

ISSN 1682-721X

# МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ 4'2013

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ  
науковий журнал,  
виходить 4 рази на рік,  
грудень, 2013 р.  
Видається з 01.03.1994 р.

УДК 55(477)(051)  
ББК 26.3(4УКР)Я5  
М61

ЗАСНОВНИКИ:  
Державна служба геології та надр  
України, Український державний  
геологорозвідувальний інститут

Зареєстровано у Державній  
реєстраційній службі України,  
свідоцтво про державну реєстрацію  
серія КВ № 19022-7902ПР від  
05.06.2012 р.

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР:  
Сергій Володимирович Гошовський

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:  
Михайло Валентинович Гейченко  
(заст. головного редактора)  
Світлана Олексіївна Некрасова  
(відповідальний секретар)  
Олександр Борисович Бобров  
Юрій Іванович Войтенко  
Петро Федосійович Гожик  
Іван Гаврилович Зезекало  
Леонід Васильович Ісаков  
Михайло Васильович Кочкур  
Михайло Дмитрович Красножон  
Євстахій Іванович Крижанівський  
Ярослав Григорович Лазарук  
Олександр Іванович Левченко  
Георгій Григорович Лютий  
Олена Ігорівна Ляшенко  
Борис Ігорович Малюк  
Володимир Сергійович Міщенко  
Олександр Володимирович Плотников  
Олександр Миколайович Пономаренко  
Василь Леонтійович Приходько  
Георгій Ілліч Рудько  
Віталій Іванович Старостенко  
Анатолій Петрович Толкунов  
Микола Васильович Фоцій  
Ігор Семенович Чуприна  
Василь Якович Шевчук  
В'ячеслав Михайлович Шестопапов  
Євген Олександрович Яковлев

У разі передруку посилання  
на "Мінеральні ресурси України"  
обов'язкове

Рекомендовано до друку  
вченою радою УкрДГРІ  
протокол № 5 від 30.09.2013 р.

Видавництво УкрДГРІ,  
свідоцтво про державну реєстрацію  
№ 182 серія ДК від 18.09.2000 р.  
04114, м. Київ, вул. Автозаводська, 78

Адреса редакції:  
04114, м. Київ, вул. Автозаводська, 78

Київ  
УкрДГРІ  
2013

© УкрДГРІ, 2013

4/2013

## ЗМІСТ

МАЛЮК Б. І. XXXV Генеральна Асамблея Асоціації геологічних служб Європи (м. Санкт-Петербург, Російська Федерація, 1–4 жовтня 2013 р.)	3
ПІДДУБНА Т. Д. Міжнародна науково-практична конференція “Судацькі геологічні читання – IV(IX)”	6
ЗУР'ЯН О. В. Мультиплекативний аналіз вартості запасів мінеральної сировини в надрах	9
ГЕЙЧЕНКО М. В., ГЕРАСИМОВ Є. С., ВСЕВОЛОДСЬКИЙ К. В. Розподіл золота та елементів-домішок у сульфідах Бобріківської Західної площі (Нагольний кряж)	12
САВКО А. Д., ШЕВИРЬОВ Л. Т. Історико-мінерагенічний аналіз розподілу аномальних концентрацій ртуті в земній корі	15
НЕЧАЄВ С. В. Ознаки палеопротерозойських галогенних і каустобіолітових формацій в аспекті геