г.* Типы лужных метасоматитов Украинского щита та фації їх глибини/С. Г. Кривдік, В. Г. Моргун, О. В. Дубина//Геохімія та рудоутворення. 2012. Вип. 31–32. С. 4–11.
8. *Крупенников В. А.* Мантийный щелочной флюидно-магматический петрогенезис как основной рудообразующий процесс/В. А. Крупенников//Матер. II Межд. симпозиума “Уран-ресурсы, производство” (Москва 26–28 ноября 2008 г.). М.: Из-во ФГУП ВИМС. С. 28–31.
9. *Летников Ф. А.* Зрелость литосферных блоков и проблемы эндогенного рудообразования/Ф. А. Летников//Глубинные условия эндогенного рудообразования. М.: Наука, 1986. С. 16–24.
10. *Летников Ф. А.* Флюидные фации континентальной литосферы и проблемы рудообразования/Ф. А. Летников//Вестн. ОГГН РАН. 1999. № 4 (10). 25 с.
11. *Летников Ф. А.* Флюидный режим термоградиентных систем/Ф. А. Летников, Н. С. Жатнуев, В. В. Лашкевич. Новосибирск: Наука, 1985. 116 с.
12. *Синчук В. В.* Взаимосвязь технологий добычи и переработки урановых руд и состояния балансовых запасов/В. В. Синчук//Доклады Межд. научно-практ. конф. “Актуальные проблемы геологии, прогноза, поисков и оценки месторождений твердых полезных ископаемых”. (Симф.–Судак, 27 сент.–3 окт. 2010 г.). К.: Академперіодика, 2011. С. 118–123.
13. *Соллогуб В. Б.* Литосфера Украины/В. Б. Соллогуб. К.: Наукова думка, 1986. 184 с.
14. *Соллогуб В. Б.* Принципиальные черты строения литосферы Украины/В. Б. Соллогуб, А. В. Чекунов//Геофиз. журнал. 1985. № 6. С. 43–54.
15. *Степанюк Л. М.* Джерело натрію та урану ураноносних альбітитів на прикладі Докучаєвського родовища Інгульського мегаблока УЩ/Л. М. Степанюк, С. М. Бондаренко, В. О. Сьомка та ін.: тези доповідей наукової конференції “Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд”, (Київ, 14–16 березня 2012 р.). ІГМР, 2012. С. 78–80.
16. *Федоришин Ю. І.* Просторова модель глибинної будови літосфери Українського щита у зв'язку з перспективами промислової алмазоносності/Ю. І. Федоришин, О. В. Фесенко, О. Б. Денег //Мінеральні ресурси України. 2006. № 3. С. 8–12.
17. *Федоришин Ю. І.* Модель прогнозу та пошуків джерел корінної алмазоносності і її реалізація на території Українського щита: дис. ... д-ра геол. наук: 04.00.01/Федоришин Юрій Іванович. К., 2007. 408 с.
18. *Цымбал С. Н.* Особенности вещественного состава кимберлитов Украины/С. Н. Цымбал, С. Г. Кривдик: матер. наук.-техн. наради “Стан, перспективи та напрямки геологорозвідувальних робіт на алмази в Україні” (Київ, 19–22 мая 2003 г.). К.: УкрДГРІ, 2003. С. 22–31.

Рукопис отримано 12.01.2014.

**Г. А. Калашник**

## **НОВІ ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗМІЩЕННЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ЕНДОГЕННИХ РОДОВИЩ УРАНУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА**

*Представлено результати проведених досліджень нових закономірностей розміщення промислових ендегенних родовищ урану Українського щита в тісному зв'язку з особливостями глибинної будови літосфери та її складових частин на основі використання моделі первинного концентрування урановорудних компонентів в астеносфері. Це дало змогу значною мірою по-новому підійти до прогнозування можливості формування об'єктів промислового ендегенного уранового зруденіння в різній геологічній обстановці.*

**Ключові слова:** ендегенні промислові родовища урану, мантіїні рудогенні компоненти, ураноносні мантіїні флюїди.

**A. A. Kalashnyk**

## **NEW LAWS OF PLACEMENT AND FEATURES OF FORMATION OF INDUSTRIAL ENDOGENIC URANIUM DEPOSITS OF THE UKRAINIAN SHIELD**

*The results of studies of new laws governing the distribution of endogenous industrial uranium deposits of the Ukrainian shield in close connection with the peculiarities of the deep structure of the lithosphere and its components are presented. Research was based on the idea of primary concentration of uranium ore components in asthenosphere. This allowed a significant new approach to the prediction of possible formation of industrial endogenous uranium deposits in different geological conditions.*

**Keywords:** endogenous industrial uranium deposits, mantle ore uranium components, uranium-bearing mantle fluids.

**В. В. Бескрованов**, д-р геол.-минерал. наук, профессор (Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова), ведущий научный сотрудник (Учреждение Российской академии наук Институт физико-технических проблем Севера им. В. П. Ларионова СОРАН, Якутск, Россия)

## О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ АЛМАЗА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Выявлена взаимосвязь между изменением свойств алмаза в объеме кристаллов, с одной стороны, и региональным изменением его типоморфных признаков по территории Сибирской платформы – с другой. Объемные характеристики алмаза направленно изменяются от центра к поверхности кристаллов с образованием трех онтогенических областей: центральной, промежуточной и периферийной. Эти изменения повторяются в статистической вариации типоморфных характеристик кристаллов в направлении от окраин платформы к ее центральным частям. Это открывает возможность прогнозирования характеристик алмаза в центре кристаллов, недоступных непосредственному изучению, а также – содержания кристаллов с особыми свойствами в месторождениях разных частей алмазоносной провинции. В кристаллах следует ожидать возрастание роли эклогитового парагенезиса минеральных включений и облегченного изотопного состава углерода по мере удаления от поверхности к ядру. В месторождениях на севере провинции предполагается повышенное содержание алмазов низкого ювелирного качества и алмазов физического типа II с особо ценными для промышленного использования свойствами.

**Ключевые слова:** алмаз, кимберлитовая трубка, россыпь, Сибирская платформа, кристалл, генезис, типоморфизм, алмазоносная провинция, октаэдр, додекаэдронд, физические свойства, кристалломорфология, топоминералогия.

Алмаз представляет хороший пример пространственно-временной эволюции минерального мира. Временные изменения наиболее полно отражены в последовательной смене кристалломорфологии и физических свойств зон роста в неоднородных кристаллах алмаза. В объеме природных индивидов алмаза выделены онтогенические области [2, 3]: центральная ( $\alpha$ ), промежуточная ( $\beta$ ) и периферийная ( $\gamma$ ), занимающие в иерархии неоднородности место между однородными зонами роста и неоднородными кристаллами (рис. 1). *Центральная область* имеет в разных индивидах округлую, кубическую, реже октаэдрическую форму. В ней повышено содер-

жание структурных дефектов, очень высокое двупреломление, возбуждается желто-зеленая или оранжевая фотолюминесценция, малоактивна ИК-система В2. *Промежуточная область* имеет высокое двупреломление и голубую фотолюминесценцию. В свою очередь она также неоднородна и сложена переслаивающимися зонами роста с высоким и низким двупреломлением, с голубым свечением и без него. Интенсивна ИК-система В2. *Периферийная область* обладает низким двупреломлением, не рассеивает рентгеновские лучи, не обладает люминесценцией. Совершенство ее кристаллической структуры не нарушает высокое содержание дефектов А.

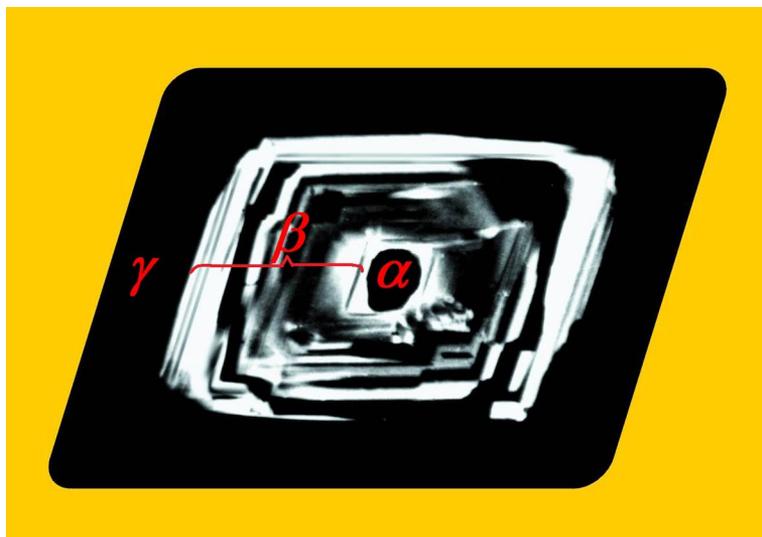
Сравнивая характеристические особенности промежуточных областей, можно заметить, что их свойства изменяются направленно от центра кристалла к поверхности образца. Наиболее отчетливо векторный характер этого изменения прослеживается в совершенстве кристаллической структуры алмаза этих областей. Центральная область насыщена структурными дефектами, имеет очень высокое двупреломление и активно рассеивает рентгеновские лучи на рентгенограммах; в промежуточной содержится только один вид дефектов – пластинчатые выделения, ориентированные вдоль кубических плоскостей {100}, которые ответственны за все ее физические свойства. И наконец, периферийная область обладает наиболее совершенной кристаллической структурой. Отсюда следует, что рост кристаллов алмаза осуществлялся в природных очагах кристаллизации с нарастанием слоев алмаза со все более совершенной кристаллической структурой.

Тезис о закономерном векторном изменении всех основных характеристик алмаза – принципиальный и важный резуль-

тат наших исследований. Если в качестве критерия меры нарушения совершенства кристаллической структуры этого минерала принять энтропию, то изменение свойств алмаза в объеме кристалла выразится ее уменьшением в направлении от центра роста алмаза к поверхности. Вычисление значений энтропии отдельных областей кристалла возможно с помощью информационно-энтропийного анализа минеральных систем, методика которого разработана Н. П. Юшкиным.

Снижение энтропии в процессе развития характерно для живых систем, в то время как процессы в неорганической природе протекают в противоположном направлении. По этому признаку кристалл алмаза демонстрирует признаки сходства с живым организмом.

Объемные соотношения областей изменяются от образца к образцу. Все три содержатся в остросеберных октаэдрах типа Ia, в грубослоистых октаэдрах и додекаэдроидах наблюдаются центральная и промежуточная области без периферийной. Алмазы кубического габитуса и кристаллы типа Pa представлены только



**Рис. 1.** Внутреннее строение (анатомия) остросеберного октаэдра (трубка Удачная)  $Oh_2$  заключительного семейства ( $\alpha$  – центральная +  $\beta$  – промежуточная +  $\gamma$  – периферийная области). Топограмма пластины по (110) кристалла алмаза 2014 (трубка Айхал) в проходящем монохроматическом УФ-свете с  $\lambda = 300$  нм (черное – поглощение, белое – пропускание)

центральной областью. Встречаются индивиды алмаза со сложной анатомией, в которой отражена многократная смена ростовых форм (рис. 2).

Геохимический цикл алмаза в природных очагах с широкими вариациями физико-химических параметров разделен нами на этапы с меньшими изменениями этих параметров. Эволюцию условий кристаллизации алмазов в природных очагах удобно представить графически (рис. 3). Сплошной линией на схеме показано изменение степени пересыщения в течение полного онтогенетического цикла алмаза. Справа показан предполагаемый облик кристаллов. Рост одних кристаллов мог продолжаться в течение полного трехэтапного онтогенетического цикла и завершался образованием заключительного семейства алмаза, представленного остроугольными октаэдрами с полным набором трех квазиоднородных областей. Рост других кристаллов мог оборваться на любом этапе онтогенетического цикла, и тогда форма, которую они имели в то время, становилась для них габитусной (на схе-

ме обозначено штриховыми линиями). Три главных этапа: ранний  $\alpha$ , промежуточный  $\beta$  и заключительный  $\gamma$ , соответствуют образованию соответственно трех квазиоднородных областей, а два дополнительных регрессивный  $\eta$  и измененный (деструктивный)  $\omega$  этапы – отклонению процессов образования алмаза от главного направления. Кристаллы, выделившиеся на каждом из пяти этапов, образуют пять соответствующих семейств. Кристаллы каждого семейства объединяет одинаковая генетическая история, сходные морфологические черты и физические свойства.

Исследователи давно заметили, что алмазы в разных месторождениях отличаются кристаллографическими, физическими и другими признаками. Различие алмазов из разных кимберлитовых трубок ... “Во многих случаях, – отмечает Г. Смит в издании “Драгоценные камни” [9, с. 290], – камни, добытые на различных, даже близко расположенных рудниках весьма различны. Для южноафриканских рудников эти различия столь отчетливы, что опытные специалисты могут распознать,

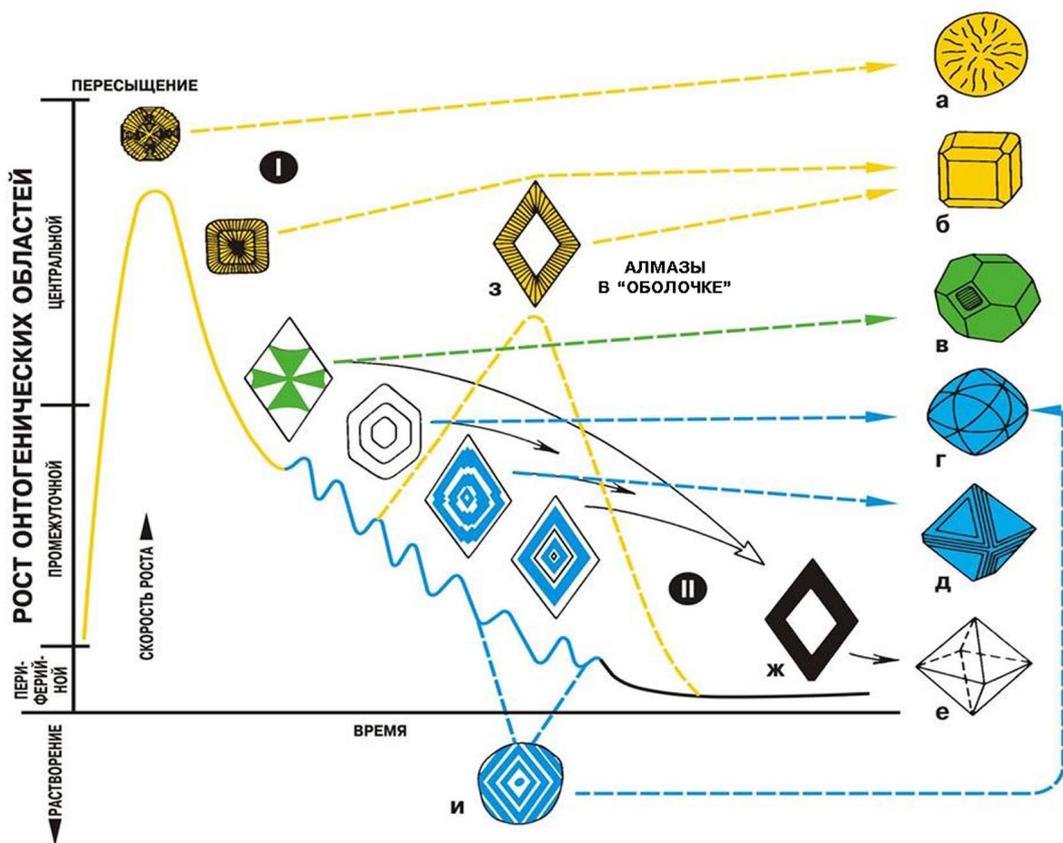


**Рис. 2.** Сложное внутреннее строение (анатомия) кубического кристалла раннего семейства (трубка Удачная). Топограмма пластины по (110) в проходящем монохроматическом УФ-свете с  $\lambda = 300$  нм (черное – поглощение, белое – пропускание). В кристалле наблюдается смена формы: кубооктаэдр  $\rightarrow$  октаэдр  $\rightarrow$  кубооктаэдр  $\rightarrow$  куб

с какого рудника та или иная партия камней”. Его пояснения в полной мере справедливы и для алмазных месторождений Якутской кимберлитовой провинции, где представлены различные проявления кимберлитового магматизма и типы россыпей алмаза. Наиболее интересными являются эволюционные закономерности, как в отношении характера размещения в провинции алмазных месторождений, так и в отношении статистического распределения в ней кристаллов алмаза – региональный типоморфизм или топоминералогия алмаза.

З. В. Бартошинский [1] проанализировал представленные данные по кри-

сталломорфологии и фотолюминесцентным свойствам алмазов из 31 кимберлитовой трубки и восьми россыпных месторождений Западной Якутии и пришел к выводу о том, согласно которому с юга на север Якутской алмазоносной провинции прослеживается закономерное изменение свойств алмаза. Это подтверждается постепенным увеличением количества ромбододекаэдрических и округлых кристаллов с одновременным снижением октаэдрических. Параллельно с изменением кристалломорфологии алмаза статистически изменяются его физические свойства – увеличивается количество кристал-



**Рис. 3. Кристалломорфологическая эволюция природных алмазов:**

*а* – сферокристалл; *б* – куб с небольшими гранями ромбододекаэдра; *в* – кубооктаэдр; *г* – округлая форма; *д* – грубослойный октаэдр; *е* – острореберный октаэдр; *ж* – рост периферийной области; *з* – регрессивное образование алмазов в оболочке; *и* – образование округлых кристаллов в результате частичного растворения; I – преимущественно нормальный; II – преимущественно тангенциальный механизм роста

лов с голубой люминесценцией и снижается общее число нелюминесцирующих. Вывод о векторном региональном изменении кристалломорфологии и фотолюминесцентных свойств алмаза подтверждается и направленным изменением других его признаков. Так, по данным Э. М. Галимова [5], с юга на север повышается количество кристаллов алмаза с повышенным содержанием легкого изотопа углерода. Исследование распространенности кристаллов алмаза с включениями инородных минеральных фаз позволили выявить еще одну эволюционирующую характеристику алмаза. В этом же направлении возрастает роль кристаллов с минеральными включениями эклогитового парагенезиса и снижается представительство ультраосновного парагенезиса [10].

Региональные вариации характеризуют не только свойства алмазов, но и особенности содержащих их кимберлитовых и кимберлитоподобных пород, самих кимберлитовых трубок [11]. На юге высокие содержания и широкие вариации химического состава наблюдаются у пироба, пикроильменита, хромдиоксида, хромшпинелида и других спутников алмаза. По мере продвижения на север в меньших количествах и реже встречаются хромшпинелид и пикроильменит, единичны находки пироба, а их химический состав испытывает меньшие вариации. Замечено, что на юге провинции вариации отмечаются для алмазов, близко расположенных кимберлитовых тел, в то время как на севере они менее значимы даже для месторождений, разделенных сотнями километров (табл. 1).

Согласно выводу Ф. Ф. Брахфогеля [4] с юга на север провинции снижается возраст кимберлитовых пород: наиболее древние кимберлиты отмечены на юге провинции (Накынское поле), самые молодые на севере (Биригиндинское и Ары-Мастахское поля).

К настоящему времени зональность изучена для двух главных кимберлитовых провинций: Якутской и Южно-

Африканской. Современные представления о зональности провинций мира даны в работе [12]. Зональность проявляется тенденцией закономерного распределения кимберлитовых трубок в пределах провинций или в связи с тектоническими структурами – кратонов. Устанавливается тенденция, согласно которой молодые трубки тяготеют к их окраинам и складчатым поясам, а древние – к центральным частям кратонов. При переходе от центра к периферии кратона наблюдается падение алмазоносности, обусловленное закономерной сменой субфаций: алмазной, алмаз-пироповой, пироповой в центре на проявление родственных кимберлиту щелочно-ультраосновных пород (карбонатиты, меймечиты, пикриты). На это впервые указали В. А. Милашев [8], Ф. В. Каминский [7].

Мы в своей попытке внести ясность в природу топоминералогии алмаза использовали возможности онтогенетического метода исследования алмаза [1, 2] и с этой целью сопоставили особенности пространственной эволюции алмаза по территории Якутской алмазоносной провинции, с одной стороны, и характер изменения этих же свойств в объеме кристаллов – с другой. Табл. 2 наглядно демонстрирует поразительно близкую аналогию в развитии столь разных природных явлений, что указывает на единство их генетической природы.

Якутская кимберлитовая провинция занимает северо-восточную часть Сибирской платформы, южная часть провинции находится в ее центральной части, а северная – на окраине. Отсюда следует, что к центральным частям платформы тяготеют алмазные месторождения кристаллов, которые испытали полный трехстадийный цикл эволюции и обрывали рост на одном из трех онтогенетических этапов. К окраине же Сибирской платформы тяготеют месторождения алмазов, остановившихся в своем развитии на раннем, промежуточном или деструктивном (измененном) этапах.

**Таблица 1. Зональность Якутской алмазоносной провинции (по данным А. Д. Харькива, 1992 г.)**

Признаки	Часть провинции	
	южная	северная
Вещественный состав алмазоносных пород	Типичные (классические) кимберлиты	Характерно отклонение вещественного состава от типичных кимберлитов
Алмазы		
Морфология	Плоскогранные и скульптурированные октаэдры и ромбододекаэдры	Две генерации кристаллов: крупные (>1,5 мм) додекаэдровиды, мелкие (< 0,5 мм) плоскогранные октаэдры
Фотолюминесценция	Значительна роль нелюминесцирующих кристаллов	Повышено содержание алмазов с голубым свечением, незначительна роль нелюминесцирующих
Изотопный состав углерода	Доминируют с мантийным составом углерода $\delta C^{13} = -5... -8 \text{‰}$	Повышено содержание алмазов с облегченным составом углерода
Размер кристаллов	Разнообразный	Небольшой
Парагенезис включений	Доминирует с ультраосновной	Повышена роль эклогитового
Вариации морфологических и физических признаков	Широкие	Узкие
Индикаторные минералы	В повышенных количествах присутствуют пироп, пикроильменит, хромдиопсид, хромшпинелид и др. Широкие вариации состава минералов	Присутствуют в небольшом количестве хромшпинелид и пироп, единичные зерна ильменита Узкие вариации состава минералов
Ксенолиты глубинных пород	Большое количество и широкий спектр составов	Малое количество и узкий спектр составов

Устойчивую параллель между объемным изменением свойств в кристаллах алмаза, с одной стороны, и этими же свойствами, выступающими в качестве типоморфных признаков целых кристаллов алмаза платформы – с другой, можно образно проиллюстрировать следующим. Сибирская платформа

представляет образ идеализированного кристалла алмаза, вывернутого наизнанку, ядро которого имеет кристалломорфологические и физические характеристики, как у алмазов заключительного семейства, а периферия – свойства алмаза раннего, промежуточного или деструктивного (измененного)

**Таблица 2. Сравнительный анализ эволюции алмаза в объеме кристаллов и по территории Якутской алмазоносной провинции**

Эволюционирующая характеристика	Эволюция алмаза в объеме кристаллов от центра к периферии	Эволюция алмаза с юга на север Якутской провинции
Морфология кристаллов и ростовых зон	Округлая форма → куб → ромбододекаэдр → октаэдр	Статистическое увеличение числа ромбододекаэдров и округлых кристаллов, уменьшение октаэдров
Совершенство алмазной структуры	Несовершенная → менее совершенная → совершенная	Прогнозируется снижение ювелирного качества алмазов в коренных месторождениях
Фотолюминесценция	Желто-зеленая → голубая → не возбуждается	Увеличение количества кристаллов с голубой люминесценцией, уменьшение – нелюминесцирующих
Физический тип	В центральной и промежуточной областях могут встречаться, а в периферийной – не могут встречаться зоны алмаза типа Па	Прогнозируется обнаружение на севере месторождений с повышенным содержанием алмазов типа П
Изотопный состав углерода	Прогнозируется возрастание роли тяжелого изотопа углерода	Возрастание роли кристаллов с облегченным изотопным составом углерода
Минеральный парагенезис включений	Прогнозируется возрастание роли ультраосновного парагенезиса и снижение – эклогитового	Возрастание роли кристаллов с минеральными включениями эклогитового парагенезиса и снижение – с включениями ультраосновного

семейства. Трубки в центральных частях платформы содержат кристаллы всех пяти онтогенических семейств. Среди них широко представлены образцы заключительного семейства. Примером алмазных месторождений, тяготеющих к центральной части Сибирской платформы, являются кимберлитовые трубки Мирнинского кимберлитового поля: Мир, Интернациональная, им. XXIII съезда КПСС, Дачная. Типоморфными признаками для них служат: преобладание октаэдрических алмазов I разновидности, среди которых значительная часть представлена остросереберными образцами. Округлые додекаэдровиды практически отсутствуют. В отдельных трубках широко представлены кристаллы с полицентрически растущими гранями и кристаллы со сноповидной и занозистой штриховками. Содержащиеся в кристаллах включения, в подавляющем

большинстве, имеют ультраосновной парагенезис. Фотолюминесцентные особенности характеризуются преобладанием голубых цветов различных оттенков.

По мере приближения к окраинам платформы в месторождениях алмаза роль заключительного семейства понижается, а раннего, промежуточного и регрессивного (измененного) возрастает. Среди алмазов здесь не наблюдается такого разнообразия, как в центральных частях платформы. Примером кимберлитового месторождения, локализованного на окраине Сибирской платформы, является трубка Дьянга (Куойкское поле) [6]. Среди содержащихся в ней алмазов отсутствуют кристаллы заключительного семейства, минеральный состав спутников алмаза отличается от состава кимберлитовых трубок центральной части платформы. Алмазы этой трубки характеризуются повышенным

представительством образцов, содержащих сингенетические включения эклогитового парагенезиса. В ней высокое содержание додекаэдров со следами пластической деформации постгенетического травления. Процесс кавернообразования на алмазах трубки Дьянга зашел настолько далеко, что привел к исчезновению полной кристаллографической огранки кристаллов. Необычны и их физические характеристики. Среди них преобладают кристаллы с желтой и зеленой фотолюминесценцией при относительно пониженном содержании кристаллов с голубым свечением. Другой их особенностью служит преобладание низкоазотных кристаллов, а содержание алмазов типа Па достигает до 13 % от общего количества.

К периферии платформы тяготеют россыпные месторождения Анабарского района.

Если проведенная нами параллель между эволюцией алмаза в объеме кристаллов и эволюцией с юга на север алмазонной провинции реальна, то изменение свойств алмаза в объеме кристаллов должно подчиняться тем же закономерностям, что и статистические изменения соответствующих характеристик кристаллов в направлении от центральных частей платформы к ее окраинам. На окраинах платформы повышено содержание кристаллов алмаза эклогитового парагенезиса и имеющих облегченный состав углерода. Это означает, что в кристаллах можно обнаружить возрастание роли эклогитового парагенезиса минеральных включений и облегченного изотопного состава углерода по мере удаления от поверхности образцов к центру зарождения. Справедливо и обратное утверждение. Центральные области имеют повышенную дефектность, а в промежуточных областях чаще встречаются зоны типа Па. Из этого следует, что на севере провинции в месторождениях следует ожидать повышенное содержание алмазов низкого ювелирного качества и кристаллов физического типа Па с особо

ценными для промышленного использования свойствами.

Векторное изменение свойств алмаза проявляется не только в направлении от центра Сибирской платформы к ее окраинам, но и наблюдается в ее отдельных частях. Н. Н. Зинчук и В. И. Коптиль [6] по результатам сравнительного анализа особенностей алмаза в пределах Анабарского района выделили два типа минералогической ассоциации алмазов – эбеляхский и верхнебилляхский. Эбеляхский тип характеризует преобладание кристаллов V и VII разновидностей над алмазами “уральского” типа и кубоидами II разновидности. В верхнебилляхской минералогической ассоциации это соотношение обратное: содержание алмазов “уральского” типа превышает содержание кристаллов V и VII разновидностей. Еще выше это соотношение в Майат-Уджинском поле. Количество алмазов V и VII разновидностей уменьшается в северо-восточном направлении от Анабарского поднятия с одновременным возрастанием содержания алмазов “уральского” типа. Изменение с юго-запада к северо-востоку Анабарского района удельного содержания минералогических разновидностей алмаза отражают топоминералогические закономерности пространственной локализации месторождений алмаза по территории Сибирской платформы.

Обсуждаемая закономерность имеет еще одно следствие. В соответствии с правилом Клиффорда, коренные месторождения алмазов, расположены в консолидированных частях платформ, становление которых завершено в архее. Они могут встречаться также в протерозойских подвижных поясах, но в этом случае их алмазонность должна быть низкой, вплоть до нулевой. В последние годы были сделаны открытия, результаты которых плохо согласуются с правилом Клиффорда. В Западной Австралии обнаружены высокоалмазоносные лампроитовые трубки, расположенные в верхнепротерозойских складчатых поясах (лампроитовая до-

кембрийская трубка Аргайл). Правило Клиффорда для лампроитовых трубок не будет нарушаться, если его дополнить онтогеническим следствием, согласно которому в консолидированных частях платформ расположены коренные месторождения алмазов, прошедших полный трехстадийный цикл эволюции, а в подвижных поясах коренные месторождения алмазов, прервавших свое развитие на промежуточном или раннем этапах. Иначе говоря, алмазоносность коренных месторождений в центре и на окраине платформы отличается не только по количественному показателю, но и имеет качественное различие по онтогеническим особенностям кристаллов алмаза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Бартошинский З. В.* Сравнительная характеристика алмазов из различных алмазоносных районов Западной Якутии//Геология и геофизика. 1961. № 6. С. 40–50.
2. *Бескрованов В. В.* Онтогенез алмаза. М.: Наука, 1992. 167 с.; 2-е изд., исп. и доп. Новосибирск: Наука, 2000. 264 с.
3. *Бескрованов В. В.* О первоисточниках алмазов россыпей Анабарского района//Збірник наукових праць УкрДГРІ. 2013. № 1. С. 123–138.
4. *Брахфогель Ф. Ф.* Геологический аспект кимберлитового магматизма северо-востока

Сибирской платформы. Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1984. 234 с.

5. *Галимов Э. М.*  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  алмазов. Вертикальная зональность алмазообразования в литосфере//27-й Междунар. геол. конгр. (Москва, 4–14 августа 1984 г.): Докл. М.: Наука, 1984. Т. 11. Геохимия и космохимия. С. 110–123.
6. *Зинчук Н. Н., Коптиль В. И.* Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. М.: ООО “Недра-Бизнесцентр”, 2003. 603 с.
7. *Каминский Ф. В.* Закономерности размещения кимберлитовых (разнофациальных) и родственных им пород на Сибирской платформе//Докл. АН СССР. 1972. Т. 204. № 5. С. 1187–1190.
8. *Милашев В. А.* Кимберлитовые провинции. М.: Недра, 1974. 236 с.
9. *Смит Г.* Драгоценные камни. М.: Мир, 1984. 558 с.
10. *Соболев Н. В., Ефимова Э. С.* Парагенетические типы природных алмазов//Петрология и минералогия земной коры и верхней мантии. Новосибирск: Изд-во ин-та геологии и геофизики СО АН СССР, 1981. С. 70–77.
11. *Харьків А. Д.* Геолого-генетическая типизация коренных месторождений алмаза//Советская геология. 1992. № 8. С. 22–28.
12. *Mitchell R. H.* Kimberlites: their mineralogy, geochemistry and petrology. New York, 1986. 436 p.

Рукопис отримано 6.12.2013.

**В. В. Безкрованов**

#### **ПРО ПРОСТОРОВО-ЧАСОВУ ЕВОЛЮЦІЮ АЛМАЗУ СИБІРСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ**

*Визначений взаємозв'язок між зміною властивостей алмазу в об'ємі кристалів, з одного боку, і регіональною зміною його типоморфних ознак по території Сибірської платформи, з іншого. Об'ємні характеристики алмазу спрямовано змінюються від центру до поверхні кристалів з утворенням трьох онтогенічних областей: центральної, проміжної і периферійної. Ці зміни повторюються в статистичній варіації типоморфних характеристик кристалів у напрямі від окраїн платформи до її центральних частин. Це відкриває можливість прогнозування характеристик алмазу в центрі кристалів, недоступних безпосередньому вивченню, а також – умісту кристалів з особливими властивостями в родовищах різних частин алмазоносної провінції. У кристалах слід чекати зростання ролі еклогітового парагенезису мінеральних включень і полегшеного ізотопного складу вуглецю з віддаленням від поверхні до ядра. У родовищах на півночі провінції передбачається підвищений уміст алмазів низької ювелірної якості та алмазів фізичного типу II з особливими коштовними для промислового використання властивостями.*

**Ключові слова:** алмаз, кімберлітова трубка, розсип, Сибірська платформа, кристал, генезис, типоморфізм, алмазоносна провінція, октаедр, додекаедроїд, фізичні властивості, кристаломорфологія, топомініралогія.

**V. V. Beskrovanov**

## **ABOUT SPATIO-TEMPORAL EVOLUTION OF DIAMOND OF SIBERIAN PLATFORM**

*The correlation between the change in properties of diamond in crystals on the one hand and regional changes in its typomorphic signs on the Siberian platform on the other hand has been revealed. Volumetric characteristics of diamond direction vary from the center to the surface of the crystals and the formation of ontogenetic three areas: central, intermediate and peripheral. These changes are repeated in the statistical variation of Tipomorphic characteristics of the crystals in the direction from the outskirts of the platform to its central part. This opens the possibility of predicting characteristics of diamond crystals in the center, not directly to the study, as well as content crystals with special properties in the fields of different parts of the diamond province. In crystals increase of the role of eclogite paragenesis mineral inclusions and lightweight carbon isotopic composition with distance from the surface to the core. On the other hand in the fields in the north of the province assumed the high content of low quality jewelry diamond and diamond physical type II with particularly valuable for industrial use properties can be expected.*

**Keywords:** diamond, kimberlite pipe, placer, Siberian platform ma, crystal, genesis, typomorphism, diamond province, octahedron, dodecaedroid, physical properties, crystal morphology, topomineralogy.

**А. М. Кузин**, канд. геол-минерал. наук, ведущий научный сотрудник  
(Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия), amkouzin@yandex.ru

## О СЕЙСМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАЛЕЧЕННОГО И “ЖИВУЩЕГО” РАЗРЫВНОГО НАРУШЕНИЯ

*В статье приведены общие закономерности распределения скорости продольных волн в разрывных нарушениях. Дано объяснение особенностей поведения разрывных нарушений в кристаллическом фундаменте и осадочном чехле.*

**Ключевые слова:** разломы, скорость сейсмической волны, отражающие границы.

### Введение

Несмотря на широкое внедрение 3D-сейсморазведки, позволяющей создавать пространственные картины распределения сейсмических параметров, довольно часто без внимания остаются кинематические характеристики, связанные с оценками проницаемости и зональности упруго-деформационного состояния разрывных нарушений. Невзирая на то, что в последние 10 лет регулярно проводятся конференции, посвященные изучению разрывных нарушений и оценки экраняющих свойств пород-покрышек, диапазон подходов к изучению сейсмическим методом в основном ограничивается динамическими характеристиками отраженных волн. Так, например, на последней такой конференции из 70 докладов лишь в одном докладе [37] рассматривалась возможность изучения зональности и проницаемости разрывных нарушений по скорости продольных волн.

Это объясняется двумя причинами: абсолютное большинство методик интерпретации базируется на решении прямых задач и крайне ограниченное использование скоростных параметров. Скорости сейсмических волн являются одним из наиболее чувствительных к изменению упруго-деформационного состояния среды параметров. “Роль поглощения в фор-

мировании характерных черт волнового поля оказывается во многих случаях меньше, чем роль скоростей распространения волн” [24]. Распределение скорости продольных волн существует независимо от присутствия того ли иного типа сейсмических границ и агрегатного состояния среды. Это означает, что сейсмических границ может и не быть, а распределение скорости существует. Кроме того, в сейсмическом методе измерение этого параметра метрологически обоснованно, в отличие от динамических параметров.

Цель данной статьи – сделать обзор наиболее существенных закономерностей распределения скорости в зонах разрывных нарушений и трещиноватости, в связи с тем, что в зарубежных и отечественных публикациях приводятся результаты, которые в ряде случаев уже были опубликованы. В данной статье используются именно наиболее ранние и не потерявшие своего значения результаты изучения разрывных нарушений. Отдельные вопросы по разрывным нарушениям уже были опубликованы автором [10, 11, 15].

Среди разрывных нарушений в земной коре условно выделяются разломы и трещины. Существенного различия между разломами и трещинами установить практически невозможно [22]. В последующее время развитие этого основополагающе-

го положения привело М. А. Садовского к открытию фундаментальных свойств иерархии разрушения в геологической среде [31, 32].

Обычно выделение разлома проводится по трем признакам: масштаб, особенности внутреннего строения и геологическая история развития. Разломы – это крупные разрывные нарушения земной коры сложного внутреннего строения с длительной многоэтапной геологической историей развития (в частности для крупных разломов щитов – до 1,5 млрд лет, а иногда и более) [23]. Существование в земной коре и литосфере объемов с аномально низкой вязкостью позволяет рассматривать земную кору и литосферу как ансамбль высоковязких блоков, разделенных зонами разломов с аномально низкой вязкостью [17].

#### **Краткий обзор по распределению скорости и динамических параметров продольных волн в зонах разрывных нарушений**

В зонах разрывных нарушений, в зависимости от масштаба наблюдений и степени разрыхления пород, скорость продольной волны ( $V_p$ ) может уменьшаться на 30–45 % (для зоны дробления), иногда и более по сравнению с вмещающими породами. По данным акустического каротажа (АК) в зонах разломов, имеющих тонкослоистое внутреннее строение, падение  $V_p$  составляет 1,0–1,8 км/с [7, 29, 33]. По лабораторным данным в работе [18], значения  $V_p$  отражают деформационные преобразования пород: в катаклазитах скорость существенно ниже, чем в недеформированных породах, а в милонитах несколько выше, чем в катаклазитах.

Детальное распределение скорости в разрывных нарушениях и его анизотропия изучены в инженерной сейсморазведке. В результате экспериментальных исследований были получены данные о  $V_p$  и ее анизотропии для пород с различной степенью трещиноватости [30]. Так, при ориентированной трещиноватости изменение  $V_p$  между максимальными и мини-

мальными значениями в среднем может составлять 30 %. Кроме того, в зависимости от генезиса и петрографического состава, с ростом давления и температуры скоростная анизотропия может снижаться или возрастать. При сейсмических и акустических исследованиях уменьшение  $V_p$  по мере увеличения базы исследований может достигать 20–40 % [20, 30]. Наибольшие диапазоны ее уменьшения наблюдаются в промежуточной зоне между ненарушенными и сильнотрещиноватыми породами (в зоне дробления). По данным работы [1], в зонах разрывных нарушений скорость продольных и поперечных волн может уменьшаться до 40 %. Плотности изменяются меньше – не более 5 %.

В то же время для пород в зонах разрывных нарушений может наблюдаться обратная картина поведения упруго-деформационных параметров. Так, при декомпрессии образцов пород из Норильско-Харлахаевского разлома скорость продольной волны увеличилась с 4,7 до 5,4 км/с [36]. Ранее восстановление упругости после деформирования для песчано-глинистых пород было отмечено в работе [26]. Восстановление значений скорости после достижения предела прочности является одним из основных элементов в моделях очага землетрясения.

На рис. 1 приведены результаты [35] циклического нагружения и разгрузки образцов мрамора. Каждый цикл включал в себя сначала обжатие образца гидростатическим давлением от 0 до  $\sigma_2 = 150$  МПа, затем осевое нагружение и деформацию до определенного уровня, после чего осуществлялась полная разгрузка в обратной последовательности. В процессе опыта замерялась скорость ( $V$ ) распространения продольной волны. Нижние части кривых, лежащие под горизонтальной осью, отражают действие гидростатического давления  $\sigma_2$ , верхние части – действие осевой нагрузки  $\sigma_1$ . Из графиков можно увидеть, что: 1 – необратимая деформация снижает значения скорости; 2 – в результате необратимой деформации при сбросе  $\sigma_2$ ,

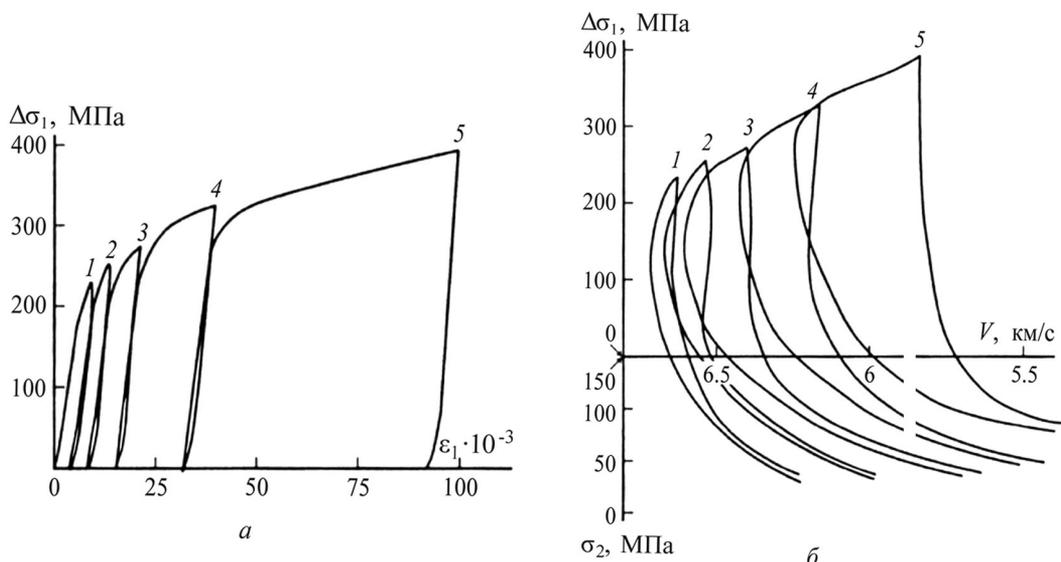
скорость падает быстрее, и чем больше величина предварительной, необратимой деформации, тем стремительней падение скорости; 3 – возвращение образца в каждом последующем цикле в напряженное состояние, с которого начинался процесс разгрузки в предыдущем цикле (точки 1–4), практически восстанавливает значения скорости, что свидетельствует о приведении породного материала в прежнее, квазиупругое состояние. Следовательно, дискретный характер отображения разрывных нарушений в сейсмическом поле, в тектонически активных районах может быть вызван очагами локального роста напряжений.

Приведенные экспериментальные данные по восстановлению упругости среды вследствие увеличения давления обжатия в ряде случаев могут объяснить присутствие “бескорневых разломов” на временных разрезах, а также поведение скорости в вышележащих породах. Так, по данным детального анализа латерального распределения пластовой скорости в породах осадочного чехла северо-западной части Днепровско-Донецкой впадины [34],

в одних случаях наблюдается уплотнение отложений в районе соляных штоков, над зонами разломов фундамента, в других, наоборот, разуплотнение.

При региональных исследованиях (КМПВ-ГСЗ), как показано в работе [8], по динамическим параметрам можно достаточно уверенно (в пределах точности метода) определить мощность зоны разрывного нарушения. По данным региональных и поисковых работ МОГТ результаты амплитудно-частотного анализа нередко носят весьма неоднозначный характер при оценке размеров и величины разуплотнения в зонах разрывных нарушений, в особенности для кристаллических пород фундамента. Высокоразрешающая сейсморазведка позволяет определять упруго-деформационные характеристики отдельных зон трещиноватости в осадочном комплексе пород, однако ее достижения, как правило, опираются на данные геофизического исследования скважин (ГИС).

Как следует из результатов физического и математического моделирования, трещинно-пористая среда представляет



**Рис. 1. Результаты циклического нагружения и разгрузки образцов мрамора:**  
*a* – кривые  $\Delta\sigma$ - $\epsilon$ , отражающие процесс циклического нагружения и деформации образца мрамора при  $\sigma = 150$  МПа; *б* – кривые изменения скорости распространения упругой волны в образце при данном виде нагружения [35]

собой азимутально-частотный волновой фильтр, параметрами которого являются: плотность и раскрытость трещин; преобладающее направление и периодичность (зональность или слоистость); длина сейсмической волны [9, 11]. В зависимости от этих параметров частота регистрируемых колебаний может возрастать или уменьшаться по отношению к вмещающей среде.

В шовной зоне разрывных нарушений по акустическому каротажу обычно фиксируется значительное поглощение сигнала. После прохождения зоны разлома частота импульса снижается на 20–30 Гц, спектр становится более узким [33]. Появление этого признака вызвано тонкослоистостью структуры разрывного нарушения либо, наоборот, поглощением высоких частот в случае, когда зона разрывного нарушения характеризуется, например, сильными рассеивающими свойствами. Поэтому полосовая фильтрация остается быстрым и эффективным способом визуального выделения разрывных нарушений.

При наземных наблюдениях высокая чувствительность амплитуды сигнала к различным типам неоднородностей среды маскирует понижение преобладающей частоты, которое обычно анализируется совместно с анализом амплитуд. В общем случае определение амплитудно-частотных характеристик в сложно построенных трещиноватых средах является необходимым, но не достаточным способом, по которому нужно вести изучение разрывных нарушений.

### **О геологической и сейсмической моделях залеченных минеральными растворами и проницаемых разрывных нарушений**

#### **1. Незалеченные и частично экранированные разрывные нарушения**

По сути, классическое описание геологической модели незалеченного разлома было дано в работе [17]. Крупные разломы представляют собой пластообразные тела интенсивно передробленных горных пород мощностью первые десят-

ки метров (собственно зоны разломов). Прилегающие к ним объемы горных масс характеризуются аномально высокой трещиноватостью и разупрочненностью (разупрочненные части крыльев разломов), мощность которых примерно на порядок больше мощности зоны дробления. Поверхность, отделяющая зону дробления и милонитизации от разупрочненных частей крыльев разломов, называется граничной поверхностью зоны дробления разлома. Медианная поверхность зоны дробления – геометрическое место точек, равноудаленных от граничных поверхностей зоны дробления разлома. Внутри зоны дробления скорости современных сдвиговых деформаций экспоненциально возрастают от граничной поверхности зоны дробления к медианной поверхности. Точно так же скорости сдвиговых деформаций экспоненциально возрастают по мере приближения к граничной поверхности зоны дробления внутри разупрочненных частей этой зоны [17].

Это описание геологической модели совпало с результатами, изложенными в работе [16]. Было установлено, что по мере удаления от разлома или мощной трещины наблюдается закономерное увеличение межтрещинного расстояния, которое не зависит от источника возмущения, типа породы и структурно-тектонических условий. При удалении от магистральной крупной трещины  $V_p$  определяется зависимостью

$$V_p = a_1 \exp b_1 S,$$

где  $a_1$  – скорость в элементарном блоке вблизи зоны дробления;  $b_1$  – быстрота возрастания скорости при удалении от разлома;  $S$  – удаление от разлома.

На основании этой закономерности было предложено определять зону влияния тектонического напряжения как интервал, на котором выполняется экспоненциальная зависимость расстояния между трещинами.

Эта модель нашла подтверждение последующими исследованиями [2]. На рис. 2 приведены результаты геолого-геофи-

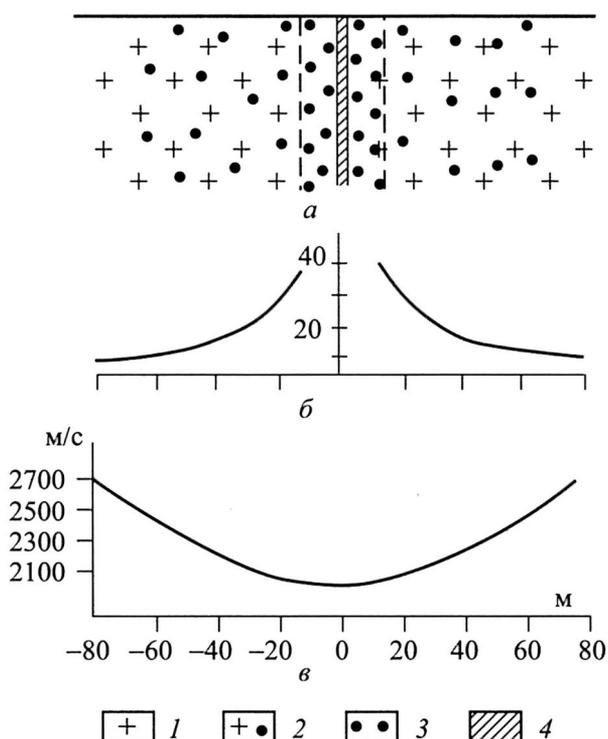
зических исследований в зоне Яхакского взброса в районе Рагунской ГЭС в Таджикистане. Данные определения скорости, полученные по сейсморазведке, показывают, что её значения изменяются в зоне контакта от 2000 до 2700 км/с в ненарушенных породах.

В работе [6] приведены результаты по изучению плотности или густоты трещин на различных удалениях от разломов (рис. 3). Из этих рисунков видно, что в целом наблюдается подобие в распределении плотности трещин для различного типа разрывных нарушений и различных по литологии пород. Спад плотности трещин также может быть аппроксимирован функцией, близкой к экспоненте.

Сопоставление материалов акустического и плотностного каротажа, данных ВСП и теоретических сейсмограмм позволило [5] определить основные фак-

торы, влияющие на образование интенсивных отраженных волн. Большинство отражений формируется пачкой тонких слоев с количеством пропластков более 15 (рис. 4). В редких случаях интенсивные отражения формируются от толстых слоев при изменении скорости не менее чем на 1 км/с и плотности на 0,1–0,2 г/см<sup>3</sup>. Зависимость  $V_p = a_1 \exp b_1 S$  в незалеченном разломе соответствует модели с одним из наибольших коэффициентов отражения (рис. 4, модель № 4).

Зоны разрывных нарушений отличаются значительным – до 40 % понижением скоростей продольных и поперечных волн. Меньше изменяются плотности – не более 5 %, также незначительно меняется  $V_p/V_s$ . Следовательно, чем интенсивнее сейсмическая запись отражения от разлома, тем больше вероятность его соответствия описанной сейсмической модели.



**Рис. 2. Свойства среды в окрестности разрыва:**

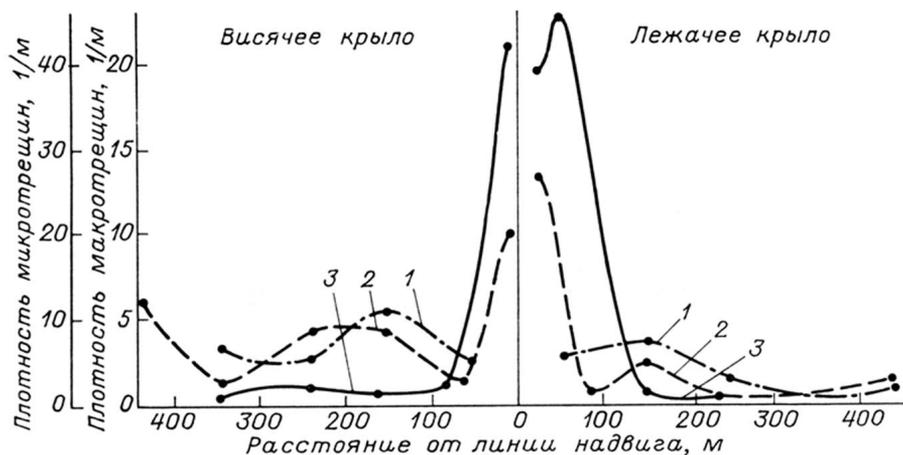
*a* – разрез через разрыв; *б* – распределение модуля трещиноватости; график скорости  $V_p$ ; *в* – график скорости  $V_p$ ;

1 – граниты вне зоны разрыва; 2 – переходная зона; 3 – внутренняя зона разрыва; 4 – зона сместителя [2]

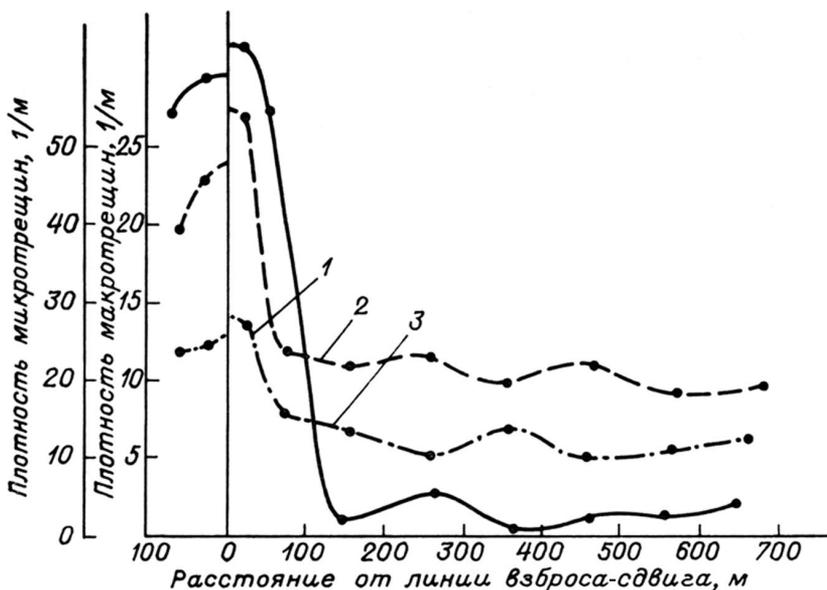
Внутреннее строение разлома, определенное по данным инженерной сейсморазведки, акустического каротажа, ВСП и математического моделирования, хорошо согласуется с обобщенной геологической моделью разлома [17].

Коэффициенты отражения для незалеченных разрывных нарушений, полученные по глубоким и сверхглубоким скважинам, преимущественно лежат в

интервале значений 0,4–0,6, что соответствует сильным отражающим границам. Впервые листрические разломы по МОВ были выделены Н. Е. Галдиным в начале 60-х годов [4]. В работе [25] была теоретически и экспериментально обоснована сейсмическая модель разрывного нарушения – отражающей границы как тонкослоистого пласта пониженной скорости. Интенсивные отражения, выделяемые по



а



б

**Рис. 3. Плотность трещин на различном удалении от разлома:**

а – для надвига; б – для взброса-сдвига;

1 – открытые макротрещины, 2 – открытые микротрещины, 3 – минеральные микротрещины [6]

продольным волнам в породах кристаллического фундамента, соответствуют разрывным нарушениям, которые, независимо от петрографического состава контактирующих пород, представлены зонами дробления, интенсивного выщелачивания и сильной трещиноватости.

Сейсмическая модель зонального распределения упругих параметров для субвертикальных разрывных нарушений в осадочном разрезе была предложена и обоснована в работах [3, 10, 19, 27].

Обобщенная сейсмическая модель незалеченного разрывного нарушения представляет собой геологическое тело с зональным распределением упругих свойств. Шовная зона характеризуется низкими или аномально низкими значениями  $V_p(V_s)$ . По мере удаления от шовной зоны  $V_p$  по экспоненциальной зависимости стремится к значениям во вмещающей среде.

Важнейшим свойством для незалеченных разрывных нарушений глубокого заложения (более 3–4 км) является возникновение конвекции. С позиции возможной миграции флюидов незалеченные разрывные нарушения можно разделить на проницаемые и частично экранируемые разрывные нарушения. В работе [21] показано, что в открытых разрывных нарушениях, как и в экранированных (ссылка на свои более ранние публикации), возникает термоконвективная циркуляция, эффективный механизм массопереноса.

В геомеханике незалеченные разрывные нарушения рассматриваются как одни из типов “мягких” неоднородностей, соответственно обладающих свойством демпфировать волны напряжений и деформаций. Например, это проявляется в том, что залежи руд и углеводородов находятся в обрамлении листрических разломов, регистрируемых в поле отраженных волн [12, 13].

## 2. Залеченные минеральными растворами разрывные нарушения

Это в основном механически жесткие, прочные геологические тела. Сейсмической моделью является в общем

случае пласт с различной степенью шероховатости границ. Зональность упругих свойств не контрастная.  $V_p$  понижена приблизительно на 7–0 % относительно ненарушенных вмещающих пород ( $V_s$  может быть как понижена, так и повышена в среднем в том же диапазоне значений, как и  $V_p$ ).

На шероховатых границах происходит перераспределение энергии упругой энергии в импульсе волны в последующую фазу, что ведет к кажущемуся понижению скорости. Этот эффект может использоваться для прослеживания разрывных нарушений с низкой контрастностью упругих свойств.

Этой же сейсмической модели отвечают зоны трещиноватости, представленные породами, находящимися в состоянии дилатансионного упрочнения [11].

С залеченными минеральными растворами разрывными нарушениями (РН) практически связаны все рудные месторождения полезных ископаемых флюидного генезиса. Помимо того, что они мо-

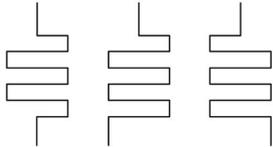
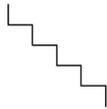
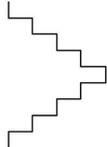
Тип модели	МОДЕЛЬ	Количество слоёв
1		–
2		18
3		3–6
4		3–9

Рис. 4. Типы моделей границ по акустике и плотности (каротаж) [5]

гут являться резервуарами для залежей углеводородов.

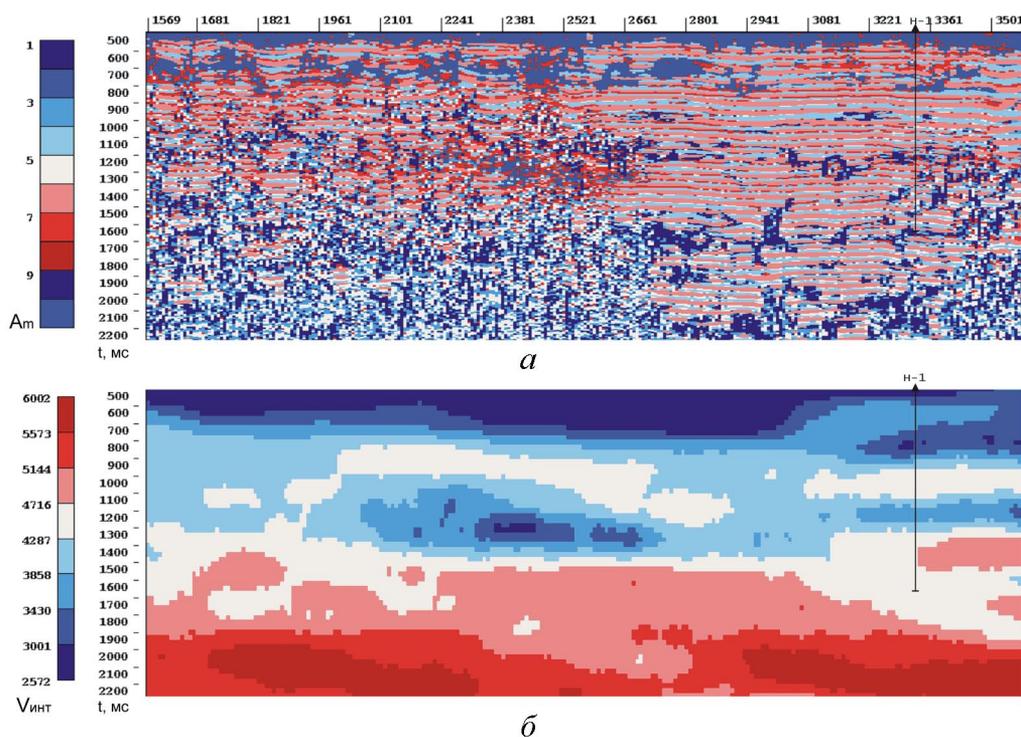
Залеченные разрывные нарушения служат экранами для волн напряжений и деформаций.

В качестве примеров эффективности использования в интерпретации распределения скорости для анализа экранирующих свойств зон трещиноватости на рис. 5 и 6 приведены данные по Московской синеклизе и западному склону Южно-Татарского склона.

На рис. 5а можно увидеть, что при заложении скважины основным критерием служил характер волновой картины на временном разрезе. Динамически выраженные, хорошо прослеживаемы отражения выше предполагаемой ловушки рассматривались как ненарушенность экранирующих свойств перекрывающих пород. Однако на разрезе интервальной скорости (рис. 5б) в центральной части профиля очень контрастно выделяется

существенно большая область пониженных значений скорости и лучше экранированная, судя по размерам окружающей её зоны повышенных значений скорости. При этом на временном разрезе ей соответствует область с плохой корреляцией отражающих горизонтов, разбитых трещиноватостью. Из совместного анализа скоростного и временного разрезов можно прийти к выводу, что экранирование здесь обеспечивается гидротермально-метасоматическими измененными породами. Следовательно, только по характеру волновой картины на временном разрезе нельзя судить о экранирующих свойствах отражающих границ.

На другом рисунке представлен разрез по профилю, проходящему через эксплуатационную скважину, дающий притоки нефти из более глубоких интервалов, чем остальные скважины на месторождении (рис. 6). Анализ только одного временного разреза не позволяет



**Рис. 5. Фрагмент профиля 211094 (Костромагеофизика). Нейская площадь:**

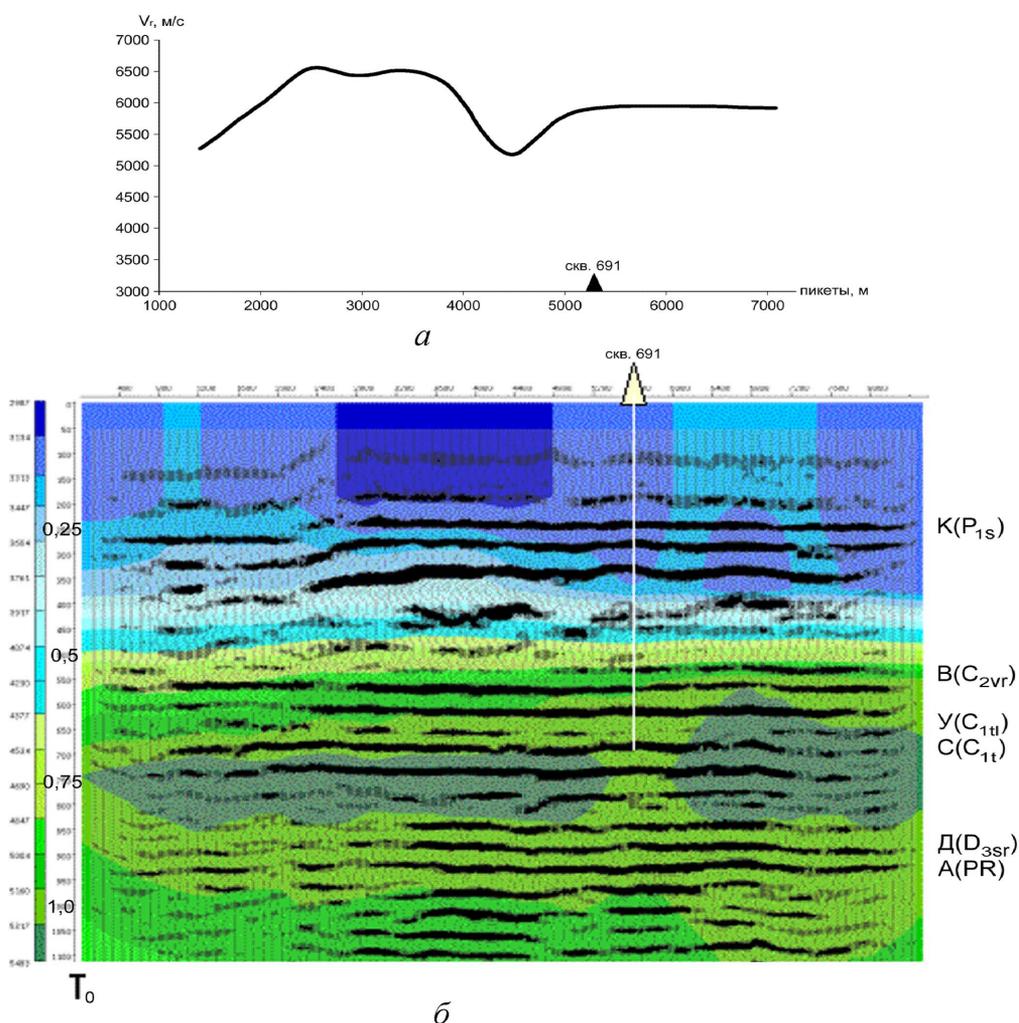
*а* – безэталонная классификация временного разреза; *б* – разрез интервальной скорости ПРО [14]

сделать какие-либо обоснованные предположения.

На разрезе интервальной скорости эта скважина попадает на разрыв в пачки отражающих горизонтов с повышенной скоростью (рис. бб). Помимо этого, на графике граничной скорости по первому преломляющему горизонту (фактически граница рыхлых отложений), несколько левее скважины, наблюдается значительный минимум скорости (рис. ба). Это дает основание предположить присутствие субвертикальной зоны трещиноватости.

### Заключение

Из анализа данных по распределению скорости в зонах разрывных нарушений следует такой вывод: распределение скорости в зонах разрывных нарушений является необходимой характеристикой для оценки проницаемости разрывных нарушений и экранирующих свойств перекрывающих их пород. Данные изучения разрывных нарушений по скорости упругих волн включают в себя большинство методик инженерной сейсморазведки, объективность результатов которой не



**Рис. 6. Профиль 75. Западный склон Южно-Татарского свода:**

*а* – график граничной скорости; *б* – мигрированный временной разрез (миграция до суммирования) с распределением интервальной скорости [28]

вызывает сомнений. Отсюда вывод, что современные методики изучения разрывных нарушений, не учитывающие определение скорости в зонах разрывных нарушений, не могут отражать объективной картины распределения упругих свойств в геологической среде. Процесс флюидизации ведет как к увеличению контрастности сейсмических границ, так и её уменьшению. Резервуар для рудной минерализации и углеводородов, в силу геодинамической и флюидогеодинамической активности геологической среды, должен быть механически жестким образованием во вмещающей среде. Без знания распределения скорости в среде прогноз проницаемости и экранирующих свойств может привести к ошибкам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Алешин А. С., Анциферов А. В., Компанец А. И., Туркель М. Г.* Изучение массива горных пород с использованием сейсмоакустических методов при изысканиях для строительства тоннеля//Физика Земли. № 11. 2005. С. 84–91.
2. *Алешин А. С.* Сейсмическое микрорайонирование особо ответственных объектов. М.: Светоч Плюс, 2010. 304 с.
3. *Богданов М. С.* Принципиальные возможности сейсморазведки при выделении малоамплитудных разрывных нарушений//Разведочная геофизика. Вып. 73. М.: Недра, 1976. С. 7–15.
4. *Галдин Н. Е.* Анизотропия скорости упругих волн в ультраосновных породах Кольского полуострова//Тектонофизика и механические свойства горных пород. М.: Наука, 1971. 196 с.
5. *Гринь Н. Е., Литвиненко Е. Р.* К методике построения сейсмических моделей разрезов Печенгского района//Записки Ленинградского горного института. Т. LXXXIX, 1981. С. 23–45.
6. *Дорофеева Т. В.* Тектоническая трещиноватость горных пород и условия формирования трещинных коллекторов нефти и газа. Л.: Недра, 1986. 224 с.
7. *Караев Н. А., Рабинович Г. Я.* Рудная сейсморазведка. М.: ЗАО “Геоинформмарк”, 2000. 366 с.
8. *Костюченко В. Н., Кочарян Г. Г.* Исследование деформационных характеристик нарушений сплошности разного иерархического
- уровня сейсмическими методами//Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV тектонического совещания. Т. I. Москва: ГЕОС, 2002. С. 269–273.
9. *Кузин А. М.* Прогноз залежей флюидального генезиса по данным сейсмических методов//Международная научная конференция “Геофизика и современный мир”. Тезисы докладов. Москва. 1993. С. 254.
10. *Кузин А. М.* Методика картирования зон разрывных нарушений в методе преломленно-рефрагированных волн//Прикладная геофизика. Вып. 132. Москва: Недра, 1998. С. 73–87.
11. *Кузин А. М.* Некоторые особенности интерпретации волновых полей в зонах разрывных нарушений//Геофизика. № 5. 1999. С. 3–15.
12. *Кузин А. М.* Реальная среда и интерпретация сейсмических данных//Геофизика. № 2. 2001. С. 19–28.
13. *Кузин А. М., Баранский Н. Л., Краснопецева Г. В.* К вопросу методологии интерпретации сейсмических данных для прогноза месторождений углеводородов//Нефтегазовая геология и освоение ресурсов и запасов углеводородов. Сб. науч. тр. К 70-летию ИГиРГИ. М.: ИГиРГИ, 2004. 332 с.
14. *Кузин А. М.* К оценке перспектив нефтегазоносности Московской синеклизы по сейсмическим данным//Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: ВНИИОЭНГ, 2004. № 12. С. 29–37.
15. *Кузин А. М.* Уточнение сейсмической модели активного разлома//Активные геологические и геофизические процессы в литосфере. Методы, средства, результаты. Материалы XII Международной конференции. Воронеж, 2006 г. С. 269–274.
16. *Куринов М. Б., Никитин В. Н.* Распределение трещин и скоростей упругих волн в зонах влияния тектонических нарушений//Инженерная геология. № 3. 1982. С. 11–14.
17. *Кучай В. К., Гусева Т. В., Улашина С. А.* К геодинамике разломов//Изв. АН СССР. Сер. геол. № 10. 1981. С. 45–49.
18. *Летников Ф. А., Бальшиев С. О.* Петрофизика и геоэнергетика тектонитов. Новосибирск: Наука, 1991. 148 с.
19. *Луценко Б. Н.* Интерпретация сейсмических волн в сложных средах. М.: Недра, 1987. 120 с.
20. *Ляховицкий Ф. М.* Сейсмические волны в гетерогенных средах//Результаты исследований по международным геофизическим проектам. М., 1988, 161 с.

21. Мальковский В. И., Пэк А. А. Условия развития тепловой конвекции однофазного флюида в вертикальном открытом разломе// Физика Земли. № 8. 2004. С. 70–78.
22. Невский В. А. Трещинная тектоника рудных полей и месторождений. М.: Недра, 1979. 224 с.
23. Невский В. А., Сонюшкин Е. П. Разрывные нарушения//Геологические структуры эндогенных урановых рудных полей и месторождений. М.: Недра, 1986. С. 12–24.
24. Николаев А. В. Сейсмика неоднородных и мутных сред. М.: Наука, 1973. 174 с.
25. Номоконов В. П., Грецишников Г. А., Шаров В. И., Жестков Ю. К. Изучение разломов в метаморфическо-интрузивном фундаменте методом отраженных волн//Изв. вузов. Сер. “Геология и разведка”. № 12. 1971. С. 12–19.
26. Павлова Н. Н. Деформационные и коллекторские свойства горных пород. М.: Недра, 1975. 240 с.
27. Поликов М. К., Луценко Б. Н. Сейсмическая модель зоны разлома в осадочной толще//Прикладная геофизика. Вып. 74. 1974. С. 23–28.
28. Попов В. В., Ларин Г. В., Кузин А. М. Высокопроизводительная технология получения глубинно-скоростной модели среды на основе послонной миграции до суммирования// Приборы и системы разведочной геофизики. № 02 (08)/2004. С. 11–16.
29. Пузырев Н. Н., Тригубов А. В., Бродов Л. Ю. и др. Сейсмическая разведка методом поперечных и обменных волн. М.: Недра, 1985. 234 с.
30. Савич А. И., Яценко З. Г. Исследования упругих и деформационных свойств горных пород сейсмоакустическими методами. М.: Недра, 1979. 203 с.
31. Садовский М. А. О естественной кувковатости горных пород//ДАН СССР. 1979. Т. 247. № 4. 829 с.
32. Садовский М. А., Голубева Т. В., Писаренко В. Ф., Шнирман М. Г. Характерные размеры горной породы и иерархические свойства сейсмичности//Физика Земли. № 2. 1984. С. 3–15.
33. Сейсмические волновые поля в зонах разломов/Под ред. А. В. Николаева. М.: Наука, 1987. 342 с.
34. Семёнова С. Г., Воробьёв А. М. Распределение пластовой скорости в литологостратиграфических комплексах осадочного чехла северо-западной части Днепровско-Донецкой впадины по глубине и площади// Разведочная геофизика. Вып. 106. М.: Недра, 1987. С. 35–41.
35. Ставрогин А. Н., Тарасов Б. Г. Экспериментальная физика и механика горных пород. СПб.: Наука, 2001. 343 с.
36. Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы/Под ред. акад. Е. М. Сергеева. М.: Недра, 1985. 332 с.
37. Haines T. J., Michie E. A. H., J. Neilson J., Healy D., Alsop G. I., Timms N., Aplin A. Diagenetic and Tectonic Evolution of Pore Networks in Carbonate Normal Fault Zones and their Effects on Permeability//3rd International Conference on Fault and Top Seals – From Characterization to Modelling Montpellier, CO3. France, 1–3 October 2012.

Рукопис отримано 08.12.2013.

**О. М. Кузін**

## **ПРО СЕЙСМІЧНУ МОДЕЛЬ ЗАЛІКОВАНОГО І “ЖИВУЩОГО” РОЗРИВНОГО ПОРУШЕННЯ**

*У статті наведено загальні закономірності розподілу швидкості поздовжніх хвиль у розривних порушеннях. Пояснюються особливості поведінки розривних порушень у кристалічному фундаменті та осадовому чохлаі.*

**Ключові слова:** розломи, швидкість сейсмічної хвилі, границі відбиття.

**A. M. Kouzin**

## **ON A SEISMIC MODEL OF HEALED AND “LEAVING” FAULTINGS**

*In the article we discuss general regularities of longitudinal velocity's distribution in dislocations. The interpretation of behavior of with a break in continuity in crystalline basement and sedimentary magnitude is offered.*

**Keywords:** Fault, velocity of the seismic P-wave, interpretation, reflecting boundary.

**М. Я. Вуль**, канд. геол.-мінерал. наук (УкрДГРІ), ukrdgri@ukrdgri.gov.ua

## **ДО МЕТОДИКИ ПАЛІНСПАСТИЧНИХ РЕКОНСТРУКЦІЙ СКЛАДЧАСТИХ СПОРУД З ПОКРИВНО-НАСУВНОЮ ТЕКТОНІКОЮ (на прикладі Західноукраїнського нафтогазоносного регіону)**

*Охарактеризовано сучасний стан і конкретні завдання наукових досліджень щодо оцінки перспектив нафтогазоносності в Україні (регіональний, зональний і локальний прогнози). На прикладі Західного регіону показані труднощі, які виникають під час виконання цих досліджень в умовах складчастих споруд з покривно-насувною тектонікою та можливості їхнього подолання застосуванням різних методів палінспастичних реконструкцій. Описані ці методи та завдання, які можуть ними виконуватися залежно від стану вивченості об'єкта. Для конкретної пошуково-розвідувальної площі або групи суміжних за наявності тенденції до більш-менш закономірної зміни потужності певних літолого-стратиграфічних комплексів рекомендується визначення горизонтальної складової амплітуди насувів за результатами буріння трьох-чотирьох свердловин, розміщених на одному профілі. Для реконструкції басейнів седиментації в межах великих геотектонічних одиниць із досить високим станом їх вивченості бурінням рекомендується спосіб "розгортання" ширини кожної лінії складок по профілях з одночасним коригуванням структурних побудов на маловивчених ділянках.*

**Ключові слова:** покривно-насувна тектоніка, прогноз нафтогазоносності, палінспастичні реконструкції, седиментаційний басейн, Складчасті Карпати, Бориславсько-Покутська зона.

**Вступ.** Науковий підхід до оцінки перспектив нафтогазоносності в середині 80-х років ХХ століття набув в Україні системного характеру у вигляді регіонального, зонального й локального прогнозу. Основне завдання регіонального прогнозу полягало в геолого-економічній оцінці початкових і поточних ресурсів вуглеводневої сировини великої за розмірами території (регіон, басейн, провінція, область тощо), локального – в оцінці перспективних і прогнозних локалізованих ресурсів конкретного об'єкта, підготовленого до пошукового буріння. Зональний прогноз у цій системі займає проміжне положення між двома вищеназваними. Його результати слугують інформаційною базою для

обґрунтування найефективніших напрямів геологорозвідувальних робіт з виявлення і підготовки об'єктів до пошукового буріння та оцінки їх перспективних і прогнозних локалізованих ресурсів. Ця інформаційна база складається із серії прогнозних карт: структурних, літолого-фаціальних, потужності й пористості колекторів, потужності та якості покришок тощо. Майже тридцятирічна практика зонального прогнозування [5, 6] показала, що якщо для територій платформного типу побудова цих карт не пов'язана з особливими труднощами технічного характеру, то для складчастих споруд з покривно-насувною тектонікою, в умовах якої літолого-стратиграфічні комплекси неодноразово по-

вторюються (інколи до 5–6 разів) у розрізах свердловин, просторове відображення на картах вищезазначених прогнозних параметрів майже неможливе без виконання відповідних палінспастичних [8] реконструкцій.

Понад 50-річний досвід вивчення геологічної будови інтенсивно дислокованих алохтонних складових Передкарпатського прогину (Бориславсько-Покутська і Самбірська зони\*) та північно-східної частини Скибової зони Українських Карпат із виконанням палінспастичних реконструкцій дає змогу оцінити можливості різних методичних підходів і конкретизувати характер геологічних завдань, що можуть бути ними вирішені.

**Мета статті** полягає в аналізі різних методик палінспастичних реконструкцій, запропонованими різними авторами, а також у визначенні доцільності їх застосування залежно від стану вивченості об'єкта досліджень.

**Геологічна характеристика об'єкта досліджень.** Західноукраїнський нафтогазоносний регіон охоплює декілька великих геотектонічних одиниць з різною геологічною будовою та історією розвитку (рис. 1). Найбільша частина його території представлена Волино-Подільською окраїною Східноєвропейської платформи, яку з південного заходу оточує смуга різновікових елементів молоді Західноєвропейської платформи, до яких прилягають альпійські споруди Складчастих Карпат з міжгірним Закарпатським і передовим Передкарпатським прогинами.

Бориславсько-Покутська зона є великим, зірваним зі своєї основи покривом, до якого входить низка лінійно витягнутих структур, складених пізньокрейдовим і палеогеновим флішем, а також нижньоміоценовими моласами. З південного

заходу ця зона частково, інколи майже повністю, перекрита насунутими на неї і подібними за структурою відкладами палеогенового та крейдового флішу Скибової зони (покриву) Карпат. У свою чергу Бориславсько-Покутська зона насунута в північно-східному напрямку на середньо- і верхньоміоценові моласи Самбірської зони Передкарпатського прогину (рис. 1). Усі відомі та прогнозовані на сьогодні структури Бориславсько-Покутської зони групуються в п'ять ярусів\*\*, що кулісоподібно перекривають один одного, нерідко тектонічно виклинюючись за простяганням. Кожний ярус містить у собі від однієї до декількох ліній антиклінальних складок, насунутих одна на другу з амплітудою на порядок меншою ніж ярусу на ярус. Усі складки зони в поперечному перетині асиметричні, з крутими, часто підвернутими або зрізаними північно-східними крилами. Їхня підвернутість властива лише фронтальним складкам ярусів і скиб. Нерідко підвернуті крила повздовжніми диз'юнктивними порушеннями, так званими насувними зривами [4], розбиті на окремі блоки. Іншою специфічною рисою Бориславсько-Покутської та Скибової зон є широкий розвиток поперечних до їх простягання скидо-зсувів, що розділяють структури на блоки і контролюють поширення в них покладів вуглеводнів.

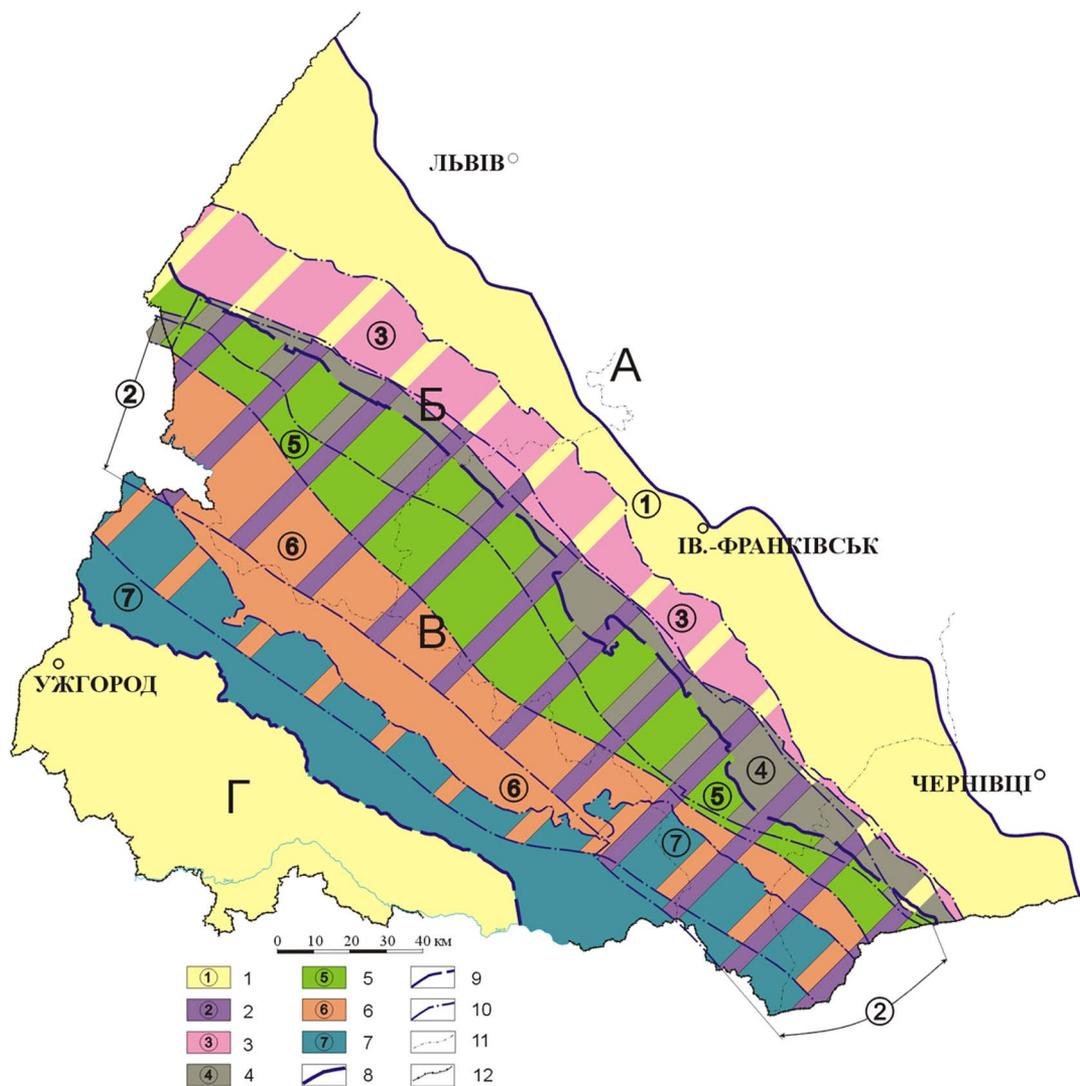
**Аналіз методик і результатів досліджень з палінспастичних реконструкцій.** Дуже важливим моментом під час вивчення районів з покривно-насувною тектонікою є кількісне визначення горизонтальної складової амплітуди насувів (ГСАН), оскільки воно забезпечує ґрунтовніше виконання структурних побудов, дає можливість оцінювати ширину параавтохтонних та автохтонних ділянок і дає підстави для прогнозування в їх межах

\* За схемою тектонічного районування В. С. Бурова та інших [1].

\*\* У геологічній літературі стосовно Бориславсько-Покутської зони поширені також еквівалентні за тектонічним змістом терміни: група складок та окремий покрив, а для Складчастих Карпат – скиба.

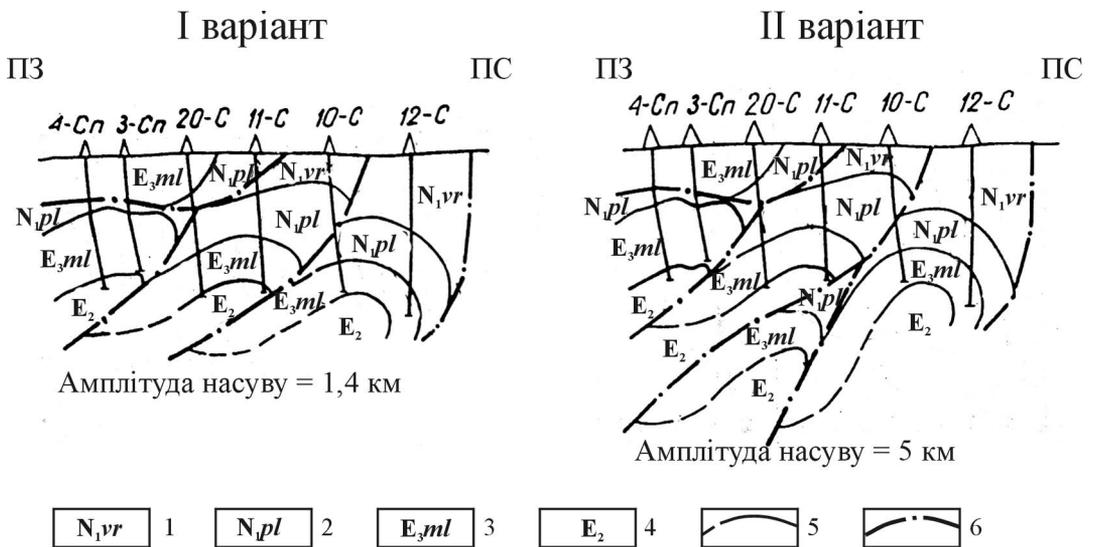
нових нафтогазоперспективних об'єктів (рис. 2). Під час вивчення геологічної будови Передкарпатського прогину і Складчастих Карпат бурінням і сейсмозвідкою вдалося визначити в окремих випадках лише мінімальні (а не повні) значення ГСАН, наприклад, насуву Скибової зони

на Бориславсько-Покутську, Самбірської на Більче-Волицьку. Інколи, якщо поверхні невеликих за амплітудою насувів безпосередньо перетиналися свердловинами, вдалося оцінити їх величину досить достовірно, але такі випадки були швидше винятком, аніж правилом.



**Рис. 1. Карта тектонічного районування Західного нафтогазоносного регіону України (за матеріалами ЛВ УкрДГРІ, 2007 р.)**

А – Східно- та Західноєвропейська платформи; Б – Передкарпатський передовий прогин: 1 – Більче-Волицька зона (автохтон), 2 – зона Платформного автохтона Карпат, 3 – Самбірська зона (алохтон), 4 – Бориславсько-Покутська зона (алохтон); В – Складчасті Карпати: 5 – Скибова зона, 6 – Кросненська зона, 7 – зони південного схилу Карпат; Г – Закарпатський міжгірний прогин; границі: 8 – платформ і Передкарпатського передового прогину, 9 – Складчастих Карпат і прогинів, 10 – тектонічних зон, 11 – адміністративних областей, 12 – державна



**Рис. 2.** Можливі варіанти геологічних розрізів за різними значеннями горизонтальної складової амплітуди насування на прикладі Струтинської площі [3]  
 Світи: 1 – воротищенська, 2 – поляницька, 3 – менілітова; 4 – еоцен; 5 – стратиграфічні границі; 6 – насуви

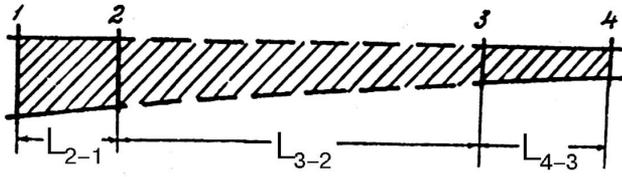
М. Д. Криттенден [12] запропонував визначати амплітуду горизонтального зміщення під час насування зіставленням карт ізопахіт одновікових товщ автохтона та алохтона, екстрапольованих за межі їхнього тектонічного контакту. Відстань між точками з рівними потужностями в алохтонному та автохтонному блоках, заміряна по ортогональній до цього контакту лінії, відповідала ГСАН. Однак застосування цієї методики в умовах Складчастих Карпат і Передкарпатського прогину виявилось неефективним, з одного боку, через малу кількість свердловин на початкових етапах вивчення бурінням розвідувальних площ і, з другого, через проблематичність визначення нормальних потужностей стратиграфічних комплексів в умовах інтенсивної деформованості їх дисгармонічною складчастістю. Тому ми в 1965 і 1968 рр. запропонували інший метод, що не потребував побудови карт ізопахіт і міг застосовуватися за обмеженої кількості свердловин ще на перших етапах пошуково-розвідувального буріння. Його суть полягала в наступному.

Як відомо, здебільшого потужність літолого-стратиграфічних комплексів у межах басейнів седиментації помітно зменшується від їх центральних частин до периферійних. Ця зміна переважно відбувається поступово, без різких перепадів (рис. 3), і її можна кількісно охарактеризувати градієнтом зміни потужності. Зближення складок під час насування змінює його характер на різкіший, стрибкоподібний. При цьому величина “стрибка” (рис. 3) обмежується ступенем зближення складок (лусок), що можна використати для визначення ГСАН аналітичним способом.

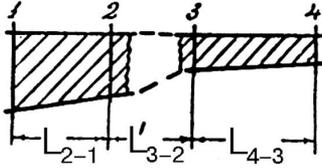
Для виведення формули скористаємося рис. 4. Зображена на графіку крива характеризує зміну потужності певного літолого-стратиграфічного комплексу. На осі абсцис показана відстань ( $l$ ) від початкової точки до місця заміру потужності ( $h$ ), на осі ординат її нормальне\* значення.

Апроксимуємо ділянки кривої 1–2, 2–3 та 3–4 відрізками прямих ліній. Тоді градієнти змін потужностей ( $K$ ) між сусідніми

\* З урахуванням кута нахилу порід.



а



б

$$L_{3-2} - L'_{3-2} = A \leftarrow \text{амплітуда насуну}$$

**Рис. 3.** Співвідношення товщин відкладів до і після насунання [3]:

а) до насунання; б) після насунання

точками будуть постійними величинами і відповідатимуть формулам

$$K_{2-1} \approx \frac{h_2 - h_1}{l_2 - l_1}, \quad (1)$$

$$K_{3-2} \approx \frac{h_3 - h_2}{l_3 - l_2}, \quad (2)$$

$$K_{4-3} \approx \frac{h_4 - h_3}{l_4 - l_3}. \quad (3)$$

Оскільки кількісне значення  $K_{3-2}$  міститься між значеннями  $K_{2-1}$  і  $K_{4-3}$ , можна умовно прийняти, що воно приблизно дорівнює їхньому середньоарифметичному

$$K_{3-2} \approx \frac{K_{2-1} + K_{4-3}}{2}. \quad (4)$$

Використовуючи формули (1)–(3), отримуємо

$$\frac{h_3 - h_2}{l_3 - l_2} \approx \frac{\frac{h_2 - h_1}{l_2 - l_1} + \frac{h_4 - h_3}{l_4 - l_3}}{2}, \quad (5)$$

звідки

$$l_3 - l_2 \approx \frac{2(h_3 - h_2)}{\frac{h_2 - h_1}{l_2 - l_1} + \frac{h_4 - h_3}{l_4 - l_3}}. \quad (6)$$

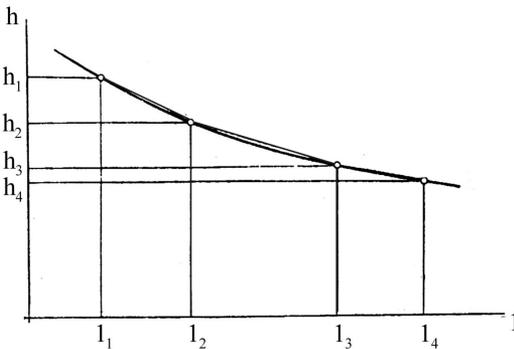
Вирази  $l_2 - l_1$ ,  $l_3 - l_2$  і  $l_4 - l_3$ , що відповідають відстані між точками заміру потужності, для зручності замінимо символами  $L_{2-1}$ ,  $L_{3-2}$  і  $L_{4-3}$ . При цьому, якщо  $L_{2-1}$  і  $L_{4-3}$  можна визначити безпосередньо з карти чи поперечного геологічного профілю, то

$$L_{3-2} = L'_{3-2} + A \text{ або } A = L_{3-2} - L'_{3-2}, \quad (7)$$

де  $L'_{3-2}$  – відстань між точками 2 і 3 після насунання (рис. 3);  
 $A$  – горизонтальна складова амплітуди насунання (ГСАН).

Із формул (6) і (7) випливає, що

$$A \approx \frac{2(h_3 - h_2)}{\frac{h_2 - h_1}{L_{2-1}} + \frac{h_4 - h_3}{L_{4-3}}} - L'_{3-2}. \quad (8)$$



**Рис. 4.** Графік зміни товщин відкладів [3]

Формула (8) придатна до користування, коли розрізи розкриті свердловинами в чотирьох точках профілю – по дві в кожній складці. Якщо ж на одній складці їх дві, а в другій – лише одна, то формулу (8) потрібно видозмінити. Для цього припускаємо, що

$$K_{3-2} \approx K_{2-1}, \quad (9)$$

$$\frac{h_3 - h_2}{L_{3-2}} \approx \frac{h_2 - h_1}{L_{2-1}}, \quad (10)$$

тоді

$$L_{3-2} \approx L_{2-1} \frac{h_3 - h_2}{h_2 - h_1}. \quad (11)$$

Використовуючи формулу (7), отримуємо, що

$$A \approx L_{2-1} \frac{h_3 - h_2}{h_2 - h_1} - L'_{3-2}. \quad (12)$$

Якщо розрізи відомі менше, аніж у трьох точках, визначити ГСАН за формулами (7) і (12) неможливо. За наявності більше чотирьох точок застосувати їх додатково немає сенсу, оскільки з перебігу вищенаведених міркувань видно, що точність визначення  $A$  обмежується точністю градієнта  $K_{3-2}$ , який визначається з графіка (рис. 4), як середньоарифметичний між двома найближчими ділянками кривої. Якщо ж залучати до визначення ГСАН розрізи свердловин, віддаленіших від поверхні насуву, то похибка у визначенні величини ГСАН лише зростає. Тому для розрахунків цілком достатньо використовувати по два найближчих до насуву розрізи.

Ураховуючи те, що потужності ( $h$ ), які беруться для визначення ГСАН, можуть змінюватися не так закономірно, як постулювалося під час виведення формул (8) і (12), розрахунок, виконаний лише по одній товщі, не можна вважати достатньо достовірним. Його необхідно виконати по декількох горизонтах, бажано більшої потужності, і кінцевий результат визначити як середньоарифметичний з близьких значень.

Автор статті такі розрахунки свого часу [3] виконував для структур центральної

частини Бориславсько-Покутської зони в межиріччі Свічі та Бистриці Солотвинської. Найпридатнішими для розрахунку ГСАН виявилися відклади верхньо- і середньоменілітової підсвіти олігоцену, які в цьому районі впевнено корелюються, закономірно зменшуючись у потужності з південного заходу до північного сходу.

Значення ГСАН за описаною вище методикою визначалися для шести ліній складок трьох ярусів (Спаська, Верхньострутинсько-Долинська, Нижньострутинсько-Північнодолинська – перший ярус; Майдансько-Вільхівська, Луквинська – другий ярус; Росільнянська – третій ярус) у п'яти блоках. У таблиці показані результати розрахунків по різних стратиграфічних інтервалах менілітової світи й середні їх значення в кожному блоці. За межами цієї ділянки, де верхня частина менілітової світи розмита, ГСАН не визначалися. Отримані дані були використані для обґрунтування й коригування напрямів геологорозвідувальних робіт Калуської нафтогазорозвідувальної експедиції глибокого буріння на Струтинській, Вільхівській, Рожнятівській, Луквинській, Чечвинській, Росільнянській і Космацькій площах під час розвідки однойменних родовищ (таблиця).

Неможливість кількісного визначення ГСАН для територій, де верхня частина менілітової світи зазнала розмиву (а це понад двох третин площі всієї Бориславсько-Покутської зони), спонукала науковців УкрДГРІ та Івано-Франківської ЦНДЛ (тепер НДІ ПІ ПАТ “Укрнафта”) під час виконання досліджень регіонального характеру до пошуків інших процедур палінпастичних реконструкцій, основною рисою яких були заміри ширини “розігнутих” складок по нижньороговиковому горизонту в підшві відкладів олігоцену й відкладання заміряних величин від якоїсь стабільної сучасної тектонічної границі.

У монографії “Обоснование направленный поисков нефти и газа в глубокозалегающих горизонтах Украинских Карпат” [2] наведені схематичні літофаціальні карти палеоценових, нижньо-, середньо-

**Таблиця. Визначення ГСАН складок центральної частини Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину в межиріччі Свічі та Бистриці Солотвинської**

Блоки		Долинський	Ясеновецький	Ріпнянський		Перегинський		Майданський	
Ліній складок		1	2	3	4	3	4	4	5
Сласька			0,6; 0,5; 0,5; 0,6; 0,5; 0,4						
	середнє в блоці		0,5						
Верхньо-струтинсько-Долинська		1,7; 1,4; 2,0; 1,9; 1,7; 1,7; 2,1; 1,3; 1,3; 1,1							
	середнє в блоці	1,6			1,6				
Нижньо-струтинсько-Північнодолинська				5,6; 3,6; 4,1	5,9; 3,5; 4,6; 4,6; 5,7	7,5; 6,3; 6,1	8,1		
	середнє в блоці			4,4	4,9	6,6	8,1		
Луквинська					0,5		1,5	1,1*	
	середнє в блоці				0,5		1,5	1,1*	
Майдансько-Вільхівська									16,0
	середнє в блоці								16,0

*Примітки:* 1. Значення (...) отримано не з розрахунків за формулами (8) і (12), а безпосередньо за розміром свердловини № 3-Луквинська

2. Назви ліній складок: 1 – Нижньоострутинсько-Північнодолинська, 2 – Верхньоострутинсько-Долинська, 3 – Луквинська, 4 – Майдансько-Вільхівська, 5 – Росільнянська.

і верхньоєоценових відкладів Скибової та Бориславсько-Покутської зон, побудовані на палінспастичній основі. Але судячи з границь ярусів складок на картах, визначення їх було недостатньо мотивованим. Зокрема не показане значне зменшення ширини Бориславсько-Покутської зони в північно-західному напрямку за рахунок нижніх ярусів складок, тенденція до якої намічалася за даними буріння й геофізичних досліджень на Добромиль-Стрільбицькій, Старосамбірській і Блажівській площах, а також виклинювання першого та другого ярусів складок разом з Береговою скибою Карпат у південно-східному напрямку.

Для аналізу просторового поширення літофацій палеоцен-еоценового флішу північного схилу Українських Карпат [11] була використана досконаліша методика палінспастичних реконструкцій: на побудованих за матеріалами буріння та геофізичних досліджень понад 80-ти поперечних профілях замірялася ширина всіх відомих, виявлених сейсморозвідкою та прогнозованих складок, і відкладалися її значення на північний схід (Бориславсько-Покутська зона) і південний захід (Скибова зона) від південно-західної границі першого ярусу Бориславсько-Покутської зони. Це дало можливість реальніше відобразити границі північно-східної частини басейну седиментації палеоценових та еоценових відкладів і виявити прямий зв'язок поширення грубоуламкових фацій в їхньому розрізі з діяльністю стародавніх морських глибоководних конусів виносу.

Співробітники Івано-Франківського ЦНДЛ З. В. Ляшевич та І. Т. Штурмак відобразили результати своїх досліджень з палінспастичних реконструкцій у низці публікацій [9, 10]. Відповідно до методики, яку вони запропонувати [9], на першому етапі "...розгортання флішових структур Бориславсько-Покутської зони виконувалося від центральних найбільш вивчених ліній складок, в різні сторони без просторової прив'язки розгорнутого комплексу відкладів до їхньої основи. На такій палінспастичній основі будувалася

карта потужності менілітової світи олігоцену, яка відображала омбронську стадію геосинклінального розвитку Карпат. У подальшому, маючи певну інформацію про гіпсометрію доальпійського фундаменту Карпатського регіону і вважаючи, що деякі частини фундаменту якось відображаються у характері будови зісковзнувшої оболонки, палеоструктурний план суміщали із планом тектонічної будови доальпійського фундаменту і таким чином визначали первісне положення Бориславсько-Покутської зони". За північно-східним краєм алохтонної частини Бориславсько-Покутської зони згадані автори прогнозували наявність смуги автохтонного флішу завширшки до 10 км, що прилягає до Передкарпатського розлому, положення якого фіксувалося за даними геофізичних досліджень і буріння. Дискусійним у такій методиці є, на нашу думку, те, що наявність автохтонного флішу біля Передкарпатського розлому не доведена. Навпаки, глибоке буріння в Покутсько-Буковинських Карпатах показало, що під їх насувом розріз зони Платформного автохтона Карпат (рис. 1) представлений платформними, а не флішовими фаціями відкладів палеогену й мезозою, які за геофізичними даними (П. М. Шеремета, 1985–1994 рр.) на південний захід поступово переходять у шельфові фації. Із урахуванням цих даних розвиток відкладів палеогену і крейди у флішових фаціях в автохтонному заляганні може, на нашу думку, територіально очікуватися лише під тектонічними зонами південного схилу Карпат або взагалі вони можуть бути відсутніми в автохтоні через затягування їх у колізійно-компресійну зону субдукції на глибини декілька десятків кілометрів і глибоку метаморфізацію в умовах високих тисків і температур.

На початку 90-х років УкрДГРІ з метою виконання завдань, передбачених галузевою цільовою науково-технічною програмою Мінгео УРСР "Пошук та розвідка", було виконано зональний прогноз нафтогазоносності Бориславсько-Покутської зони. Наведені в цій роботі карти

потужностей колекторів окремих світ і підсвіт палеогенових відкладів були побудовані на палінспастичній основі – схемі розміщення пробурених свердловин, що відповідала первісному (донасувному і до складчастому) басейну осадконакопичення. Ця схема була створена УкрДГРІ, як і деякі попередні подібні схеми, замірюванням ширини “розігнутих” складок по нижньороговиковому горизонту в підшві відкладів олігоцену. За вихідну лінію для “розгортання” складок бралось положення південно-західного краю I ярусу складок Бориславсько-Покутської зони, визначеного на цей момент досить достовірно бурінням і сейсморозвідкою. Від цієї лінії ортогонально до її простягання послідовно відкладалися заміряні значення ширини складок Скибової зони на південний захід і Бориславсько-Покутської – на північний схід. При цьому екстремальні їх величини коректувалися відповідно до результатів замірів на найвивченіших бурінням профілях, що дало змогу коригувати й самі структурні побудови на менш вивчених ділянках. Такий підхід дав можливість звести до мінімуму елементи суб’єктивізму та отримати досить надійну схему розміщення свердловин на “розтягнутій” основі. На відміну від попередніх карт, створених за допомогою палінспастичних реконструкцій, окрім ліній тектонічних контактів, між лініями складок на цих були також показані лінії поперечних скидо-зсувів, положення яких визначалося за даними буріння, геологічної зйомки, сейсморозвідки, гравіметрії та дешифрування матеріалів аерокосмозйомки.

Складені на початку 90-х років карти потужності колекторів у 1998 р. були доповнені даними щодо їх пористості, що сприяло підвищенню достовірності локального прогнозу нафтогазоносності виявлених і підготовлених до пошукового буріння об’єктів. Одна з таких карт показана на рис. 5.

У подальшому на цій самій палінспастичній основі була побудована карта потужності олігоценових відкладів Бориславсько-Покутської зони, яка дала мож-

ливість виявити взаємозв’язок поширення покладів вуглеводнів з палеотектонічною ситуацією на початок неогену та прогнозувати їх фазовий стан на окремих ділянках зони [7, 13].

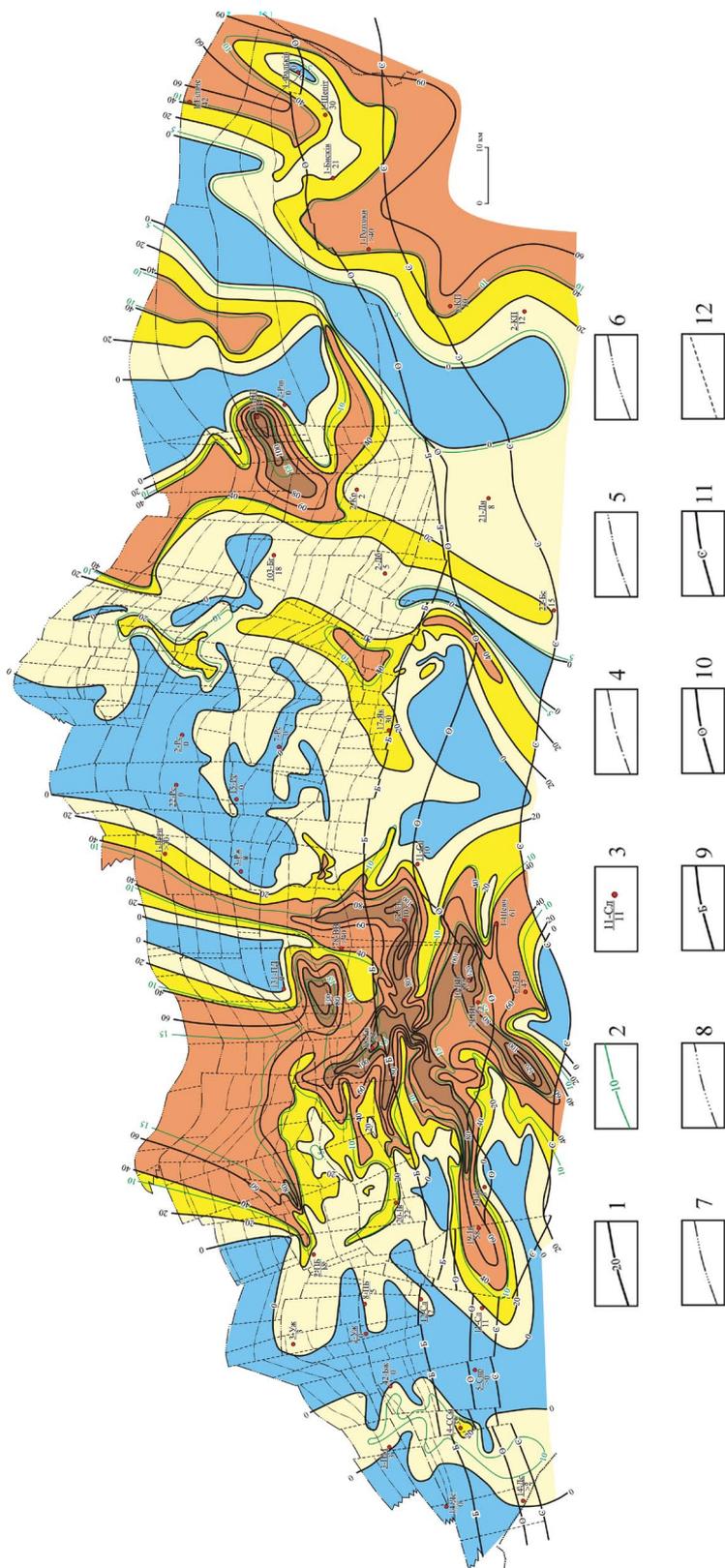
**Висновки.** Загальний огляд інформації щодо існуючих методик палінспастичних реконструкцій дає підставу для таких висновків:

1. Методику, яку запропонував у 1961 р. М. Д. Криттенден [12], можна використовувати лише для відносно малодетформованих насунутих товщ за достатньої для побудови карт ізопакіт у межах алохтонного та параавтохтонного (автохтонного) блоків кількості пробурених свердловин.

2. Методику кількісного визначення ГСАН за формулами (8) і (12) можна застосовувати на перших етапах пошуково-розвідувального буріння за обмеженої кількості свердловин і наявності в розрізі літолого-стратиграфічних товщ, що послідовно змінюють свою потужність в якомусь напрямку. Це дає змогу визначитися з можливою наявністю параавтохтонних ліній складок між двома вже розкритими свердловинами і більш обґрунтовано планувати подальші геологорозвідувальні роботи на площах з покривно-насувною тектонікою.

3. На територіях, де вже пробурено велику кількість свердловин, найоптимальнішою методикою, на нашу думку, є застосування способу “розгортання” ширини кожної лінії складок на значній кількості профілів з одночасним коригуванням структурних побудов на маловивчених ділянках. Як показав досвід застосування такої методики, вона дає можливість створити більш-менш надійну основу для побудови карт розвитку літофацій, ефективних потужностей і пористості колекторів, палеотектонічних досліджень тощо. З накопиченням матеріалів буріння ці основи набувають більшої точності.

4. Для Карпатського регіону, де нафтогазопошукові об’єкти на глибинах 4–5 км більш-менш вивчені глибоким бурінням і геофізикою, подальші роботи на глибинах 5–6 км і більше потребуватимуть



**Рис. 5. Карта товщин і пористості колекторів вугідської світи еоцену на палінастичній основі (склали М. Я. Вуль, О. О. Максимова, В. М. Гаврилко, 2005 р.)**

1 – ізопахіти (кольором показані ділянки розвитку колекторів різної якості: блакитним – відсутність колекторів, жовтим – колектори низької якості, світло-жовтим – середньої якості, коричневим – високої якості, темно-коричневим – найкращої якості); 2 – ізопори; 3 – свердловини (в чисельнику – назва, у знаменнику – ефективна товщина); лінії насувів складок: 4 – першого ярусу, 5 – другого ярусу, 6 – третього ярусу, 7 – четвертого ярусу, 8 – п'ятого ярусу, 9 – Берегової скиби, 10 – Орівської скиби, 11 – Сколівської скиби; 12 – підквиди, скиди, скидо-зсуви

обов'язкового попереднього прогнозування розвитку колекторів і флюїдоупорів тощо. Якісне виконання цих досліджень для багатоярусних покривно-насувних комплексів неможливе без палінспастичних реконструкцій. Варто очікувати, що подальше практичне їх виконання сприятиме вдосконаленню існуючих методик і створенню нових.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Буров В. С., Глушко В. В., Шакин В. А., Шпак П. Ф. К вопросу о северо-восточной границе распространения флиша во Внутренней зоне Предкарпатского прогиба//Геол. журнал. 1969. Т. 29. Вып. 3. С. 3–11.
2. Бойко В. Н., Бортницкая В. М., Буров В. С. и др. Обоснование направлений поисков нефти и газа в глубоководных горизонтах Украинских Карпат. К.: Наукова думка, 1977. 176 с.
3. Вуль М. А. Определение горизонтальной составляющей амплитуды надвигов в условиях Предкарпатского краевого прогиба//Нефтегазовая геол. и геофизика. Текущ. информ. 1965. Вып. 3. 1 с.
4. Вуль М. А. Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности Предкарпатья в междуречье Свичи и Быстрицы Надворнянской: Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Львов, 1968. 20 с.
5. Вуль М. А., Максимова О. А. Зональный прогноз нефтегазоносности в условиях покровно-надвиговой тектоники (на примере Бориславско-Покутской зоны Предкарпатского прогиба)//Нефть. и газ. пром-сть. 1991. № 1. С. 2–4.
6. Вуль М. А., Максимова О. А. Опыт зонального прогноза нефтегазоносности в условиях покровной тектоники Бориславско-Покутской зоны Предкарпатского прогиба//Тез. докл. научной сессии Ин-та геол. БНЦ УрО АН СССР “Шарьяжно-надвиговая тектоника и ее роль в формировании месторождений полезных ископаемых”. Уфа, 1991. С. 100–101.
7. Вуль М. Я., Максимова О. О. Взаемозвязок розміщення і фазового стану покладів вуглеводнів Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину з її палеоструктурою на початок міоцену//Нафть. і газова промисловість. 2000. № 4. С. 17–18.
8. Геологический словарь. М.: Недра, 1973. Т. 1. 315 с.
9. Ляшевич З. В., Штурмак И. Т. Об амплитудах покровных перемещений Бориславско-Покутской зоны//Нефть. и газ пром-сть. 1988. № 1. С. 21–23.
10. Кузьмик Л. М., Окренкий И. Р., Штурмак И. Т. Вплив палеотектонічного і літофациального чинників на розміщення та умови формування покладів нафти і газу у палеогенових відкладах Внутрішньої зони Передкарпатського прогину//Нафть. і газова пром-сть. 2002. № 6. С. 6–8.
11. Пилипчук А. С., Вуль М. А. Палеоцен-эоценовый флиш северного склона Украинских Карпат – отложения древних морских глубоководных конусов выноса//Геология нефтегазоносных пластовых резервуаров. Москва: Наука, 1981. С. 33–42.
12. Crittenden Max D. Jr. Magnitude of thrust faulting in northern Utah//Geol. Surv. Profess. Paper. 1961. N 424 D. P. 128–131.
13. Vul M. Ja., Ladyzhensky G. N., Maksimova O. O. Paleotectonic criteria for location and prognosis of the phase state of hydrocarbon pools in the Borislav-Pokuttia zone of the Carpathian foredeep//Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego. Warszawa, 1999. P. 195–196.

Рукопис отримано 21.12.2013.

**М. А. Вуль**

#### **К МЕТОДИКЕ ПАЛИНСПАСТИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ СКЛАДЧАТЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПОКРОВНО-НАДВИГОВОЙ ТЕКТОНИКОЙ (на примере Западноукраинского нефтегазоносного региона)**

*Охарактеризовано современное состояние и конкретные задачи научных исследований по оценке перспектив нефтегазоносности в Украине (региональный, зональный и локальный прогнозы). На примере Западного региона показаны трудности, которые возникают при выполнении этих исследований в условиях складчатых сооружений с покровно-надвиговой тектоникой и возможности их преодоления применением разных методов палинспастических реконструкций. Описаны эти методы и задачи, которые могут ими*

выполняться в зависимости от состояния изученности объекта. Для конкретной поисково-разведочной площади или группы смежных при наличии тенденции к более-менее закономерному изменению мощности определенных литолого-стратиграфических комплексов рекомендуется определение горизонтальной составляющей амплитуды надвигов по результатам бурения трёх-четырёх скважин, расположенных на одном профиле. Для реконструкции бассейнов седиментации в пределах крупных геотектонических единиц с достаточно высокой степенью их изученности бурением, рекомендуется способ “развертывания” ширины каждой линии складок по профилям с одновременной корректировкой структурных построений на малоизученных участках.

**Ключевые слова:** покровно-надвиговая тектоника, прогноз нефтегазоносности, палинспастические реконструкции, седиментационный бассейн, Складчатые Карпаты, Бориславско-Покутская зона.

**M. Ja. Vul**

**FOR METHODS OF PALINSPASTIC RECONSTRUCTIONS FOLDED STRUCTURES WITH NAPPED-THRUST TECTONIC (on example of western ukrainian oil-and-gas-bearing region)**

*The characteristics of modern state and concrete tasks of scientific researches of assessments of oil-bearing of Ukraine (regional, zonal and local prognosis) are given. The difficulties, that arise during of these researches in conditions of folded constructions with napped-thrust tectonics and possibility of its over coming by using different methods of palinspastic reconstructions are shows on example of the Western region. Methods and problems which can be carry out depends on condition of study of object are describes. For specific exploration area or group of adjacent by existence tendency to more or less regular thickness change of some lithological-stratigraphic complex recommends to determine the horizontal component amplitude thrusts as a result of drilling 3–4 wells, disposed in one profile. For sedimentary basin reconstruction within the major geotectonic units with quite high level of drilling study, recommends the way to expand the width of each folds line on profiles, with simultaneous correction of structural buildings on not-enough studied areas.*

**Keywords:** *nappe and thrust tectonics, prognosis of oil and gas bearing, palinspastic reconstructions, sedimentary basin, Folded Carpathians, the Boryslav-Pokutia zone.*

**О. В. Зурьян**, заместитель директора по производству, экономике  
и общим вопросам,

**А. И. Левченко**, канд. геол. наук, заведующий отделом экономики  
геологических исследований и проблем недропользования (УкрГГРИ)

## **К ВОПРОСУ УЧЕТА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА В ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ И СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

*Освещены существующие подходы к понятиям неопределенности и риска. Изложены на основе теории стратегических игр критерии выбора решения с учетом неопределенности в отношении геологических и экономических параметров промышленной ценности месторождений полезных ископаемых. Приведен числовой пример.*

**Ключевые слова:** факторы неопределенности и риска, геолого-экономический анализ, стоимостная оценка, геологические и экономические параметры, месторождение, участок недр.

### **1. Факторы неопределенности и риска при оценке месторождений**

Необходимость принимать решения, для которых не удастся полностью учесть предопределяющие их условия, а также правомерность будущих эффектов принимаемых решений, встречается на всех этапах геологического изучения недр. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых (МПИ) всегда более или менее связана с подобными факторами неопределенности и риска. Источником и мерой неопределенности сведений о МПИ являются неизбежные случайные погрешности оценок основных геологических и экономических параметров, служащих исходными данными при принятии решения о целесообразности освоения МПИ. Тем не менее отказаться в таких ситуациях от принятия решений большей частью бывает невозможно.

В основном в литературе встречаются различные определения понятий неопределенности и риска [1, 5, 8, 9, 10, 12]:

- риск и неопределенность – синонимы;
- ситуация риска возникает, если при принятии решений существует возмож-

ность определить вероятности “реализации” природой того или иного состояния и, что особенно важно, состояний и соответствующих оценок вероятностей должно быть более одного. Выбор решения в условиях достоверности можно считать частным случаем выбора решения в условиях риска, если вероятности возникновения состояний объективных условий, кроме одного, очень малы;

– при наличии неопределенности можно рассчитывать лишь на то, что перечислив конечное число состояний объективных условий, способных оказать влияние на результат, признать вслед за тем невозможность традиционными способами оценить вероятности каждого из этих состояний.

Рассмотренными случаями не исчерпываются возможные проявления факторов неопределенности и риска. Например, с экономической точки зрения под риском понимается возможность получения недопустимого финансового результата, в частности отрицательного значения NPV. Необходимы также способы задания оценочных параметров, в интервале

изменения которых ( $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$ ) выбор оценочной функции осуществляется с учетом количественных характеристик ситуации, в которой принимается решение.

Обобщая вышеизложенные подходы, достаточно отметить, что при принятии решения (в зависимости от полноты и качества информации) результат каждого из альтернативных вариантов точно известен, то речь не может идти о риске. Именно это обстоятельство нивелирует понятие “риск” с понятием “неопределенность”: риск существует только тогда, когда есть неопределенность. Причем любой риск не должен превышать уровень, при котором результат решения достигается с достаточной надежностью.

## **2. Исходные положения оценки месторождений в условиях неопределенности и риска**

Обычно в практических ситуациях геологоразведочные работы представляют собой многостадийную процедуру эмпирического предсказания перспективных в промышленном отношении объектов геологоразведки (ГР), обеспечивающих эффективное проведение работ по добыче полезных ископаемых (ПИ). Предполагается, что основной интерес представляют такие МПИ, для которых при существующих технологиях и средствах механизации имеется хотя бы одна, уже освоенная на основе опыта эксплуатации аналогичных МПИ, технология отработки запасов ПИ с учетом эффекта освоения и риска. Имея ввиду контролируруемую подготовку МПИ к использованию, можно говорить о воспроизводимой подготовке, если дополнительно установлены имеющие законченный геолого-экономический смысл концептуальные правила распознавания объектов ГР по двум классам: “месторождения – не месторождения”. Построение подобных правил эквивалентно решению задачи геологической интерпретации горно-экономических параметров природного качества МПИ. Эти данные, как правило, имеют во многом экспертный, нечеткий характер, и этому формальному элементу процесса принятия решений трудно

подыскать содержательный аналог в реальных процедурах прогнозирования. В области своей экспертно-формульной применимости [1, 4] при оценке промышленной значимости объектов ГР приходится иметь дело с ошибками выделения первого рода (пропуски перспективных в промышленном отношении объектов) и ошибками второго рода (лишние). Речь идет о том, что при распознавании геологического объекта, а в случае двух образов:  $A_1$  (перспективный объект) и  $A_2$  (неперспективное рудопоявление) можно ошибочно посчитать, что  $a$  принадлежит (не принадлежит)  $A = A_1 \cup A_2$ , а также ошибочно определить принадлежность  $a \in A_1 \vee A_2$ . Следовательно, в общем случае, в условиях неструктурированной информации об основных горно-геологических характеристиках объекта ГР и/или недостаточной ориентации на будущее факторов, относящихся к технологическим и экономическим условиям эксплуатации МПИ, можно выделить “лишние”  $a$  (нулевые ошибки первого рода) или отбросить “нужные”  $a$  (максимальные ошибки второго рода).

Фактически сейчас оценка МПИ является разновидностью нестабильной формульной экспертизы [4, 5]. Это вполне согласуется с объективной возможностью, хотя бы задним числом, в результате региональных исследований и практики разведочных работ на определенный вид ПИ, минимизировать ошибки выделения первого рода (пропуски) и второго рода (лишние). Можно предположить, что граница между перспективными/неперспективными в промышленном отношении МПИ явно не фиксируется, во многом из-за неопределенности и неясности экономических детерминант освоения МПИ в условиях рынка. В частности, ожидания типа “затраты-выгоды” от освоения МПИ определяются многими горно-геологическими и экономическими факторами и предполагают наличие полной информации о состоянии ресурсной базы. При неполной информации может случиться, что разрабатываться будут вновь

открытые “качественные” МПИ, а добыча из менее рентабельных МПИ будет сворачиваться.

Как известно [1, 9, 13, 14 и др.], промышленная ценность МПИ зависит от природных особенностей и экономичности возможной разработки МПИ и от того, насколько промышленное освоение МПИ целесообразно в связи с наличием других, уже эксплуатируемых или известных. Оценить целесообразность и будущий эффект от эксплуатации МПИ можно через минимально допустимое значение заданного критерия эффективности (прибыли, издержек и объема добычи и др.) и, опять-таки, риска. Это служит естественной предпосылкой к сравнительной дифференциальной оценке МПИ и очередности разработки в направлении снижения их экономического качества, т. е. в порядке повышения текущей и капитальной составляющих предельных (“замыкающих”) затрат.

Неопределенность разведочной информации, безотносительно к какому-либо виду ПИ, приводит к произвольным издержкам в сфере добычи, что, во-первых, находит отражение при оценке МПИ через горнотехнические и технико-экономические параметры, с помощью которых выбирается способ его эксплуатации, и, во-вторых, служит ключом к определению рациональных объемов ГРР на том или ином МПИ. Эти факторы сложно связаны между собой и, вообще говоря, субъективно интерпретируемы, в частности, по принципиальной возможности их влияния на эффективность разведки и освоения МПИ.

Как заметил А. М. Марголин [9], “стоит только отказаться от вероятностных свойств информации о разведываемых запасах (т. е. предположить разведанные запасы достоверными), как мы тут же сведем стохастическую модель к детерминированной, в рамках которой уже не удастся найти какое-либо оправдание затратам на разведку открытых месторождений, ибо зачем тратить средства на изучение и без того достоверных запасов”.

Следует в этой связи отметить, что в недалеком прошлом, в условиях трудо-капитального регулирования ценности природных благ, которое можно представить, например, как минимизацию приведенных затрат производственного комплекса (топливно-энергетического, горнопромышленного) на множестве технологий при фиксированных в рассматриваемой перспективе ценах на минеральное сырье (в природном виде или на продукцию определенного целевого назначения), выделение средств на освоение МПИ оценивалось достижением определенного соотношения для запасов категорий  $A+B+C_1(C_2)$  с учетом сложности геологического строения объектов оценки. Объекты, по которым это соотношение не достигалось, рассматривались как не подготовленные к освоению. В ныне действующей “Классификации...” [7] такое требование не предусмотрено и относится к компетенции инвестора, т. е. осуществляется “ситуативное” регулирование степени изученности недр в зависимости от необходимого начального капитала на разведку и освоение МПИ, сроков его возмещения и степени риска [1, 5, 8, 13].

Можно считать, что центральная идея, лежащая в основе схемы поисков и разведки МПИ, та же самая – оценочная, предусматривающая своевременное прекращение работ на неперспективных объектах ГР. Однако в практике, видимо, реализуется индивидуальный подход, в соответствии с которым использование при оценке МПИ относительно нового типа информации – сведений о степени достоверности геологических и горнотехнических характеристик объекта ГР при том или ином объеме геологоразведочных работ – неизбежно связано с многообразием и изменчивостью условий добычи, даже для случая, когда природное качество запасов ПИ гомогенно.

### **3. Содержательная основа оценки месторождений с учетом неопределенности и риска**

Начальные положения, которые могут быть положены в основу оценки промышленного потенциала МПИ, в обобщенном

виде сформулируем с учетом требований, пригодных для экономического анализа минерально-сырьевой базы и эффективного планирования геологоразведочных и горных работ [1, 4, 7, 9, 13]. В общем случае какими бы качествами не обладало природное скопление ПИ (пока только в недрах), но оно не может быть признано промышленным МПИ до тех пор, пока оно не выделено, не изучено и не описано способом, удовлетворяющим некоторым фиксированным технологическим и производственным схемам эксплуатации по заранее заданному критерию эффективности, а также связанного с эксплуатацией риска, который для определенных классов МПИ (например, угля или золота) и видов ПИ (например, каменного угля или антрацита, россыпного или коренного золота) будет различным. Заметим, что виды ПИ определяются прежде всего технологией и экономикой их обнаружения, а классы – технологией и экономикой добычи и использования минерального сырья. Внутри классов МПИ можно делить по экономическим показателям, например, по величине капитальных вложений, необходимых для их освоения, по степени риска, величине доходов от их эксплуатации [4].

Есть основания считать [1, 5, 9, 13], что центральным моментом (с учетом технических средств и технологий добычи ПИ) является расчет экономического ущерба, связанного с *геологическим риском*, т. е. неподтверждением параметров природного качества МПИ. Существенно, что первичным является понятие извлекаемого запаса ПИ, который формально представляется как некоторая в общем случае функция от многих характеристик качества запасов МПИ и многих характеристик способа эксплуатации, а также затрат на извлечение ПИ. Естественное качество ПИ учитывается ценой единицы ПИ, которая считается заданной функцией времени. Кроме того, геологический риск может быть связан с ресурсоемкостью производства, включая объемы перерабатываемой горной массы, энерго- и материалоемкость. Так, например, при

добыче меди с концентрацией полезного компонента  $< 0,5\%$  существует “минералогический барьер”, при преодолении которого затраты энергии на добычу единицы сырья резко возрастают.

*Технологический риск* в существенной степени зависит от геологического риска и порождает вероятностный характер способов подготовки и очередности отработки разнокачественных участков (эксплуатационных блоков) МПИ, средств механизации горных работ и т. д. Кроме того, прогноз расчетных среднесуточных объемов добычи связан с некоторыми специфическими видами эксплуатационного риска в технологических звеньях по добыче ПИ: авариями и отказами оборудования; непредвиденной тектонической нарушенностью боковых пород, вызывающей дополнительные затраты в связи с необходимостью проведения добавочных нарезных и подготовительных работ (при подземной разработке) и др.

*Экономический риск*, в свою очередь, зависит как от геологического и технологического рисков (неопределенность в оценке прямых эксплуатационных затрат на добычу ПИ и сопряженных затрат на создание инфраструктуры), так и от относительной непредсказуемости параметров, задающих рыночную ситуацию: цен и спроса на отдельные взаимозаменяемые разновидности (марки, сорта) одного и того же вида минерального сырья, транспортных тарифов и др. Отсюда вытекает, что при статической постановке задачи вариабельность отработки отдельных эксплуатационных блоков не обнаруживает необходимой связи горно-геологической и технико-экономической информации, так как экономические рамочные условия либо неконтролируемо влияют на экономику МПИ, либо принимаются как “беспроблемные” приближенные величины. Для сравнительной экономической привлекательности альтернативных технологических вариантов отработки запасов МПИ нет надежных, дифференцированных по условиям разработки количественных характеристик потребности в

производственных (трудовых, материальных, энергетических) ресурсах. Дефицит информации о величине таких ресурсов обычно проявляется на этапе проектных кондиций с разделением запасов ПИ на балансовые и забалансовые (так называемый принцип минимальной заблаговременности). Как правило, большая адаптивность требует и больших затрат, что поневоле ограничивает обоснованность таких решений. В практике обоснования эксплуатационных кондиций [9] известны случаи, когда освоение богатых, но трудно извлекаемых запасов оказывается менее эффективным, чем рядовых по естественному качеству запасов, но в благоприятных горно-геологических и экономико-географических условиях.

Относительность решения проблем оценки экологического ущерба, особенно его “развития” с учетом последствий техноэкспансии, объясняется неопределенностью (отсутствием или недостатком знаний об исходе предстоящих событий) принятия решений о необходимых затратах на природоохранную деятельность и экологически безопасных нормативах ущерба окружающей среде от недропользования. Экономический механизм охраны окружающей среды не выводит недропользование за пределы ресурсного подхода к природному потенциалу, когда последнему отводится роль одного из факторов производства, а экосистемные связи игнорируются. Более специфические предпосылки *экологического риска* основываются на предположении, что запасы, находящиеся на грани экономической рентабельности, могут не выдержать давления экологического фактора, если издержки добычи и переработки минерального сырья существенно возрастут за счет затрат, связанных с охраной окружающей среды и рациональным недропользованием, и соответственно снизится прибыль.

Перечисленные выше составляющие элементы неопределенности и инвестиционного риска (рис. 1), присущие задаче ранжирования МПИ по промышленной

ценности, определяют главную отличительную особенность преодоления неопределенности в ситуации неизбежного выбора, в процессе которого предстоит оценить вероятность достижения желаемых результатов освоения конкретных МПИ, неудачи и отклонения от цели, содержащиеся в выбираемых альтернативах.

Заметим, что пока рассматривается процедура расчета состоятельности промышленного потенциала МПИ. По определению, из-за неадекватного понимания рисков, имеющих разную продолжительность, такие оценки формируются на определенных допусках и не претендуют на чрезмерную устойчивость во времени [1, 8, 12]. Особенно на сложно построенных МПИ с нестабильным естественным качеством запасов и труднопредсказуемым “поведением” экономической среды. При этом если для геологов интерес представляют все минеральные скопления ПИ и, прежде всего, вопросы их обнаружения и изучения, то для горного дела – лишь некоторые промышленные МПИ и, прежде всего, вопросы их эффективной эксплуатации сейчас или в ближайшем будущем.

Разумеется, что различать перспективы освоения МПИ необходимо с учетом эластичности спроса и предложения на данный вид минерального сырья, технологических способов добычи и переработки ПИ и объективно им соответствующих уровней приведенных затрат.

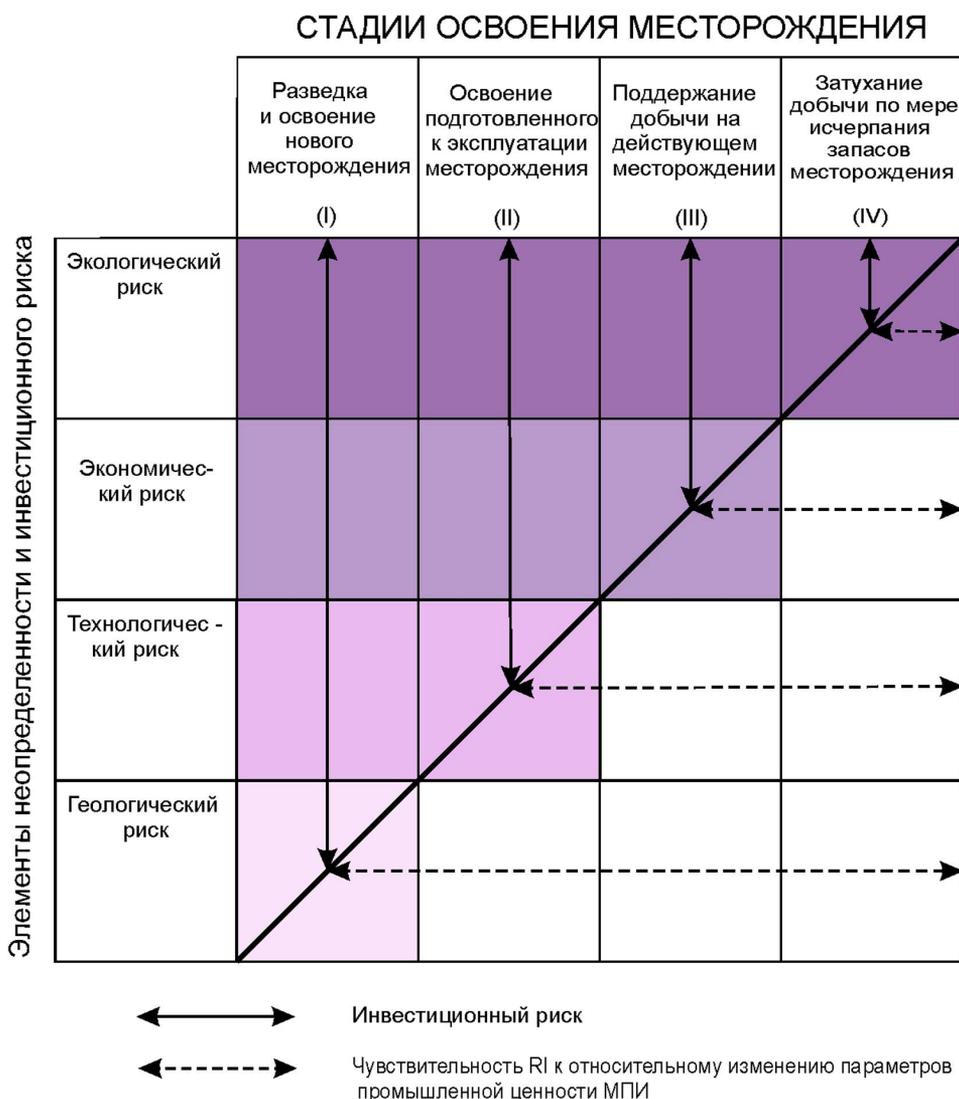
#### **4. Экономические и горнотехнологические проблемы фактора времени в задачах оценки месторождений**

В литературе интерпретация задач подобного рода не идет дальше методологически верных, но недостаточно конкретных обобщений о конфликтности чисто конкретных коммерческих целей эксплуатации МПИ и требований природоохранного законодательства в части обеспечения экологической безопасности и рационального недропользования.

Нужно сказать, что эта ситуация лежит в основе освоения МПИ с позиций долгосрочной перспективы, когда наибо-

лее остро выступают противоречия между стремлением получить максимальную выгоду как можно раньше (по Ж. Матерону – “практика снятия пенек”) и обработкой запасов МПИ с учетом конкретно выявляющихся на интервале оценки производственных и натурально-ресурсных ограничений, имеющих преимущественное значение для отдельных систем разработки и схем механизации горных работ.

Метод дисконтирования является в этом случае отражением того общеизвестного факта, что при оценке экономического потенциала МПИ “вступают в единоборство” требования эффективного использования двух видов ресурсов – ограниченного запаса ПИ в каждом МПИ (а следовательно, и ограниченного времени его эксплуатации) и приведенных затрат на освоение и эксплуатацию МПИ. Актуализированный (с учетом фактора



времени) вариант отработки активной, наиболее продуктивной части запасов, тяготеющей к периоду окупаемости инвестиций, практически всегда оказывается более выгодным. Сказывается “эффект нулификации” запасов, предназначенных для отработки в отдаленном будущем. По существу нет различия между дисконтированием инвестиционного риска и дисконтированием значения технологического времени. В то же время детерминированный подход во многом объясняет тенденциозность оценок промышленного потенциала МПИ в том смысле, что в них представляется склонность к экстраполяции на будущее неизменных объемов и издержек добычи, цен на продукцию и на различные виды производственных ресурсов как минимум в реальном времени окупаемости инвестиций. Именно в этот период при составлении календарного графика последовательного вовлечения участков в эксплуатацию и всех сопутствующих этому подготовительных работ превалируют чисто коммерческие интересы. Разница стоимостных и натурально-вещественных показателей при смене фаз календарного графика в этих случаях принимается за экономическую оценку худшего участка. Если эта разница положительна, то участок считается кондиционным.

Особенно важна здесь роль *ставки дисконтирования*, которая задает нижний уровень рентабельности альтернативных технологических вариантов отработки запасов ПИ: затраты на них должно приносить прибыль по крайней мере в размере этой ставки. В терминах экономической динамики, чем выше надбавка за риск в ставке дисконтирования, тем “меньший вес” будут иметь прибыли будущих периодов, которые учитываются при вычислении актуализированной прибыли от эксплуатации МПИ. В связи с этим наблюдается естественное стремление отрабатывать вначале лучшие, наиболее доходные участки МПИ и только потом переходить и более затратно-затратным [1, 9, 13]. Поэтому вполне резонно предположить, что (при

неизменной технологии) предельные издержки добычи в результате перемещения фронта горных работ в пространстве и во времени возрастают по мере добытого ПИ, т. е. в результате сокращения запасов минерального сырья, оставшихся в недрах. Здесь имеется в виду, что процедура конструирования технологических вариантов одновременно эксплуатируемых участков МПИ непосредственно связана с проблемой соотнесения, с одной стороны, дисконтирования по определенной ставке будущих денежных потоков и, с другой стороны, – технико-экономического предела “замыкающих” участков МПИ. Для МПИ, в которых концентрация ПИ не обладает пространственной целостностью и непрерывностью в массиве вмещающих пород, основная ошибка связана с оценкой количества и природного качества активной части запасов МПИ. Под активными понимаются запасы, освоение которых (при исходном способе и технических средствах эксплуатации) возможно с приемлемой рентабельностью в сложившейся на момент оценки экономической ситуации [13]. При этом, естественно, учитываются горнотехнические условия компактного поблочного расположения запасов, подлежащих отработке. Очевидно, что вынужденная (например, по условиям залегания ПИ) первоочередная отработка затратно-затратных (“замыкающих” по предельным затратам на 1 т ПИ) участков может перевести в целом запасы МПИ в разряд условно экономических по критериям конкурентного рынка. В этом случае дисконтирование зачастую просто не успевает отразить переход горных работ на маргинальные, но продуктивные участки МПИ. Оценки инвестиционной привлекательности (эффективности) освоения МПИ нередко оказываются запаса-расточительными, а это может быть оправдано лишь при полной уверенности в том, что рассмотрены все варианты динамики отработки разнокачественных участков, чего на практике конечно не бывает. Роль запасосберегающих корректив в этих случаях заключается в том,

чтобы гарантировать от принятия “жестких” оценок по отношению к невозпроизводимым и исчерпаемым природным ресурсам. Естественно, что оценки таких ресурсов, связанных с необходимостью интенсифицировать отработку более дорогих по издержкам добычи МПИ, должны быть выше, чем избыточных и легкодоступных. Становится понятным, почему в литературе дисконтирование часто обосновывают будущим улучшением технических и экономических возможностей добычи ПИ.

### **5. Фактор времени и стратегия отработки запасов месторождения**

Задача хозяйствования запасами минерального сырья включают время не только как фактор, приводящий их истощению, но главным образом – как информацию об экономических явлениях макроуровня, сопутствующих его добыче и использования. Наиболее типичным трендом является закон динамики оценок исчерпанных ресурсов, предполагающий их экспоненциальный рост во времени [11, 14]. Наличие и темпы этого роста определяются степенью ограниченности и дефицитности того или иного вида минерального сырья. Новый характер приобретает и временная координата сравнения финансовых инвестиций и инвестиций “в запасы”. Если экономическая шкала предпочтений во времени, относящаяся к процессу накопления финансового капитала, такова, что будущие блага оцениваются ниже, чем нынешние, то применительно к природному капиталу направление этой шкалы меняется на противоположное: ценность природных ресурсов со временем растет. В результате динамические рентные эффекты экономически уравнивают условия эксплуатации разнокачественных участков конкретного МПИ, дифференцированных во времени, а не в пространстве, как при статическом рентообразовании. Условие равной для всех периодов дисконтированной прибыли выполняется тогда, когда недисконтированная прибыль в течение времени растет в соответствии с процен-

том на капитал, который принимается в качестве норматива дисконтирования [11, 14]. Здесь результаты дисконтирования будущих прибылей и роста во времени стоимости минерального сырья находятся в равновесии. Логическая основа такого подхода: цена может расти темпом, равным дисконту, или расти медленнее, но соотношение между нею и затратами на добычу минерального сырья (их разница) будет возрастать тем же темпом. Однако в реальности существует множество факторов, препятствующих равновесной траектории добычи, связанных не столько с долгосрочным наличием сырья, сколько с ожиданиями, имеющими временной характер. Среди них [2, 14]:

1. Флуктуация статистического показателя спроса на минеральное сырье в моменты структурных перестроек технологического базиса. Смена его, как правило, обеспечивает расширение доступа экономики к ресурсам либо за счет энерго- и ресурсосберегающей политики уменьшает зависимость от них. Экстраполяция сегодняшнего уровня спроса тем менее надежна, чем далее она заходит в будущее.

2. Изменение затрат на добычу и переработку сырья: увеличение по мере ухудшения природного качества МПИ и/или снижение вследствие применения достижений технического прогресса. Новые технологии добычи и переработки сырья, вовлечение вторичных ресурсов расширяют ресурсную базу и не всегда можно предугадать момент расширения сырьевого потенциала.

3. Первичное природное сырье вытесняется искусственными аналогами и меняется значимость потребностей в сырье, в удовлетворении которых оно участвовало. В этом смысле вполне вероятно, чем выше начальная степень дефицитности природного сырья, тем больше стимулов к его замещению, что, в конечном итоге, уменьшает степень его ограниченности.

4. Понятие заменяемости ресурса включает также и рециклирование (вторичное использование в технологическом процессе отработанного ресурса с целью

регулирования концентрации полезных компонентов в смесях).

С позиций конкурентной экономики переход от невоспроизводимого ресурса к его заменителю происходит тогда, когда издержки производства заменителя перестают превышать издержки производства природного сырья, т. е. когда потребление заменителя по сравнению с разработкой природного сырья становится экономически выгоднее. Это означает, что начальный уровень цен на природное сырье является управляющим параметром, влияющим на изменение производственных затрат на заменитель [2].

Кроме экономической целесообразности, существует множество других факторов, влияющих на стратегию освоения МПИ, например, политические (эмбарго на покупку минерального сырья, замораживание собственного МПИ с целью сохранения стратегического запаса), экологические (желание сберечь окружающую среду накладывает жесткие ограничения на объемы добычи минеральных ресурсов), технологические (текущие резервы сырья способны увеличиваться благодаря использованию более совершенных технологий) и др.

Поэтому ныне действующие представления о балансовой принадлежности запасов не могут служить эталоном устойчивости во времени, скорее всего напротив, именно они должны служить объектом поисков и уточнений, способствующих использованию запасов в физически возможных границах их вскрытия.

Конечно, в зависимости от вида ПИ, каждый из этих путей имеет свои возможности и ограничения на объем, затраты и побочные эффекты. В действительности возможности замены природного сырья или технический прогресс не являются ни полностью реализуемыми, ни абсолютно отсутствующими. К тому же, как правило, они (опять же в разной степени) неизвестны и проявляются в экспертных предположениях и оценках, которые, с одной стороны, свидетельствуют о неоднозначности результатов традиционных

детерминированных расчетов стоимости МПИ, а с другой, “освобождают” лицо, принимающее решение (ЛПР), от анализа границ области изменения результатов оценки под влиянием факторов неопределенности и риска.

Иногда можно сказать лишь то, что те или иные сочетания количественных и/или качественных оценочных параметров, оказывающих наибольшее влияние на промышленную ценность МПИ, невозможны, другие – возможны, а третьи – в большей или меньшей степени вероятны. Последнее обстоятельство играет заметную роль при определении технологической и конъюнктурной гибкости решений, обеспечивающих рентабельное освоение МПИ. Однако в любом случае детерминированный подход имеет существенные объективные ограничения, поскольку в условиях нестационарной конкурентной экономики нельзя достоверно спрогнозировать технологические и стоимостные показатели эксплуатации МПИ на многие годы вперед.

Правильнее было бы считать, что величина риска экономических потерь связана с влиянием труднопредсказуемых или вообще не поддающихся учету факторов рыночной конъюнктуры, часто превосходит угрозы, сопутствующие недооценке или переоценке природного качества запасов минерального сырья и/или погрешностей основных горно-геологических параметров МПИ (участка недр).

Следует заметить, что принципиальная структура принятия решений в условиях неопределенности риска исходной геологической и экономической информации при освоении МПИ часто бывает на практике заслонена многими специфическими деталями учета в той или иной форме фактора времени и что ее не всегда удается ясно вычленивать. Поэтому в том случае, когда субъективные оценки неизбежны, их необходимо осуществлять по единым правилам в возможно более упорядоченной форме, чтобы свести к минимуму влияния недостатка информации. Такие правила и образ действий будут описаны ниже.

## 6. Методы принятия решений в условиях неопределенности

В области формальной применимости критерии и методы оценки промышленной ценности МПИ в условиях неопределенности (или очень небольшого доверия к оценкам в условиях риска) могут быть сформулированы в терминах теории игр ЛПР с природой [6, 10]. По основным классификационным характеристикам рассматриваемую игру можно отнести к классу *стратегических*, так как:

1) Для макроэкономических решений, определяющих зону безубыточного освоения МПИ, значительно реже существует возможность получения статистической информации о стратегиях природы, т. е. о распределении вероятности ее состояний.

2) Горно-геологические условия разработки и качество ПИ варьируют на разных, нередко достаточно мелких участках МПИ. А это означает, что принятие решений носит часто одноразовый, неповторимый характер.

Наряду с этим в игре наблюдаются также элементы конъюнктурных решений (предпочтения в отношении риска ЛПР) и комбинаторных решений (невозможность заблаговременного перебора и анализа всех возможных состояний природы).

В отличие от стратегической игры с нулевой суммой двух антагонистических противников, результат которой зависит от сознательного поведения или стратегии игроков, природа не выбирает оптимальную для себя стратегию, так как не заинтересована выиграть игру [6]. Однако, хотя природа и является пассивным игроком, ограниченным в выборе наилучшей для себя стратегии, она располагает некоторым механизмом случайного выбора, который реализует складывающиеся стратегии природы, т. е. ее состояния. Некоторые из них могут для ЛПР быть невыгодными в том смысле, что для них риск принимает большее значение, и так как природа в течение некоторого времени не изменяет этот механизм (например, емкости рынка, цен на минерально-сырьевую продукцию), ЛПР наверняка должен иметь в виду не-

сколько состояний природы. Как правило, ими являются состояния, которые ЛПР считает наиболее вероятными.

В зависимости от стадии освоения МПИ (см. рис. 1) состояния (стратегии) природы характеризуют те факторы, которые на протяжении определенного промежутка времени оказывают влияние на относительную эффективность (полезность, надежность и т. д.) избранного решения или имеют характер нарушающих воздействий.

Общая структура принятия решений в условиях неопределенности включает множество стратегий ЛПР и природы и функцию платежей в стратегической игре с нулевой суммой. Пусть  $N$  обозначает конечное множество возможных состояний природы  $N = \{N_1, \dots, N_j, \dots, N_n\}$ . Через  $R(a)$  обозначим множество альтернативных решений  $R = \{R_1, \dots, R_j, \dots, R_m\}$ . Функция платежей  $W(N_j, R_i)$ , как правило, выражает экономический выигрыш (эффективность), обусловленный решением  $R_i$  освоения  $i$ -го МПИ ( $i = 1, \dots, m$ ) при состоянии природы  $N_j \in N$ .

## 7. Одиночная функция

Чтобы выбрать однозначный и по возможности выгоднейший вариант освоения МПИ ( $i = 1, \dots, m$ ) в случае, когда каждому варианту решения  $R_i$  могут соответствовать различные состояния объективных условий  $N_j \in N$ , т. е. результаты решений  $r_{ij}$ , необходимо ввести соответствующую оценочную функцию. Соответствующее состояние природы  $N_j$  будет отражать нерегулируемые факторы производства, имеющие отношение к каждому из вариантов  $R_i$ . При этом матрица решений сводится к одному столбцу:

$R(a) \backslash N$	$N_1$	...	$N_j$	...	$N_n$
$R(a_1)$	$r_{11}$	...	$r_{1j}$	...	$r_{1n}$
...	...	...	...	...	...
$R_i(a_j)$	$r_{i1}$	...	$r_{ij}$	...	$r_{in}$
...	...	...	...	...	...
$R_m(a_m)$	$r_{m1}$	...	$r_{mj}$	...	$r_{mn}$

Каждому варианту  $R_i$  приписывается, таким образом, некоторый результат  $r_{ij}$ , характеризующий все последствия выбранного решения. Предполагается, что каждая пара решений  $R_1$  и  $R_2$  удовлетворяет соотношению предпочтений, т. е.  $R_1 > R_2$  ( $R_1$  предпочтительнее  $R_2$ ) или  $R_2 > R_1$ , или  $R_1 \sim R_2$  ( $R_1$  безразлично по отношению к  $R_2$ ). Если выбрана полезность  $F(R_i)$ , выбор решения осуществляется с учетом соотношения предпочтения, т. е.  $F(R_1) > F(R_2)$  тогда, когда  $R_1 > R_2$  или  $R_1 \sim R_2$ .

Бывают ситуации, при которых сопоставление эффективности  $r_{ij}$  различных решений  $R_i$  в матрице  $\|r_{ij}\|$  может выродиться в единственный  $j$ -й столбец, если будет представлена полная информация о том, с каким состоянием  $N_j$  следует считаться. Матрица может свестись к единственной  $i$ -й строке, когда в силу ограничений технического или экологического характера, внешних рыночных условий или других причин остается единственный вариант  $R_i$ , хотя его реализация зависит от  $N_j$ , и поэтому в условиях неполной информации о состояниях природы результат решения остается неизвестным. Если какой-либо вариант  $R_i$  доминирует, т. е. выполняются условия

$$r_{ij} \geq r_{ij} \text{ для всех } j = 1, \dots, n \\ \text{и } r_{ij} > r_{ij} \text{ хотя бы для одного } j,$$

тогда даже при отсутствии информации о возможных состояниях природы  $N_j$  никакой проблемы относительно принимаемого решения нет. Для всякого  $N_j$  вариант  $R_i$  – наилучший.

По определению, при оценке МПИ всегда наблюдаются параметры, более или менее неизвестные и требующие, строго говоря, статистического оценивания. Если имеется  $L$  таких параметров с  $n_l$  возможными значениями для  $l$ -го из них, то всего для окружения получается  $N = \prod_{l=1}^L n_l$  сочетаний оценочных параметров. Поэтому отбор параметров должен, насколько это возможно, удовлетворять следующим требованиям: 1) число значений параметров должно соответствовать их влиянию

на результат; 2) те из выбранных сочетаний параметров, которые по характеру решаемой задачи маловероятны, должны быть исключены; 3) если влияние того или иного параметра достаточно мало, то неопределенность соответствующего параметра можно для простоты игнорировать и достичь тем самым более высокого уровня информации.

В практических ситуациях влияние возможных сочетаний тех или иных горно-геологических и экономических (стоимостных, натурально-ресурсных) параметров МПИ на результаты решения может быть различным. Ряд параметров оказывает воздействие на оценку в виде прямых технологических ограничений, взаимозавязанных с выбором технических средств добычи и переработки минерального сырья, другие – непосредственно своим влиянием на планирование горных работ и уровень затрат по промышленному использованию запасов ПИ. Оценка промышленной ценности МПИ является результатом сложного взаимодействия этих аспектов. Такие нередко индивидуальные для каждого МПИ особенности производственного использования запасов, как мощность горного и обогатительного производств, потребность в данном сырье, изменение формы рынка, конъюнктурные колебания цен на продукцию и на различные виды ресурсов (основные фонды, трудовые и материальные ресурсы, энергоносители) и т. д. могут вносить важные коррективы в экономическую оценку МПИ (участков недр). Значимость даже тождественных с геологической стороны запасов, с учетом выявляющихся производственно-экономических ограничений, может быть различной. В конкретных случаях это касается инновационных технологий промышленного освоения известных, но до сих пор непривлекательных с точки зрения геологической ситуации участков недр. По указанным аналогичным причинам горно-геологические условия залегания и качество ПИ не дают еще однозначной экономической оценки за-

пасов: они являются исходным условием, которое опосредствуется через конкретные способы производственного использования запасов качественно различных МПИ как определяющих компонентов предельных издержек добычи и цены добытого сырья (либо продуктов его переработки).

Принятие этих принципов предопределяет ряд вытекающих из них требований к количественной оценке функции платежей  $W(N_p, R_l)$  относительно (в смысле эффективности) последствий случайной “реализации” природой какой-либо из своих стратегий – состояний  $N_j$ . Это относится в первую очередь к затратоёмким состояниям  $N_j \in N$ , не имеющим оценки качества, по которым неясно, какова, например, степень их предпочтения в категориях “одинаково”, “лучше” или “хуже”.

Проблеме “реализации” природой состояния  $N_j \in N$  можно придать содержательную интерпретацию, если матрицу решений  $\|r_{ij}\|$  преобразовать в типичные, применительно к определенной технологии, технике и организации производства, взаимно дополняющие друг друга вектора возможных нормированных значений  $x_l$  и  $x_s$  сочетаний оценочных параметров, характеризующих соответственно:

- природное качество МПИ;
- производственно-потребительскую ценность продукции из минерального сырья.

Так как результаты решения представляются векторами, актуальными оказываются многоцелевые решения.

Комплексные показатели природного качества МПИ ( $K_l$ ) и потребительской ценности сырья ( $K_s$ ) определяются следующим образом:

$$K_l = \sum_{l=1}^L x_l \alpha_l, 0 < \alpha_l < 1 \text{ и } \sum_{l=1}^L \alpha_l = 1, \quad (1)$$

$$K_s = \sum_{s=1}^S x_s \alpha_s, 0 < \alpha_s < 1 \text{ и } \sum_{s=1}^S \alpha_s = 1, \quad (2)$$

где  $x_l, x_s$  – единичные нормированные параметры состояний природы – природно-

го качества МПИ и рыночной конъюнктуры соответственно;

$\alpha_p, \alpha_s$  – значимость (весомость) каждого единичного параметра.

В основе дальнейшей актуализации элементов матрицы  $\|r_{ij}\|$  лежит методологическая посылка о том, что если  $(x_p, x_s)$  представляют собой значения параметров, принадлежащих интервалам

$$\left[ x_{\max}^{(l,s)}, x_{\min}^{(l,s)} \right], \text{ то им однозначно соответ-}$$

ствуют некоторые нормированные значения, принадлежащие интервалу  $[0,1]$ . В дальнейшем под значениями  $x_p, x_s$  будем понимать их нормированные величины из интервала  $[0,1]$ . Поскольку  $(x_p, x_s) \in [0,1]$ , то и  $K_p, K_s$  будут, следовательно, нормированными, удовлетворяющие неравенствам  $0 \leq [K_p, K_s] \leq 1$ .

Из сказанного следует, что поскольку при оценке МПИ совокупная эффективность (полезность) “реализации” природой какого-либо состояния  $N_j \in N$  на момент принятия решения складывается из взаимодействующей системы комплексных (нормированных в интервале  $[0,1]$ ) показателей  $K_l$  и  $K_s$ , то для того, чтобы дать оценку промышленной ценности МПИ в целом, с учетом намечаемой периодики его промышленного освоения, необходимо располагать интегральным (обобщенным) показателем качества МПИ, адекватным состоянию  $N_j$ .

С введением интегрального показателя промышленной ценности МПИ, “реализуемого” природой через какое-либо из состояний, эффективность  $r_{ij}$  различных решений в матрице  $\|r_{ij}\|$  может быть представлена в виде

$$K_{\text{инт}} = \sqrt{K_l} \cdot K_s; \quad 0 < K_{\text{инт}} \leq 1. \quad (3)$$

Интегральный показатель гипотетического базового МПИ  $K_{\text{инт}}^0 = 1$ . В данном случае неявно предполагается одинаковая полезность показателей  $K_p, K_s$ .

В реальной ситуации, в зависимости от класса МПИ и вида ПИ, возможности структуризации соответствующих функций предпочтения нормированных

оценок  $K_r$ ,  $K_s$  должны быть упорядочены с учетом стадии освоения МПИ, в которой принимается решение (см. п. 3). В данном случае, прежде всего, имеется в виду вопрос о соизмерении объективных условий отработки запасов МПИ с учетом неопределенности в отношении, например, параметров залегания и качества ПИ, технологии и динамики издержек и т. п. Такая “прозрачность” оценок  $K_r$  и  $K_s$ , возможно, сделает решение более взвешенным.

### 8. Критерий принятия решений, связанных с риском и неопределенностью

*Минимаксный критерий* (ММ-критерий). Критерий ассоциируется с оценочной функцией  $Z_{\text{ММ}}$ , соответствующей позиции крайней осторожности. Выбирается то решение, для которого

$$r_{ir} = \min_j r_{ij}, \quad (4)$$

$$Z_{\text{ММ}} = \max_i \left( \min_j r_{ij} \right). \quad (5)$$

Правило выбора решения в соответствии с ММ-критерием:

*Матрица решений*  $\|r_{ij}\|$  дополняется еще одним столбцом из наименьших результатов (полезностей)  $r_{ir}$  каждой  $i$ -й строки. Выбираются те варианты, в строках которых стоят наибольшие значения  $r_{ir}$ .

Выбранные таким образом варианты исключают риск. Это означает, что так как в условиях неопределенности приходится считаться с появлением различных состояний  $N_j \in N$ , ЛПР не может столкнуться с худшим результатом, чем  $Z_{\text{ММ}}$ . Для некоторых (технических) задач принятия решений такая стратегия действительно может быть наиболее подходящей [10]. Но для большинства задач доступа экономики к ресурсам минерального сырья нет необходимости применять такую крайне пессимистическую стратегию освоения МПИ, поскольку можно выбрать другую, не предполагающую, что природа, как неразумный противник, стремится выбирать наименее выгодную для ЛПР стратегию.

*Критерий минимаксного состояния Сэвиджа* (S-критерий). Этот критерий выбора оптимальной стратегии в играх с природой опирается на ММ-критерий, применяемый к матрице  $\|r_{ij}\|$ , элементы которой выражают последствия ошибочных решений для отдельных состояний природы. Если применительно к данному состоянию природы  $N_j$  принять ошибочное решение, то следуя S-критерию, можно говорить о некотором, связанном с этим решением сожалении. Значимость этого сожаления измеряется разницей между наибольшей полезностью, которая достигается при правильном для данного состояния природы решении и полезностью при другом решении. На основе матрицы полезности  $\|r_{ij}\|$  можно построить новую матрицу сожалений  $\|q_{ij}\|$ , к которой можно применить принцип выбора минимаксной стратегии по ММ-критерию.

С помощью обозначений

$$q_{ij} = \max_i r_{ij} - r_{ij}, \quad (6)$$

$$r_{ir} = \max_j q_{ij} = \max_j (\max_i r_{ij} - r_{ij}) \quad (7)$$

формируется оценочная функция, соответствующая позиции относительного пессимизма:

$$Z_s = \min_i r_{ir} = \min_i (\max_j (\max_i r_{ij} - r_{ij})). \quad (8)$$

Величину  $q_{ij}$  можно трактовать как максимальный дополнительный выигрыш, который достигается, если в состоянии  $N_j$  вместо варианта  $R_i$  выбрать другой, оптимальный вариант решения. Можно, однако, интерпретировать  $q_{ij}$  и как возможные потери, возникающие в состоянии  $N_j$  при замене оптимального варианта на вариант  $R_i$ .

Правило выбора решения в соответствии с S-критерием:

*Каждый элемент матрицы*  $\|r_{ij}\|$  *вычитается из наибольшего результата*  $\max_i r_{ij}$  *соответствующего столбца. Разности*  $q_{ij}$  *образуют матрицу остатков*  $\|q_{ij}\|$ . *Эта матрица пополняется столбцом наибольших разностей*  $r_{ir}$ . *Выбираются те варианты, в строках которых*

стоит наименьшее для этого столбца значение.

С точки зрения результатов матрицы  $\|r_{ij}\|$  S-критерий связан с риском. Однако с позиции матрицы  $\|q_{ij}\|$  он от риска, по определению, свободен. По существу S-критерий является модификацией ММ-критерия, относящейся к функции потерь, которая теперь выражает сожаление в случае ошибочного решения. Действительно, по S-критерию выбирается то решение, для которого

$$\min_{R_i \in R} \max_{N_j \in N} = \max_{R_i \in R} W(N_j, R_i) - W(N_j - R_i).$$

*Критерий Байеса-Лапласа (BL-критерий).* При построении оценочной функции  $Z_{MM}$  каждый вариант решения  $R_i$  представлен лишь одним из своих результатов  $r_{ij}$ . BL-критерий, напротив, учитывает каждое из возможных состояний природы, влияющих на результат  $R_i$ . Положенные в его основу соображения известны как принцип *недостаточного основания*. В соответствии с этим принципом в случае, если вероятности каждого из состояний природы  $N_j \in N$  не известны, надо действовать так, если бы каждая из этих вероятностей равнялась при двух состояниях – половине, при трех состояниях – одной трети и т. д. Для BL-критерия имеем

$$r_{iz} = \sum_{j=1}^n r_{ij} \rho_j, \quad (9)$$

$$Z_{BL} = \max_i r_{iz} \wedge \sum_{j=1}^n \rho_j = 1, \quad (10)$$

где  $\rho_j$  – вероятность появления состояния  $N_j$ .

Правило решения в соответствии с BL-критерием:

*Матрица решений  $\|r_{ij}\|$  дополняется еще одним столбцом, содержащим математическое ожидание значений каждой из строк. Выбираются те варианты  $R_i$ , в строках которых стоит наибольшее значение  $r_{iz}$  этого столбца.*

При этом предполагается, что вероятности появления состояния  $N_j$  известны и не зависят от времени. Исходная позиция

ЛПР, применяющего BL-критерий, оптимистичнее, чем в случае ММ-критерия. Однако она предлагает более высокий уровень информированности, в основе которого положен опыт разведки и эксплуатации МПИ, аналогичных оцениваемому, т. е. при известном из опыта распределении состояний природы.

*Критерий Гурвица (HW-критерий).* Принцип Гурвица предполагает, что каждый человек, принимающий решение в игре с природой, характеризуется некоторой степенью пессимизма в отношении ожидаемых состояний природы. Показателем пессимизма может быть число, удовлетворяющее неравенству  $0 \leq \omega \leq 1$ , где  $\omega = 0$  соответствует чрезмерному оптимизму, а  $\omega = 1$  – крайнему пессимизму. Идея HW-критерия состоит в выборе такого решения, которое максимизирует средневзвешенную величину наименьшей и наибольшей полезности с весами  $\omega$  и  $1 - \omega$ .

Выбирается то решение, для которого

$$r_{ir} = \omega \min_j r_{ij} + (1 - \omega) \max_j r_{ij} \wedge 0 \leq \omega \leq 1, \quad (11)$$

$$Z_{HW} = \max_i r_{iz}. \quad (12)$$

Правило выбора решения согласно HW-критерию:

*Матрица решений  $\|r_{ij}\|$  дополняется столбцом, содержащим средние взвешенные наименьшего и наибольшего результата для каждой строки. Выбираются те варианты, в строках которых стоят наибольшие элементы  $r_{iz}$  этого столбца.*

Для  $\omega = 1$  HW-критерий превращается в ММ-критерий, для  $\omega = 0$  он превращается в критерий азартного игрока. Отсюда ясно, какое важное значение имеет весовой множитель  $\omega$ . Чаще всего весовой множитель  $\omega = 0,5$ , ассоциируемый с BL-критерием, принимается в качестве некоторой “средней” точки зрения. При основании выбора решения применяют обратный порядок действий. Для приглянувшегося решения субъективно принимается весовой множитель  $\omega$  как показатель соотношения пессимизма и оптимизма.

## 9. Применение классических критериев принятия решений в стратегических играх ЛПР с природой (числовой пример)

Из требований, предъявляемых рассматриваемыми критериями к оценке объективных условий добычи ( $K_1$ ) и потребления ( $K_2$ ) минерального сырья (продуктов его переработки), участвующих в формировании того или иного уровня промышленной ценности МПИ ( $K_{\text{МП}}$ ), становится очевидным, что вследствие жестких исходных позиций “реализации” природой какого-либо из состояний  $N_j \in N$  эти критерии применимы в основном для решений с недетерминированно заданными оценочными параметрами  $x_1 \in K_1$ ,  $x_2 \in K_2$ , дискретные значения (градации) или кусочно-постоянные величины которых с большей или меньшей долей вероятности подвержены влиянию факторов неопределенности и риска.

Очевидно, что в первую очередь при решении слабоструктуризованных геолого-экономических задач необходимо не только представить в виде количественных эквивалентов (оценок) ту часть информации, которая с содержательной и/или формальной точки зрения не поддается количественному измерению, и не только выразить с помощью аналогичных оценок влияние измеримой информации, о которой у ЛПР нет достаточно надежных эмпирических данных, но и, что самое важное, упорядочить эту информацию так, чтобы помочь ЛПР выбрать из множества альтернатив (см. п. 2) наиболее предпочтительные в отношении технологических и производственных схем эксплуатации МПИ. Такой подход позволяет, во-первых, лучше проникнуть во все внутренние связи проблемы принятия решений и, во-вторых, ослабляет влияние субъективного фактора.

Выбор решения по классическим критериям проиллюстрируем следующим примером.

Начнем с рассмотрения ситуации, в отношении которой заведомо известно, что она соответствует условиям неопреде-

ленности или очень небольшого доверия к оценкам в условиях риска (см. п. 1, б). Кроме того, предполагается, что к вопросу имеет отношение по меньшей мере два состояния объективных условий. Неопределенность возможной “реализации” природой какого-либо из этих состояний описывается с помощью некоторого (априорного) интервала  $[\check{K}_{\text{МП}}, \hat{K}_{\text{МП}}]$ . Матрицей решений  $\|r_{ij}\|$ , приведенной ниже, представлена задача, в которой ЛПР необходимо отранжировать МПИ по степени инвестиционной привлекательности и последующего использования результатов оценки при лицензировании недропользования:

$$\|r_{ij}\| =$$

	$N_1$	$N_2$
$R_1$	0,44	0,70
$R_2$	0,50	0,60
$R_3$	0,35	0,80

С целью возможности графической интерпретации результаты  $r_{ij}$  в таблицах увеличены в 10 раз.

Из предыдущего видно, что основные трудности количественной оценки эффективности МПИ обусловлены тем, что ее приходится строить на частном эмпирическом материале и заранее неизвестно, как она изменится, если ее получать на другом материале. Поэтому эти оценки условны и в основном пригодны для использования в качестве “системы раннего предупреждения” факторов неопределенности и риска (табл. 1 и 2).

Теперь обобщим полученные результаты. Пример сознательно выбран так, что каждый критерий предлагает новое решение. Неопределенность “реализации” природой состояний  $N_1$  или  $N_2$  превращается теперь в отсутствие ясности, какому же критерию следовать. Там не менее каждый из критериев можно считать разумным. Но каким же образом можно прийти к разным решениям, если задача проанализирована рационально. Дело в том, что каждый критерий базируется на ресурсно-экономических проблемах освоения МПИ в условиях рыночной экономики, но в основе различных

**Таблица 1. Варианты решения в случае “реализации” природой состояний  $N_1$  и  $N_2$  и их оценки ( $\times 10$ ) согласно ММ и ВЛ-критериям для  $p = 0,5$**

	$N_1$	$N_2$	ММ-критерий		ВЛ-критерий	
			$r_{ir} = \min_j r_{ij}$	$\max_i r_{ir}$	$r_{ir} = \sum_j r_{ij} p_j$	$\max_i r_{ir}$
$R_1$	4,4	7,0	4,4		5,7	
$R_2$	5,0	6,0	5,0	5,0	5,5	
$R_3$	3,5	8,0	3,5		5,75	5,75

**Таблица 2. Матрица остатков  $\|q_{ij}\|$  и их оценки ( $\times 10$ ) согласно S-критерию**

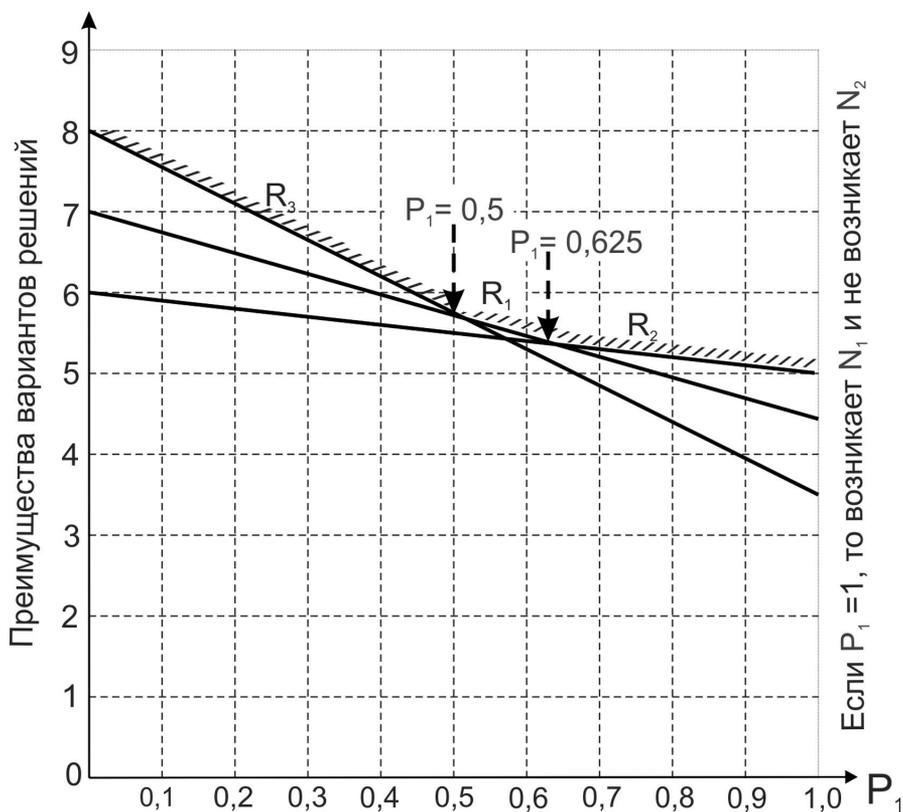
	$N_1$	$N_2$	S-критерий	
			$r_{ir} = \max_j q_{ij}$	$\min_i r_{ir}$
$R_1$	0,6	1,0	1,0	1,0
$R_2$	0	2,0	2,0	
$R_3$	1,5	0	1,5	

классов МПИ и видов ПИ лежат разные системы ценностей. В этой области взаимодействуют цели и точки зрения и не существует объективного способа выбрать какую-либо одну рациональную процедуру, которую можно было бы предпочесть всем остальным. Это можно понять, анализируя смысл критерия Байеса-Лапласа.

На рис. 2 показано, что случится, если ЛПР откажется от условия равновероятности, связанного с принципом недостаточного основания. Путь  $N_1$  возникает с вероятностью  $p_1$  и  $N_2$  с вероятностью  $p_2 = 1 - p_1$ .

На рисунке отображено, как изменится решение по мере того, как увеличивается значение  $p_1$  от нуля до единицы. Нижняя граница заштрихованной площади на диаграмме соответствует максимально ожидаемым преимуществам, которые можно получить при различных уровнях вероятностей возникновения состояний природы. Мы видим, что при  $p_1 \leq 0,5$  отрезок  $R_3$  оказывается наверху и соответственно следует выбрать решение  $R_3$ . Если  $0,625 \geq p_1 \geq 0,5$ , господствующее положение занимает решение  $R_1$ . Для случая, когда  $p_1 \geq 0,625$ , наибольшее математическое ожидание полезностей приносит решение  $R_2$ .

В результате этого анализа выясняется, в частности, тот факт, что поскольку ММ-критерий приводит к выбору решения  $R_2$ , он приписывает вероятности  $p_1$  значение  $p_1 \geq 0,625$ . ЛПР, выбрав  $R_2$ , в действительности поступает не так, как если бы он находился в условиях неопределенности. Наоборот, поведение ЛПР указывает на предположение (хотя и идеализированное), что состояние объективных условий  $N_1$  возникает с большей вероятностью, чем  $N_2$ . Можно предположить, что руководствуясь каждым из критериев, ЛПР придает определенное значение вероятности возникновения состояний природы уже самим фактом избрания определенной стратегии. Так, пессимистическая точка зрения в некотором смысле равносильна предположению, что возникновение  $N_2$  не так вероятно, как возникновение  $N_1$ . В общем всякое решение, отклоняющееся от критерия равной вероятности, означает, что в отношении выбора решений принята некоторая политика, воплощающая определенную точку зрения, и это в свою очередь означает, что *настоящей* неопределенности по тем или иным причинам не существует. Хотя в данном случае вероятности в теоретически безупречном виде нельзя ни установить, ни измерить, важно все же



**Рис. 2.** Вероятности, принимаемые вопреки неопределенности состояний  $N_1$  и  $N_2$  в зависимости от точки зрения ЛПР

ответить на вопрос: что приходит сначала – точка зрения ЛПР, подразумевающая вероятность, или интуитивная оценка вероятностей, обуславливающая точку зрения.

Полноценный анализ этой проблемы, конечно, выходит за рамки данной статьи, имеющей вводный в проблему характер. Поэтому мы ограничились здесь лишь некоторыми выборочными объяснениями, почти в равной мере применимыми и к задачам выбора решений в задачах, связанных с риском.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ампилов Ю. П. Экономическая геология/Ю. П. Ампилов, А. А. Герт. М.: Геоинформмарк, 2006. 329 с.
2. Арбатов А. А. О стратегии использования минерального сырья/А. А. Арбатов, Е. Б. Струкова//Экономика и математические методы. Т. 27. 1991. С. 686–698.

3. Астахов А. С. Экономическая оценка запасов полезных ископаемых. Москва: Недра, 1981. 287 с.

4. Воронин Ю. А. Исследования операций при поисках и разведке месторождений. Новосибирск: Наука, 1983. 253 с.

5. Гостевский А. Об оценке рисков горного проекта/А. Гостевский, М. С. Шумилин// Минеральные ресурсы России. Эконом. и управление. № 3. 2001. С. 46–51.

6. Грень Е. Статистические игры и их применение. М.: Статистика, 1975. 175 с.

7. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, зат. пост. Каб. Мін. України від 5.05.1997 р. № 432.

8. Конопляник А. А. Риск иностранных инвестиций в энергосырьевых отраслях России// Мин. ресурсы России. Эконом. и управление. № 3. 1995. С. 18–22.

9. Марголин А. М. Оценка запасов минерального сырья – математические методы. М.: Недра, 1974. 264 с.

10. Мушник Э. Методы принятия технических решений/Э. Мушник, П. Мюллер. М.: Мир, 1990. 208 с.

11. Хотеллинг Х. Экономика природных ресурсов. СПб: Экономическая школа, 2000. С. 262–303.

12. Чайников В. В. Учет риска в ставке дисконтирования при оценке инвестиций в освоение месторождений/В. В. Чайников, Д. Г. Ла-

пин//Маркшейдерия и недропользование. № 5. 2006. С. 29–33.

13. Шумилин М. В. Геолого-экономические основы горного бизнеса//Минеральное сырье. № 3. 1998. 168 с.

14. Эндерс А. Экономика природных ресурсов/А. Эндерс, Н. Квернер. М.: Питер, 2004. 256 с.

Рукопис отримано 17.03.2014.

**О. В. Зур'ян, О. І. Левченко**

### **ДО ПИТАННЯ ВРАХУВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ Й РИЗИКУ В ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОМУ АНАЛІЗІ ТА ВАРТІСНІЙ ОЦІНЦІ РОДОВИЩ**

*Висвітлені існуючі підходи до понять невизначеності й ризику. Викладені на основі теорії стратегічних ігор критерії вибору рішень з урахуванням невизначеності стосовно геологічних і економічних параметрів промислової цінності родовищ корисних копалин. Наведено наочний приклад.*

**Ключові слова:** фактори невизначеності та ризику, геолого-економічний аналіз, вартісна оцінка, геологічні та економічні параметри, родовище, ділянка надр.

**O. V. Zurian, O. I. Levchenko**

### **ON THE QUESTION OF ACCOUNTING FOR UNCERTAINTY AND RISK IN THE GEOLOGICAL-ECONOMIC ANALYSIS AND EVALUATION OF THE DEPOSITS COST**

*The article highlights the existing approaches to the concepts of uncertainty and risk. Presented based on the theory of strategic games selection criteria of decision taking into account the uncertainty about the geological and economic parameters of the commercial value of mineral deposits. The author cited a numerical example.*

**Keywords:** factors of uncertainty and risk, geological and economic analysis, cost and economic assessment, geological and economic parameters, deposit, the subsurface area.

**І. С. Паранько**, д-р геол. наук, професор, завідувач кафедри економічної і соціальної географії та методики викладання,  
**О. А. Матіщук**, асистент кафедри економічної і соціальної географії та методики викладання (Криворізький педагогічний інститут ДВНЗ “Криворізький національний університет”)

## ДО ПИТАННЯ ПРО СТРАТИГРАФІЧНЕ РОЗЧЛЕНУВАННЯ СКЕЛЮВАТСЬКОЇ СВІТИ КРИВОРІЗЬКОЇ СЕРІЇ

*Керуючись положеннями Стратиграфічного кодексу України щодо тлумачення терміна “світа”, а також на підставі результатів, отриманих при формаційному розчленуванні метавулканогенно-осадового розрізу Криворізької структури, рекомендовано виокремити зі складу скелюватської світи, в традиційному їй розумінні, метабазит-ультрабазитову вулканогенну частину, репрезентовану асоціацією талькумісних порід, з наданням їй статусу самостійної світи під назвою “інгулецька”.*

**Ключові слова:** світа, підсвіта, формація, підформація, парагенезис, парагенерація.

**Постановка проблеми.** Скелюватська світа як місцевий стратиграфічний підрозділ уперше була виділена в складі криворізької серії кореляційної стратиграфічної схеми докембрію Українського щита, затвердженої УРМСК у 1970 р. [1] та об'єднувала асоціацію кварцових метаконгломератів, аркозових метапісковиків, філітів і талькових сланців. У такому самому складі вона збереглася і в наступних кореляційних стратиграфічних і хроностратиграфічних схемах докембрію регіону з підрозділенням на нижню, середню й верхню підсвіти [3–5, 14–16]. Згідно з традиційними уявленнями діагностичною ознакою першої є олігоміктові метаконгломерати, які перешаровуються з метагравелітами та метапісковиками; другу репрезентує асоціація кварц-біотитових, серицит-біотитових з вуглистою речовиною сланців, відомих під загальною назвою філіти; розріз третьої представляють талькові, актиноліт-талькові, тремоліт-талькові, карбонат-талькові сланці з підпорядкованим поширенням актинолітитів і тремолітитів.

Проте, таке розчленування світи на підсвіти суперечить положенням як Стратиграфічного кодексу України, затвердженого Національним стратиграфічним комітетом України в 1997 році [12], так і другого видання цього нормативного документа, укладеного під редакцією П. Ф. Гожики та затвердженого у 2012 році [13]. Згідно з першим “світа – це єдине геологічне тіло з властивим йому, відмінним від суміжних геологічних тіл, літологічним складом, який сформувався в часі в одних і тих же або близьких фізико-географічних умовах. Має стійкі на всій площі поширення літолого-фаціальні ознаки, які приймаються за критерії для її виділення”. Підсвіта відповідно до того самого документа “... частина світи, виділяється за змінами літолого-фаціальних характеристик порід, які не порушують уявлення про загальну генетичну цілісність світи” [13, с. 14]. У новій редакції Кодексу зазначається, що “Світа в межах регіону вирізняється від нижче- і вищезалегаючих стратонів речовинним складом, структурно-тек-

стурними особливостями порід, що зумовлені їх генезисом... Має відносно сталі в межах поширення літолого-фаціальні характеристики, що є чільними критеріальними ознаками при її виділенні"... У складі світи виділяються підсвіти – підрозділ світи, що має більшість її ознак, але відрізняється за літолого-фаціальними, палеонтологічними, структурними критеріями" [13, с. 22, 21].

Узагальнення та аналіз значної кількості фактичного матеріалу стосовно будови розрізів скелюватської світи в межах усього простягання Криворізької структури, уточнення складу й первинної природи порід, а так само формаційної належності, разом з урахуванням зазначених вище трактувань понять "світа" та "підсвіта" дають підставу переглянути традиційні уявлення про обсяг і внутрішній поділ скелюватської світи на підсвіти.

**Результати досліджень та їх обговорення.** В основу вирішення поставленої проблеми покладено результати геолого-формаційних досліджень, які базуються на парагенетичному принципі виділення формацій, як однорідних за структурно-речовинними особливостями геологічних тіл [2, 10], що й дало змогу в складі скелюватської світи, в традиційному її розумінні, виділити дві формації (знизу догори): метаконгломерат-пісковиково-сланцеву та метакоматітову [9].

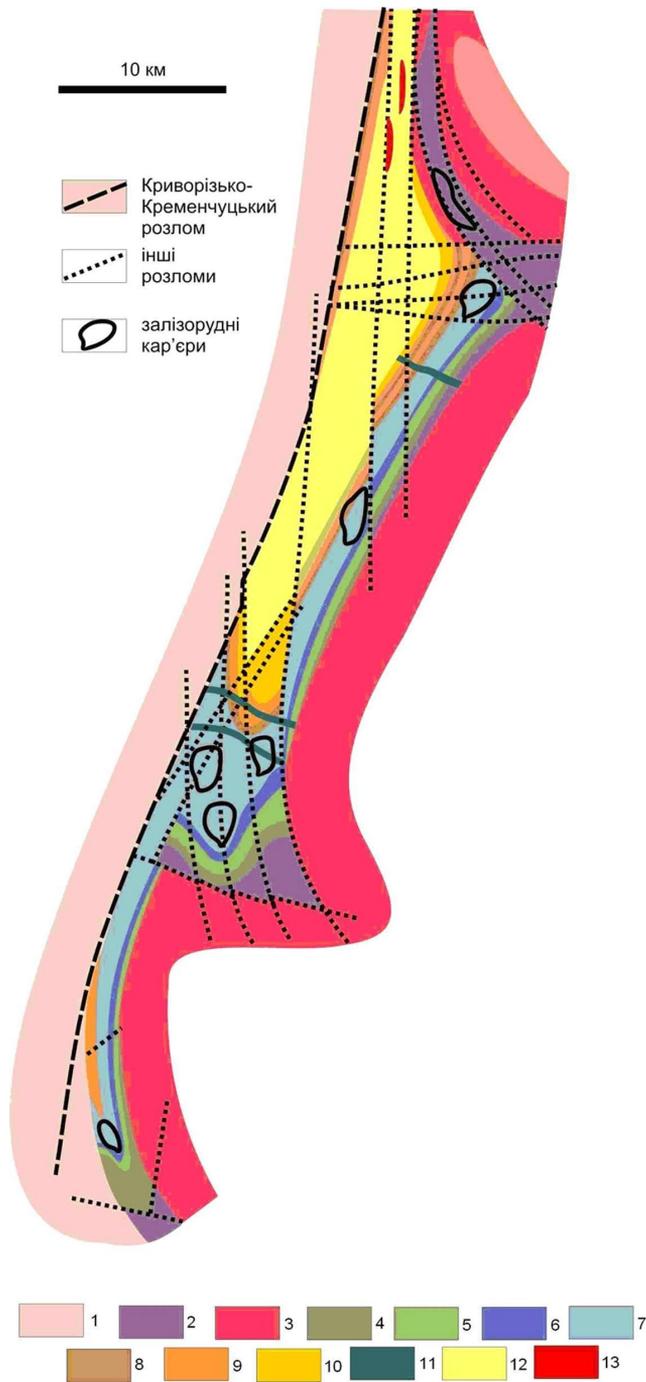
**Метаконгломерат-пісковиково-сланцева формація** картується вздовж східного борту Криворізької структури від замикання Лихманівської синкліналі на півдні до Девладівської зони розломів на півночі (рис. 1). Її вигляд визначають кварцові, польовошпат-кварцові метагравеліти, метапісковики, кварц-біотитові, кварц-серицит-біотитові, серицит-біотитові сланці з реліктовими структурами псамітів (так звані філіти) та метаконгломерати, які складають групу головних членів формації. До другорядних належать дрібнозернисті кварцові метапісковики, біотитові та слюдисто-ставролітові сланці. Найповніший розріз формації спостерігається в межах замикання Основної структури.

Залежно від кількісних співвідношень петрографічних відмін головних і другорядних членів формація поділяється на дві підформації: метаконгломерат-гравеліт-пісковикову (нижню) та метагравеліт-пісковиково-сланцеву (верхню).

**Метаконгломерат-гравеліт-пісковикова підформація** складена олігоміктовими метагравелітами й метаконгломератами, які утворюють основу її елементарного парагенезису. У підпорядкованій кількості знаходяться дрібно-середньозернисті метапісковики. В основі її розрізу залягають метапісковики, які разом з метагравелітами утворюють своєрідну метагравеліт-пісковикову парагенерацію (рис. 2). Потужність метапісковикових прошарків зменшується догори за розрізом від 3 до 1 м. У цьому ж напрямку збільшується потужність прошарків метагравелітів (до 40 м). Останні поступово заміщуються метаконгломератами, які утворюють прошарки й лінзи потужністю від 1 до 7 м у верхній частині розрізу підформації. Тобто метагравеліт-пісковикова парагенерація змінюється метагравеліт-конгломератною, що свідчить про регресивний характер осадконакопичення.

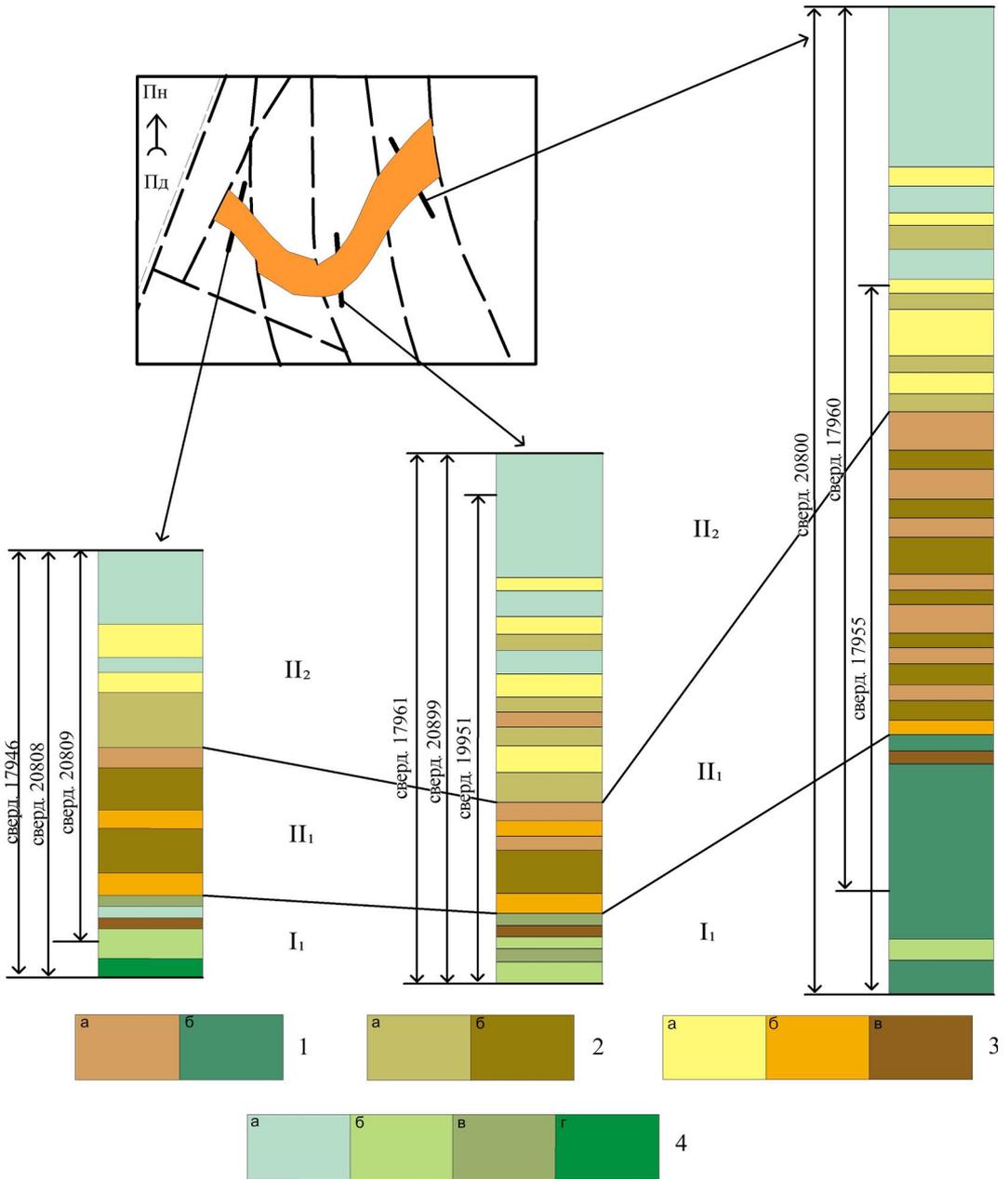
**Метагравеліт-пісковиково-сланцева підформація** складена парагенераціями двох типів: перший представлений асоціацією метагравеліт + метапісковик ± метаконгломерат; другий виражений парагенезисом метапісковик + сланець ± метагравеліт, що вказує на трансгресивний характер осадконакопичення та є однією з відмінностей цієї підформації від нижньої. Друга відмінність полягає в більш поліміктовому складі метатеригенних порід [7].

Нижня частина розрізу підформації представлена чергуванням польовошпат-кварцових метапісковиків і метагравелітів з рідкісними малопотужними лінзами метаконгломератів. Догори за розрізом кількість метапісковиків збільшується і парагенерація першого типу поступово змінюється метапісковиково-сланцевою. Завершує розріз пачка філітоподібних сланців з поодинокими прошарками потужністю 1–2 м метапісковиків і метагравелітів.



**Рис. 1. Карта геологічних формацій Криворізької структури**

**Геологічні формації:** 1 – гнейсограніт-плагіогранітова; 2 – метадацит-андезит-толеїтова; 3 – тоналіт-плагіогранітова; 4 – сланцевих метаконгломератів; 5 – метаконгломерат-пісковиково-сланцева; 6 – метакоматїїтова; 7 – джеспілітова кременисто-сланцева; 8 – залізисто-сланцева; 9 – карбонатно-вуглецево-сланцева; 10 – сланцево-метапісковикова; 11 – дайкова; 12 – моласоїдна метаконгломератова і метапісковиково-сланцева нерозділені; 13 – апліто-пегматоїдних гранітів



**Рис. 2. Будови метаконгломерат-пісковику-сланцевої формації в межах замикання Основної структури Кривбасу**

1 – метаконгломерати: а – олігоміктові, б – сланцеві; 2 – метагравеліти: а – кварцові, б – польовошпат-кварцові; 3 – метапісковики: а – польовошпат-кварцові, б – кварцові, в – поліміктові з хлоритовим цементом; 4 – сланці: а – кварц-серіцитові, б – кварц-біотит-хлоритові, в – гранат-хлорит-біотитові, г – кварц-роговообманково-біотитові

**I** – метаконгломерат-сланцева формація (новокриворізька світа); **II** – метаконгломерат-пісковику-сланцева формація (скелюватська світа): **II<sub>1</sub>** – метаконгломерат-гравеліт-пісковику підформація, **II<sub>2</sub>** – метагравеліт-пісковику-сланцева підформація

Аналіз мінерального складу метапсамітів формації вказує на присутність серед них олігоміктових і поліміктових відмін, проте результати реконструкції первинної природи порід шляхом застосування петрохімічних методів досліджень свідчать, що всі метапсаміти світи представлені кластолітами від граувак до слюдистих кварцитів. За мінералого-петрографічними особливостями метапсаміти нижньої підформації подібні до аналогічних порід верхньої, відмінність полягає лише в тому, що в складі першої переважають аркози, тоді як для другої здебільшого характерні поліміктові та субграувакові відміни. Сланці підформації є первинно-глинистими утвореннями, які належать до глин трьох груп: змішаних гідрослюдистих калієвого ряду, монтморілонітових і змішаних (клінохлор-пенін, вермикуліт-палігорськіт і шамозит) [7].

Характерним представником формації є метаконгломерати, які утворюють невитримані по площі тіла, приурочені до границі нижньої та верхньої підформацій. Обсяг цих порід у розрізах прямо пропорційно пов'язаний з потужністю формації. Так, у східній частині замикання Основної структури вони займають 50–70 % розрізу при його загальній потужності 120–140 м, а в межах південної і західної ділянок замикання, де потужність формації становить 25–40 м, не перевищують 10–15 %.

Основну частину гальки метаконгломератів складають добре обкатані уламки кварцитів і жильного кварцу. У підпорядкованій кількості наявні поодинокі гальки метапісковиків, метагравелітів, сланців і, дуже рідко, основних ефузивів. Цементом для галькового матеріалу є різнозернистий метапісковик, подібний за своїми мінералого-петрографічними особливостями метапісковикам, які утворюють прошарки та лінзи в тілі формації [7].

Приуроченість метаконгломератів до межі двох підформацій (двох напівциклів регресивно-трансгресивного макроциклу), а також парагенетичний зв'язок їх з іншими членами формації дають можливість розглядати ці породи як внутрішньо-формаційні [9].

Літолого-фаціальний аналіз формації свідчить, що вона поєднує в собі утворення континентальних і прибережно-морських фацій. До перших належать метаконгломерати, метагравеліти і різнозернисті метапісковики, які є відкладами дельт тимчасових потоків, до других – дрібнозернисті метапісковики та філітоподібні сланці [8, 9, 11].

**Метакоматітова формація** згідно залягає на породах метаконгломерат-пісковиково-сланцевої. Підтвердженням цього є наявність у нижніх частинах розрізу прошарків філітових сланців, кварцових і польовошпат-кварцових метапісковиків і метагравелітів, які належать підстеляючій формації. Верхній контакт з перекриваючою джеспілітовою кременисто-сланцевою формацією також несе риси поступового переходу, що підкреслюється наявністю в приконтактовій частині метакоматітової формації хлоритових і біотит-хлоритових сланців, які, нарівні з іншими породами, є основною складовою сланцевої парагенерації першого ритму джеспілітової кременисто-сланцевої формації. Такий характер взаємовідношень згаданих вище формацій свідчить про їх безперервне закономірне формування. Разом з тим варто зазначити, що на більшій частині простягання Криворізької структури контакти метакоматітової формації з утвореннями вмісних товщ мають тектонічний характер, їх позиція контролюється зоною Східного насуву.

Формацію репрезентує асоціація талькових, хлорит-талькових, хлорит-карбонат-талькових, карбонат-тальк-актинолітових, хлорит-тремолітових сланців, які складають групу головних членів. До другорядних належать згадані вище метапісковики, метагравеліти, філітоподібні сланці, які спостерігаються в приконтактових частинах із сусідніми формаціями, а також актинолітити, тремолітити та кварц-карбонатні породи [9].

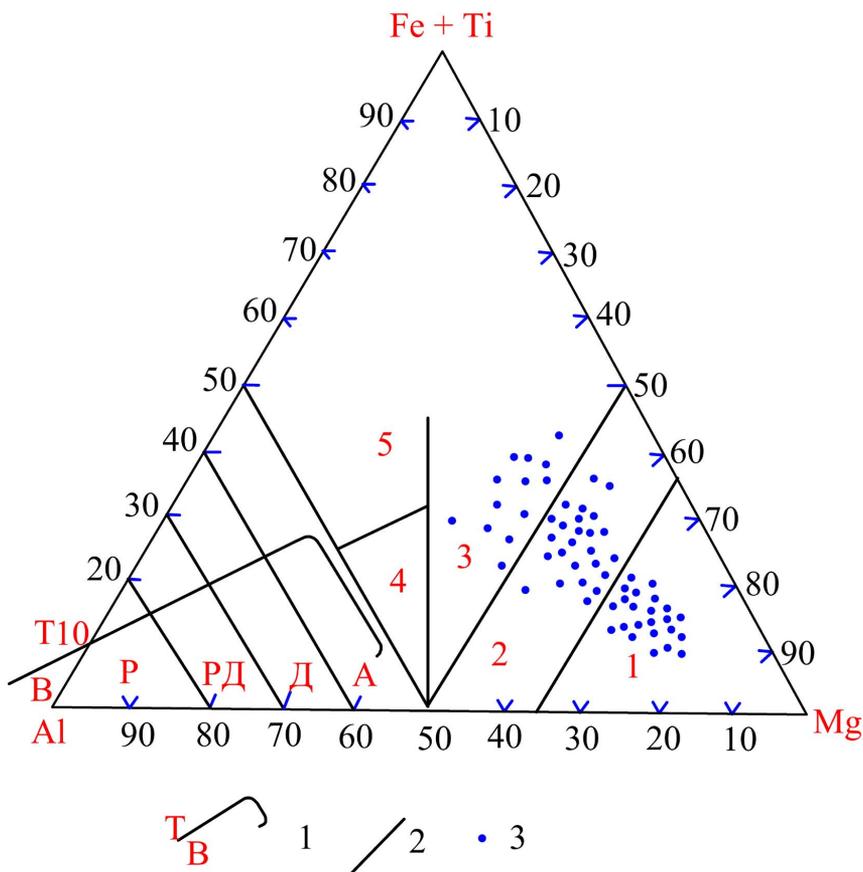
Реконструкція первинного складу порід формації свідчить, що серед її утворень присутні метаморфізовані аналоги перидотитових, піроксенітових коматітів, а також коматітових базальтів. До 80 % обсягу розрізу складають перидотитові

коматііти, на частку піроксенітових відмін припадає 15 %, а кількість коматіітових базальтів не перевищує 5 % (рис. 3).

У розрізі формації переважають (до 80 % його обсягу) метаморфізовані перидотитові коматііти, представлені карбонат-хлорит-тальковими, карбонат-хлорит-тальк-актинолітовими і карбонат-актиноліт-хлорит-тальковими сланцями, які утворюють прошарки потужністю від 8 до 20 м (рис. 4). Основними породотворювальними мінералами цих порід у районах поширення зеленсланцевої фації метаморфізму (Саксаганський район і замикання Основної структури) є тальк (70

об'ємн. %), хлорит (15 об'ємн. %) і карбонат (15 об'ємн. %). На ділянках, де ступінь метаморфізму підвищується до епідот-амфіболітової фації (Східноганнявська смуга Північного району, Тарапако-Лихманівське простягання), головним мінералом є амфібол, представлений тремолітом або малозалізістим актинолітом, а тальк, уміст якого становить 10–30 об'ємн. %, і хлорит (1–10 об'ємн. %) займають підпорядковане положення в складі порід.

Піроксенітові відміни коматіітів, кількість яких не перевищує 15 % обсягу розрізу формації, характеризуються підвищеним умістом хлориту (10–15 об'ємн. %).



**Рис. 3.** Положення фігуративних точок порід верхньої підсвіти скелюватської світи на діаграмі Л. Дженсена [17]

1 – тренд, який поділяє поля толеїтової (Т) і вапнисто-лужної (В) серій; 2 – тренд, який поділяє поля вулканогенних порід: Р – ріоліти, РД – ріоліто-дацити, Д – дацити, А – андезити, 1 – перидотитові коматііти, 2 – піроксенітові коматііти, 3 – коматіітові базальти, 4 – толеїти, 5 – залізисті толеїти; 3 – фігуративні точки порід верхньої підсвіти скелюватської світи

№ свердловин	Первинна природа порід	Потужність, м	Характеристика розрізу
21439	Blue	2	Актиноліт-талък-хлоритові сланці
	Yellow	1	Біотит-кварц-хлоритові сланці
	Cyan	6	Хлорит-талъкові сланці
	Yellow	5	Біотит-кварц-хлоритові сланці
	Blue	5	Актиноліт-хлорит-талъкові сланці
	Dark Blue	14	Карбонат-актиноліт-хлорит-талъкові сланці
	Blue	4	Актиноліт-хлорит-талъкові сланці
	Dark Blue	7	Карбонат-хлорит-актиноліт-талъкові сланці
	Blue	4	Хлорит-актиноліт-талъкові сланці
	Dark Blue	8	Карбонат-хлорит-актиноліт-талъкові сланці
	Blue	2	Актиноліт-хлорит-талъкові сланці
	Dark Blue	20	Карбонат-талък-хлорит-актинолітові сланці
	Blue	9	Актиноліт-хлорит-талъкові сланці
	Dark Blue	8	Карбонат-хлорит-талък-актинолітові сланці
	Cyan	2	Хлорит-талъкові сланці
Yellow	2	Метасісковики	
Cyan	3	Хлорит-талъкові сланці	

– перидотитові метаконатіти  
 – піроксенові метаконатіти   
 – конатітові метаазальти   
 – первинно-осадові породи

**Рис. 4.** Будоа розрізу метаконатітової формації в районі Ігулецького родовища залісних кварцитів

Кількість карбонату в них змінюється в межах від перших об'ємних відсотків до 20 %. Для амфіболових відмін характерний актиноліт з вищим, порівняно з перидотитовими метаконатітами, вмістом заліза та глинозему. Найпоширенішими їх метаморфізованими аналогами є актиноліт-хлорит-талькові сланці, які утворюють прошарки потужністю 2–5 м.

Метаморфізовані коматітові базальти в розрізі формації представлені хлорит-тальковими сланцями, які характерні для його фронтальних частин, де перешаровуються з метатеригенними породами (рис. 4). Потужність їх прошарків коливається від 2 до 6–8 м. На 75 % вони складені з хлориту, а вміст тальку не перевищує 10 % породи. У невеликих кількостях (до 5 %) у них присутні карбонат та амфіболи.

Характерною особливістю розрізу формації є закономірне чергування двокомпонентних ритмів, представлених парагенезисом перидотитові метаконатіти + піроксенітові метаконатіти (рис. 4).

Потужність формації змінюється по простяганню Криворізької структури від перших метрів (Тарапако-Лихманівське простягання) до 240 м (район родовища шахти ім. М. В. Фрунзе) переважно зі значеннями 120–140 м.

Формування метаультрабазитової асоціації підсвіти на метакластолітах метаконгломерат-пісковиково-сланцевої формації є результатом закономірного еволюційного процесу розвитку проторифтів, до яких належала і Криворізька структура на ранніх стадіях становлення [8]. Відомо, що максимумами трансгресій і регресій збігаються з активізацією проявлення ендегенних процесів [6]. У цьому конкретному випадку регресивно-трансгресивний макроцикл метаконгломерат-пісковиково-сланцевої формації завер-

шився поновленням глибинних розломів і проявленням тріщинного вулканізму ультраосновного складу, який і спричинив формування породних асоціацій метаконатітової формації.

Ураховуючи принцип відповідності формацій світам, згідно з яким *формації* і *світи* є *геологічними тілами*, обмеженими границями, визначеними однорідністю структурно-речовинних особливостей частини статичного геологічного простору [2, 10], а також зазначені вище трактування терміна “світа” відповідно до норм Стратиграфічного кодексу України [12, 13], можна стверджувати, що метаконгломерат-пісковиково-сланцева формація і метаконатітова це самостійні світи та об'єднувати їх в одну, як це традиційно має місце при розчленуванні метавулканогенно-осадових відкладів Криворізької структури не коректно.

Метаконгломерат-пісковиково-сланцеву формацію, як однорідне за структурно-речовинними особливостями геологічне тіло, визначає асоціація метакластолітів, а метаконатітову – метаультрабазитів. Тобто це два різних за складом, будовою та умовами утворення геологічних тіл, які в стратиграфічному відношенні варто виділяти як самостійні світи, залишивши за першою традиційну назву *скелюватська\** (метаконгломерат-пісковиково-сланцева формація), другу (метаконатітова формація) пропонується назвати за місцем відслонення найповнішого розрізу в борті кар'єру Інгулецького родовища залізистих кварцитів – *інгулецькою*.

Стосовно підрозділення розрізу скелюватської світи на підсвіти, пропонується останні виділити в обсязі підформацій, що буде відповідати трактуванню поняття “підсвіта” в редакції Стратиграфічного кодексу. Тобто поділити скелюватську світу на дві підсвіти – *нижню* в обсязі

---

\* Автори знайомі з вимогами Кодексу, що при зміні обсягу стратиграфічного підрозділу слід змінювати і назву, але з метою збереження історичного аспекту, а також уникнення непорозуміння під час використання фондової та опублікованої літератури, в якій скелюватська світа асоціюється з кварцовими метаконгломератами, пропонуємо зробити виняток і назву залишити.

метаконгломерат-гравеліт-пісковикової підформації, як регресивної частини розрізу світи, і *верхню* – трансгресивну в обсязі метагравеліт-пісковиково-сланцевої підформації.

**Висновки.** Керуючись тлумаченням змісту понять “світа” та “підсвіта” в редакції Стратиграфічного кодексу України [12, 13], а також ураховуючи принцип відповідності формацій світам, на підставі геолого-формаційного вивчення будови та складу скелюватської світи криворізької серії в традиційному її розумінні, запропоновано останню розділити на дві самостійні світи – скелюватську, до складу якої включити метакластогенну частину низів криворізького розрізу (кварцові метаконгломерати, метагравеліти, аркозові метапісковики, філітоподібні сланці), та інгулецьку, репрезентовану парагенезисом перидотитових, піроксенітових метаконатитів і коматітових метабазальтів. При цьому скелюватську світу рекомендується поділити на дві підсвіти: нижню – регресивну (метаконгломерат-гравеліт-пісковикова підформація) і верхню – трансгресивну (метагравеліт-пісковиково-сланцева підформація).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бабков Ю. Б., Булаевський Д. С., Зайцев А. А. і др. Стратиграфическая схема докембрійських образований Українського щита// Геол. журнал. 1970. № 4. С. 139–148.
2. Бобров О. Б., Лисак А. М., Свешніков К. І. та ін. Формаційний аналіз нижньодокембрійських комплексів Українського щита під час проведення геологознімальних робіт. Теоретико-практичні аспекти. К.: УкрДГРІ, 2006. 164 с.
3. Доброхотов М. Н., Берзенин Б. З., Бойко В. Л. і др. Корреляционная стратиграфическая схема докембрійських образований Українського щита// Геол. журнал. 1981. № 4. С. 6–13.
4. Железисто-кремнистые формации докембрія европейской части СССР. Стратиграфия/Н. П. Щербак, Я. Н. Белевцев, В. Ю. Фоменко і др. Киев: Наукова думка, 1988. 192 с.
5. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита/ К. Ю. Єсипчук, О. Б. Бобров, Л. М. Степанюк та ін. К.: УкрДГРІ, 2004. 30 с.
6. Негруца В. З., Негруца Т. Ф. Историко-геологический метод изучения докембрія. Л.: Недра, 1988. 196 с.
7. Паранько И. С. Состав и строение метаморфизованной конгломерат-печаниково-сланцевой формации Кривого Рога// Вест. Киевского ун-та. Прикладная геохимия и геофизика. 1991. Вып. 17. С. 91–107.
8. Паранько И. С. Некоторые особенности геологического развития Криворожской структуры// Геол. журнал. 1993. № 4. С. 122–133.
9. Паранько І. С. Ряди стратифікованих формацій і формаційні типи протерозойських метаморфічних комплексів Українського щита (на прикладі Кіровоградського та Придніпровського блоків): Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Львів, 1997. 35 с.
10. Паранько І. С. Значення геологічних формацій при стратифікації і кореляції розрізів докембрію// Науковий вісник національного гірничого університету. 2010. № 2. С. 40–44.
11. Паранько И. С., Сливко Е. М., Малиук Б. И. Геология и перспективы золотоносности нижней части разреза Криворожской структуры// Геология і геохімія горючих копалин. 1992. № 3. С. 67–87.
12. Стратиграфічний кодекс України/ Відп. ред. Ю. В. Тесленко. К.: Національний стратиграфічний комітет України, 1997. 40 с.
13. Стратиграфічний кодекс України/ Відп. ред. П. Ф. Гожик. 2-е вид. К.: Національний стратиграфічний комітет України, 2012. 66 с.
14. Стратиграфические разрезы докембрія Украинского щита/ Н. П. Щербак, К. Е. Єсипчук, Б. З. Берзенин і др. Киев: Наукова думка, 1985. 168 с.
15. Стратиграфические схемы докембрійських і фанерозойських образований Украинского щита для геологических карт масштаба 1:50 000 (1:25 000). Объясн. зап./ Е. А. Асеева, Я. П. Бильнская, Б. З. Берзенин і др. Киев: Мингео УССР, 1986. 122 с.
16. Стратиграфические схемы докембрійських образований Украинского щита для геологических карт нового поколения. Графические таблицы/ В. М. Верхогляд, К. Е. Єсипчук, Н. П. Щербак і др. Киев: Геопрогноз, 1993.
17. Jensen L. S. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks// Ontario: Div. Mines. 1976. MP66. 22 p.

Рукопис отримано 27.11.2013.

**И. С. Паранько, А. А. Матищук**

## **К ВОПРОСУ О СТРАТИГРАФИЧЕСКОМ РАСЧЛЕНЕНИИ СКЕЛЕВАТСКОЙ СВИТЫ КРИВОРОЖСКОЙ СЕРИИ**

*Руководствуясь положениями Стратиграфического кодекса Украины относительно понимания термина “свита”, а также на основании результатов, полученных при формационном расчленении метавулканогенно-осадочного разреза Криворожской структуры, рекомендовано вычленить из состава скелеватской свиты, в традиционном ей понимании, метабазит-ультрабазитовую часть, представленную ассоциацией тальксодержащих пород, в самостоятельную свиту под названием “ингулецкая”.*

**Ключевые слова:** свита, подсвита, формация, подформация, парагенерация, парагенезис.

**I. S. Paranko, O. A. Matischuk**

## **ON THE ISSUE OF STRATIFICATION OF SKELEVATKA SUITE OF KRYVYI RIH SERI**

*The provisions of the Code of Ukraine on the stratigraphic interpretation of the term “suite”, as well as on the basis of the results obtained during the formational metavulkanogenno-dismemberment of the sedimentary structure of the Krivoy Rog, it is recommended to isolate from the skelevat-skoj her entourage in the traditional sense metabasite-ultrabasite part represented by the Association talc-containing species in a separate suite called “Inguletsky”.*

**Keywords:** suite, subsuite, formation, subformation, parageneration, paragenesis.

**Ю. А. Полканов**, д-р геол.-минерал. наук, академик АН Украины,  
**А. Ю. Полканова**, заведующая сектором Бахчисарайского государственного  
историко-культурного заповедника, АР Крым

## ПАТРИОТ КАРАДАГА

*“И хочется верить, что научная станция, едва зарождающаяся в одном из самых интересных уголков России, в Крыму вырастет и разовьется в прочное и работоспособное учреждение на благо всему человечеству и во славу русской науке”.*

*А. Ф. Слудский*

*Статья посвящена известному ученому, геологу и краеведу, организатору науки и заведующему Карадагской научной станции А. Ф. Слудскому.*

**Ключевые слова:** Карадаг, вулкан, неметаллические полезные ископаемые.

Потухший вулкан Карадаг является одним из самых значимых и знаменитых геологических памятников Крыма и Украины в целом, интересной мировой достопримечательностью. Широко известна и Карадагская научная станция, становление которой связано с именем ее первого директора Александра Федоровича Слудского (фото 1), геолога и ученого.

У подножия знаменитого потухшего вулкана, на административном здании Карадагского отделения Института биологии южных морей АН Украины 29 сентября 1987 года была торжественно открыта мемориальная доска (фото 2) с надписью: “В этом доме с 1914 по 1927 год жил и работал прогрессивный ученый заведующий Карадагской научной станцией Александр Федорович Слудский”. Вся его творческая жизнь прошла в Крыму. Сбылись сказанные еще в далеком 1912 году пророческие слова ученого, вынесенные в эпитафию.

А. Ф. Слудский был не только ученым, но и организатором науки, обществен-

ным деятелем, одним из лучших знатоков геологии края, талантливым педагогом. Имя и дела его хорошо известны специалистам, краеведам, местным жителям, ученикам. Но многие, прочитав скупую мемориальную надпись, возможно, захотят подробнее познакомиться с жизнью и деятельностью замечательного человека.

Слудский А. Ф. родился в Москве, в семье профессора механики. С юношеских лет увлекся естествознанием. По окончании гимназии учился в Московском университете, где слушал лекции академиков А. П. Павлова, Д. Н. Анучина и других видных ученых. Специализировался по геологии. В 1909 году блестяще окончил университет и был оставлен при нем для подготовки к профессорскому званию. По совету А. П. Павлова, очарованного по его словам “одной из самых лучших мировых достопримечательностей”, взял тему по геологии этого района.

А. Ф. Слудский впервые попал в Крым в 1910 году и с энтузиазмом занялся изучением строения древнего вулкана.

К тому времени относится его знакомство с врачом и общественным деятелем Т. И. Вяземским, увлеченным идеей создания на Карадаге научной станции. В лице молодого геолога Т. И. Вяземский получил горячего сторонника. Лекции и публикации А. Ф. Слудского, особенно доклад в Москве “Карадаг, его естественно-историческое значение, научная и промышленная будущность” (1912), привлекли к идее создания станции внимание передовой общественности.

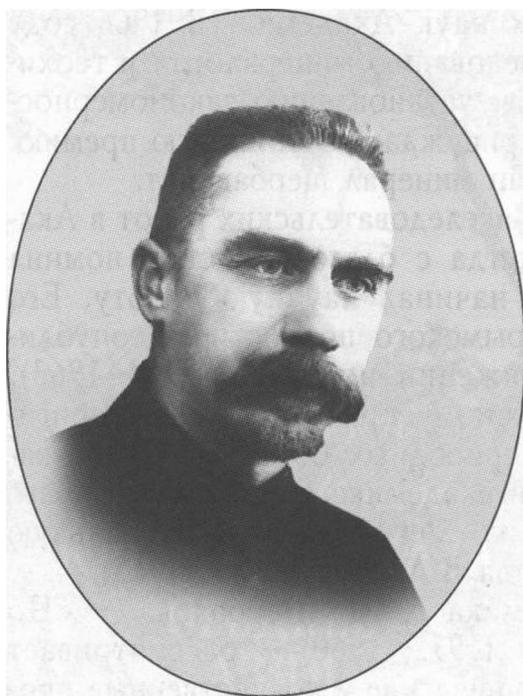
В 1914 г. станция, основанная Т. И. Вяземским, была передана в дар Обществу содействия успехам опытных наук и их практических применений имени Х. С. Леденцова. По рекомендации академика А. П. Павлова ее заведующим назначили А. Ф. Слудского. Становление станции, как научного центра, проходило при его повседневной и напряженной работе: занимался строительством, добывал аппаратуру, налаживал научные исследования...

В годы гражданской войны, несмотря на террор и разруху, А. Ф. Слудский с семьей не покинули станцию. Жили при постоянной угрозе бандитских налетов. Средств к существованию не было. Подолгу голодали, обычными в меню стали виноградные улитки и дикие коренья. В тяжелых условиях удалось сохранить станцию и ее уникальную библиотеку.

В период становления Советской власти в Крыму А. Ф. Слудский сумел наладить работу станции как государственного учреждения. Поначалу это было не просто. Находились люди, считавшие, что станция не нужна. Александр Федорович смог преодолеть недопонимание и добиться финансирования.

Несмотря на голод и разруху, молодая советская республика старалась поддерживать деятелей науки и искусства. Признанием заслуг А. Ф. Слудского явилось назначение ему академического пайка, как и жившим неподалеку, в Коктебеле, В. Вересаеву и М. Волошину.

А. Ф. Слудскому мы обязаны выходом первых научных трудов станции и созданием прекрасного музея, где были пред-



**Фото 1. Александр Федорович Слудский**

ставлены горные породы и минералы, растительный и животный мир Карадага. В прежнем виде музей просуществовал до 1960-х годов.

Александр Федорович изучал и прекрасно знал геологию, флору и фауну Карадага и его окрестностей. Впервые обнаружил на нем следы пребывания человека каменного века.



**Фото 2. Мемориальная доска А. Ф. Слудскому**

В 1927 г. А. Ф. Слудский переехал в Феодосию, т. к. пришло время определять детей в школу. Работал на гидрометеостанции. Написал историю землетрясений в Крыму. Преподавал в учительском институте.

С 1930 г. обосновался в Симферополе. Вел геологические поиски и разведочные работы на стройматериалы и сырье для металлургической промышленности. Занимался инженерной геологией в связи с оползнями и дорожным строительством. Преподавал в сельскохозяйственном и педагогическом институтах.

Преподавательскую деятельность в Крыму А. Ф. Слудский начал еще в 1910 г. Уже тогда студенты различных вузов проходили на Карадаге практику. Александр Федорович неизменно руководил геологическими экскурсиями. Его яркие рассказы о геологии Карадага, широкая эрудиция и энтузиазм запоминались надолго. Известный геолог, профессор И. И. Танатар в лекциях 1950-х годов в Днепропетровском горном институте вспоминал, например, о впечатлениях от посещения Карадага в 1915 году.

А. Ф. Слудского отличали высокая общая культура и широкий круг интересов. В молодости он увлекся индийской философией и переводил с английского Рабиндраната Тагора. Дочь ученого Александра Александровна вспоминает, что изучала А. С. Пушкина не по учебникам, которых тогда не было, а с помощью отца, знавшего наизусть многие произведения поэта.

В то же время Александр Федорович был мастеровым человеком. Ему не чужды были токарное и слесарное дело. В доме имелся токарный станок. Знание ремесел пригодилось в трудные годы. Вынужденно оставшись в Крыму в период фашистской оккупации, Александр Федорович отказался вести геологические изыскания. Перебивался случайными заработками: чинил примусы, паял, делал копилки из гильз снарядов. Жил впроголодь. Но в это трудное время свято верил в победу и старался приблизить ее,

помогая подпольщикам. Вступив в коммунистическую партию перед самой войной, в 1941 году, А. Ф. Слудский до конца своих дней был верен ее идеалам.

После освобождения Крыма он активно включился в работу по восстановлению народного хозяйства. Занимался инженерной геологией, геологической съемкой, изысканием стройматериалов вдоль трассы Северо-Крымского канала, поисками и разведкой полезных ископаемых. В их числе мраморовидные известняки района Балаклавы (Кадыковское, Караньское, Балаклавское месторождения) и села Мраморное (Биюк Янкой), керамические глины Балаклавы, сел Марьино, Украинка (Курцы), Константиновка, Партизанское (Саблы), мергели Бахчисарая и Феодосии, кил Украинки, изверженные породы. Многие эти месторождения разрабатываются в настоящее время. В те же годы А. Ф. Слудский занимался противооползневыми работами на Южном берегу Крыма. Преподавал. Участвовал в организации Крымского филиала АН СССР, в котором работал некоторое время (в дальнейшем преобразован в известный Институт минеральных ресурсов разного подчинения, до недавнего времени был Крымским отделением Украинского государственного геологоразведочного института). Был одним из инициаторов создания в Крыму отдела Географического общества. В 1948 году защитил кандидатскую диссертацию по глинам Крыма.

А. Ф. Слудский умер 20 апреля 1954 года. Он оставил большое научное наследие: десятки публикаций и рукописей. В их числе “Гора Карадаг в Крыму и ее геологическое прошлое” (1911), “Заметки о флоре Карадага” (1917), “Месторождения мраморов Горного Крыма” (1936), “Древние долины реки Салгир” (1953). Эти и другие работы поныне сохраняют научное значение.

В 1924 году А. Ф. Слудский (фото 3) написал статью “О национальном парке на Карадаге”. Его мечта сбылась, и Карадаг в наше время стал заповедником.

Александр Федорович дружил и сотрудничал со многими крупными учеными: с академиками Ф. Ю. Левинсоном-Лессингом, А. Е. Ферсманом, профессором И. И. Пузановым. По словам члена-корреспондента АН СССР М. В. Муратова, он “был непревзойденным знатоком геологии и природы Крыма, крупным исследователем, безусловно честным, глубоко порядочным человеком, большим патриотом”.

Память о А. Ф. Слудском отмечена не только мемориальной доской на Карадагской станции. Ему посвящена памятная доска и в Симферополе на здании по ул. Жуковского, где он прожил много лет: “В этом доме жил известный исследователь минеральных ресурсов Крыма, первый директор Карадагской научной станции Александр Федорович Слудский (1884–1954)”.



**Фото 3. Александр Федорович Слудский**

Редкий случай, когда геологу посвящены две мемориальных доски в разных местах.

Рукопис отримано 3.02.2014.

**Ю. О. Полканов, Г. Ю. Полканова**  
**ПАТРИОТ КАРАДАГУ**

*Стаття присвячена відомому вченому, геологу і краєзнавцю, організатору науки й керівнику Карадазької наукової станції О. Ф. Слудському.*

*Ключові слова: Карадаг, вулкан, неметалеві корисні копалини.*

**Yu. O. Polkanov, A. Yu. Polkanova**  
**KARADAG'S PATRIOT**

*The article is dedicated to the famous scientist, geologist and ethnographer, organizer of science and leader of Karadag's scientific station A. F. Sludskii.*

*Keywords: Karadag, volcano, non-metal useful minerals.*

## РЕФЕРАТИ ЗВІТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ, ЩО НАДІЙШЛИ ДО ФОНДІВ УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНОГО ІНСТИТУТУ У 2014 РОЦІ

УДК 552.323+550.3(477)

**Чашка О. І., Палкіна О. Ю., Тарасюк Л. П. та ін.**

**Наукове супроводження геологорозвідувальних робіт на алмази в Приазовській частині Українського щита (тема 067).** Звіт про НДР: 151 с., 28 табл., бібліографія – 40. Український державний геологорозвідувальний інститут (УкрДГРІ). Київ, 2013.

Мета досліджень: наукове супроводження геологорозвідувальних робіт на алмази в Приазовській частині Українського щита.

Методи досліджень: аналіз вітчизняних і світових досліджень, збагачення й вивчення мінерального складу шліхових і шліхомінералогічних проб.

Наведені результати збагачення й вивчення мінерального складу 66-ти контрольних шліхових проб, відібраних Приазовською КГП ударно-канатним бурінням по конусах виносу та заплавної тераси басейнів річок Кальчик і Токмак, 146-ти шліхомінералогічних проб, які відібрали виконавці теми вздовж берегових відкладів Азовського моря й річкової системи регіону, а також двох малооб'ємних проб. Наявність кімберлітів, алмазів та мінералів-індикаторів у теригенних відкладах Приазовського блока підтверджує його перспективність на виявлення алмазних родовищ.

**Ключові слова:** прогноз, алмазоносність, алмаз, високобаричні мінерали, піроп, пікроїльменіт, хромшпінеліди, хромдіопсид, критерії, перспективи, збагачення.

УДК 622.7.016 (477)

**Суров Г. В., Єрошенко І. В., Ягупов В. С.**

**Удосконалення методичного забезпечення аналітичної служби галузі з питань технології збагачення твердих корисних копалин (тема 073).** Звіт про НДР: 72 с., 3 рис., 11 табл., бібліографія – 43. УкрДГРІ. Київ, 2013.

Мета досліджень: створення та впровадження нових методів визначення хіміко-мінерального складу руд і продуктів їх технологічної переробки для вдосконалення методичного забезпечення аналітичної служби галузі з метою вирішення питань щодо технології збагачення твердих корисних копалин.

Звіт містить фактичні дані, отримані під час розробки методичного підходу для дослідження мінеральної сировини із застосуванням атомної абсорбції, рентгенофлуоресцентного аналізу (РФА), а також амальгамування як складової частини фазового аналізу.

На контрольних зразках сплавів дорогоцінних металів показано, що розроблений метод аналізу металів платинової групи й золота в мінеральній сировині з використанням попередньої пробірної концентрації, з екстракцією золота ізоаміловим спиртом і подальшою екстракцією комплексів платини дифенілтіосечовиною дає можливість: виконувати аналіз золота й платиноїдів з одного навішування; використати доступні дешеві вітчизняні реактиви; зменшити час проведення та вартість масових аналізів.

Визначено, що використання демеркуризації стосовно продуктів амальгамування з подальшим їх аналізом методами РФА та атомної абсорбції дає змогу підвищити достовірність результатів фазового аналізу. Розроблений технологічний регламент щодо проведення фазового аналізу, який являє собою замкнутий цикл використання металевих ртуті, відповідає всім вимогам охорони праці та промсанітарії.

**Ключові слова:** пробірний аналіз, рентгенофлуоресцентний аналіз, амальгамування, атомно-абсорбційний аналіз, золото, платина, паладій, ртуть.

УДК 551.432.46:553.041(477.7)

**Пасинков А. А.**

**Комплексне вивчення геологічної будови й геодинаміки Азово-Чорноморського басейну з метою оцінки перспектив освоєння його акваторій і мінеральних ресурсів (тема 074).** Звіт про НДР: 249 с., 27 рис., 24 табл., бібліографія – 181. УкрДГРІ. Київ, 2013.

У роботі розглядаються основні риси та особливості геологічної будови, геодинаміки, інженерної геології, гідрогеології, мінерально-сировинної бази та геоecології Азово-Чорноморського басейну. Виконана оцінка стану геологознімальних робіт.

Виконані аналіз та систематизація матеріалів робіт попередніх дослідників. Сформовані принципи морфоструктурного та геоecологічного районування акваторій Чорного та Азовського морів, що дало можливість попередньо оцінити інженерно-геологічні особливості, сталість та екологічний стан кожного району.

Попередня характеристика мінеральних і паливно-енергетичних ресурсів Азово-Чорноморського басейну надана по окремих видах сировини.

Згідно з геологічним завданням сформована методика й технологія пошукових геохімічних досліджень Чорного та Азовського морів.

**Ключові слова:** геодинамічний аналіз, морфоструктури, сейсмічність, новітні та сучасні тектонічні рухи, грязьовий та газовий вулканізм, геоecологія, сталість донних відкладів.

УДК 553.98.041(477.5)

**Бабко І. М. та ін.**

**Дослідження особливостей геологічної будови Харківського мегаблока та суміжних територій з метою виявлення сприятливих просторово-часових умов для формування ЛСК-пасток (тема 329).** Звіт про НДР: 87 с., 23 рис. УкрДГРІ. Київ, 2013.

Об'єкт дослідження – Наріжнянсько-Скворцівська та Хорошівсько-Денисівська ділянки Північного борту ДДЗ.

Мета роботи: прогноз та оцінка нафтогазоперспективності нетрадиційних (неантиклінальних) об'єктів пошуку.

Побудовані принципові схеми механізму розвитку нетрадиційних пасток ВВ. Виконано прогноз нетрадиційних пасток різних морфогенетичних типів у цокольному розрізі борту. Створені геологічні моделі прогнозних пасток. Обґрунтовані практичні рекомендації на постановку комплексних геолого-геофізичних досліджень і буріння цільових оцінних свердловин.

**Ключові слова:** прогноз, нетрадиційні пастки, природні резервуари, базальні шари осадового чохла, континентальна кора вивітрювання, розущільнені породи кристалічного фундаменту, нафтогазоносний потенціал.

УДК 551.71:552.32(477.6)

**Ісаков Л. В., Липчук Л. В., Єлькіна І. Б. та ін.**

**Кореляція гранітоїдних формацій східної частини УЩ (тема 531).** Звіт про НДР: 329 с., 123 рис., 56 табл., 4 текстових додатки, бібліографія – 148. УкрДГРІ. Київ, 2013.

За результатами проведених досліджень гранітоїдних утворень Середнього Придніпров'я та Західного Приазов'я визначені геолого-структурні закономірності формування й розміщення гранітних формацій архейських блоків східної частини УЩ. Надана детальна характеристика та проведено порівняння гранітоїдних комплексів, розвинутих у межах архейських мегаблоків східної частини УЩ, показана їх належність до основних структур означених мегаблоків. На основі отриманих детальних характеристик та з урахуванням вікової належності складено порівняльну таблицю гранітоїдних комплексів Середнього Придніпров'я та Західного Приазов'я.

**Ключові слова:** гранітні формації, гранітні комплекси, граніти, мігматити, ендербіти, чарнокіти, плагіограніти, гранітні пегматити, пегматитове поле, пегматитовий пояс, архей, протерозой, Середньопридніпровський мегаблок, Західноприазовський мегаблок, Український щит.

УДК 556.34.042 (477)

**Рубан С. А., Ніколішина А. В., Кузіна Г. П. та ін.**

**Створення системи моніторингу підземних вод гірських районів України (тема 535).** Звіт про НДР: 112 с., 2 книги, 24 рис., 6 табл., 7 текстових додатків, бібліографія – 34. УкрДГРІ. Київ, 2013.

Робота присвячена питанням організації системи моніторингу підземних вод гірських районів України, проведенню моніторингу та уніфікації інформаційного забезпечення для гідрогеологічних оцінок і прогнозів.

Основними досягненнями проведеної роботи є: розробка й відпрацювання методичного та програмного забезпечення сезонного прогнозу витрат джерел; розробка та впровадження в практику служби моніторингу підземних вод “Методики з організації ведення системи моніторингу підземних вод у гірській місцевості (Організація і проведення спостережень на джерелах. Підготовка і застосування інформаційного забезпечення для гідрогеологічних оцінок і прогнозів. Сезонне прогнозування витрат джерел. Оцінка перспективних і прогнозних експлуатаційних ресурсів та запасів підземних вод по джерелах)”.

Надані матеріали призначені для фахівців служби державного моніторингу підземних вод України та можуть бути використані іншими природоохоронними закладами й установами.

**Ключові слова:** підземні води, джерела, моніторинг підземних вод, інформаційне забезпечення, сезонний прогноз, інформаційні зведення.

УДК 622.24

**Васюк Б. М., Ковалевська Л. І., Сорокін В. І., Вікторов Г. М., Юрченкова Л. Г.**

**Розробка прогресивної технології буріння геологорозвідувальних свердловин у складних гірничо-геологічних умовах вугільних родовищ Донбасу (тема 543).** Звіт про НДР: 123 с., 15 рис., 56 табл., бібліографія – 27. УкрДГРІ. Київ, 2013.

Удосконалення технології буріння свердловин у складних гірничо-геологічних умовах вугільних родовищ Донбасу викликане застосуванням промивальних рідин з підвищеними кріплячими (інгібуючими) та мастильними властивостями, спеціальної технології установки обсадної колони в інтервалі нестійких, порушених порід, що пов’язана з використанням запропонованих розширювача з висувними різальними лопатями та глибинного дебалансного вібратора поперечної дії, фіксацією обсадних труб тампонажною сумішшю, що володіє підвищеною адгезією каменю до гірської породи. Підвищення економічних показників та якості вуглегазового опробування вугільних пластів досягнуто вдосконаленням існуючих газокернабірників, зокрема розробкою універсального керноформуального вузла, що оснащується як коронкою з висувними алмазно-твердосплавними різцями, так і алмазною коронкою стандартної конструкції.

**Ключові слова:** Донбас, вугільне родовище, вугільний пласт, порушені гірські породи, закріплення порід, вуглегазове опробування, газокернабірник.

## ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Редакція журналу “Збірник наукових праць УкрДГРІ” приймає оригінальні, раніше не опубліковані статті геологічної, геолого-мінералогічної та технічної тематик.

Статті надсилаються в друкованому (два примірники) й електронному вигляді, бажано українською мовою. Електронний варіант приймається на дискеті, компакт-диску чи електронною поштою.

Обсяг однієї наукової статті – до **20 стор.** машинопису через два інтервали (разом з таблицями, фото, рисунками та підписами до них, бібліографічним списком, анотацією), оглядової – 10–15 сторінок, інформаційного повідомлення – три–чотири сторінки.

До рукопису необхідно додати акт експертизи, лист-рекомендацію й такі відомості про автора/авторів: прізвище, ім'я та по батькові (повністю); учене звання і вчений ступінь; посада чи професія; місце роботи (назва установи чи організації); робоча адреса, номер телефону; домашня адреса, номер телефону, електронна адреса.

До кожної статті обов'язково наводяться: **номер УДК, анотація, назва статті та ключові слова (українською, російською та англійською мовами)**, бібліографічний список за алфавітом (оформлений відповідно до сучасних вимог), рисунки та підписи до них (**окремі файли**).

Комп'ютерні макети рисунків приймаються за дотриманням таких умов.

**Р а с т р о в а** графіка: чорно-біле зображення – \*.TIF чи \*.PSD (Adobe PhotoShop 7.x, 8.x); повнокольорове зображення – \*.TIF, \*.EPS, \*.PSD-формат, розрізнення 300 dpi. Кольорова модель СМΥК, чорний колір в одному каналі.

**В е к т о р н а** графіка: файли формату \*.AI, \*.EPS (Adobe Illustrator v. 8.x, 9.x) чи \*.CDR (Corel Draw v. 11.x, 12.x, 13.x). Використані шрифти мають бути подані окремо або переведені в криві. Растрову графіку до векторного макета не заносити (!).

З метою подальшого підвищення наукового рейтингу журналу та його дописувачів варто звернути увагу на такі вимоги:

1. Єдиним джерелом інформації щодо змісту статті для іноземних спеціалістів є анотація англійською мовою. Тому її обсяг може бути більшим за обсяг анотації українською (російською), оскільки за останньою найчастіше друкується повний текст статті тією самою мовою.

Обсяг анотації англійською мовою разом з назвою статті, ініціалами та прізвищами всіх авторів має містити мінімум 1000 знаків і не більше п'яти ключових слів.

Вимоги до анотацій англійською мовою: інформативність (відсутність загальних слів); змістовність (відображення основного змісту статті та результатів досліджень); застосування термінології, характерної для іноземних спеціальних текстів; єдність термінології в межах анотації; відсутність повторення відомостей, що містяться в заголовку статті.

Прізвища авторів статей надаються в одній з прийнятих міжнародних систем транслітерації (з української – відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 55 від 27.01.2010 р. “Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею”, з російської – відповідно до “Системы транслитерации Библиотеки конгресса США”). Зазначення прізвища в різних системах транслітерації призводить до дублювання профілів (ідентифікаторів) автора в базі даних (профіль створюється автоматично в разі збігу його даних по двох публікаціях).

Для повного й коректного створення профілю автора дуже важливо наводити місце його роботи. Дані про публікації автора використовуються для отримання повної інформації щодо наукової діяльності організацій і загалом країни. Застосування в статті офіційної, без скорочень, назви організації англійською мовою запобігатиме втраті статей у системі аналізу організацій та авторів. Бажано вказувати в назві організації її відомство за належністю.

2. В аналітичній системі SCOPUS потрібні пристатейні списки використаної літератури латиницею. Можливості SCOPUS дають змогу проводити такі дослідження: за посиланнями оцінювати значення визнання робіт конкретних авторів, науковий рівень журналів, організацій і країн загалом, визначати актуальність наукових напрямів і проблем. Стаття з представленим списком літератури демонструє професійний кругозір та якісний рівень досліджень її авторів.

Правильний опис джерел літератури, на які посилаються автори, є запорукою того, що цитовану публікацію буде враховано в процесі оцінювання наукової діяльності її авторів, а отже, й організації, регіону, країни. За цитуванням журналу визначається його науковий рівень, авторитетність тощо. Тому найважливішими складовими в бібліографічних посиланнях є прізвища авторів і назви журналів. В опис списку літератури до статті треба вносити всіх авторів, не скорочуючи їх кількості.

Для українсько- та російськомовних статей з журналів, збірників, матеріалів конференцій структура бібліографічного опису така:

автори (транслітерація), переклад назви статті англійською мовою, назва джерела (транслітерація), вихідні дані, в дужках – мова оригіналу.

Список використаної літератури (References) для SCOPUS та інших закордонних баз даних наводиться повністю окремим блоком, повторюючи список літератури до українсько- та російськомовної частини, незалежно від того, містяться в ньому чи ні іноземні джерела. Якщо в списку є посилання на іноземні публікації, вони повністю повторюються в списку, який створюється в латинському алфавіті.

Найточнішу ідентифікацію статей з електронних журналів можна отримати, якщо навести унікальний ідентифікатор (Digital Object Identifier – DOI). За наявності в статті DOI посилання на статтю буде однозначно правильно визначено.

*РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ журналу знову звертає особливу увагу безпосередньо авторів, учених рад та адміністрацій підприємств (за рекомендаціями й клопотаннями яких до видання надходять різноманітні матеріали) на підвищення вимог до публікацій з боку Вищої атестаційної комісії України. Виходячи з постанови президії ВАК України від 15.01.2003 р. № 7-05/1 до друку прийматимуться лише наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання цієї проблеми і на які спирається автор, виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формування цієї статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з цього дослідження й перспективи подальших розвідок у даному напрямі.*

Матеріали надсилати відповідальному секретарю збірника А. Я. Парфеновій за адресою: 04114, м. Київ-114, вул. Автозаводська, 78. Тел.: 432-34-07. E-mail: parfenova\_a@ukr.net.

Відомості про публікації нашого журналу можна знайти на офіційному сайті УкрДГРІ – [www.ukrdgri.gov.ua](http://www.ukrdgri.gov.ua) та сайті Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського – <http://www.nbuv.gov.ua/portal/natural/UDGRI>, а також реферати статей з 2004 р. в реферативній базі даних “Україніка наукова” <http://www.nbuv.gov.ua/portal/natural/UDGRI/search.html>.

Автори відповідають за точність викладених фактів, даних, цитат, бібліографічних довідок, написання географічних назв, власних імен, геологічних термінів тощо.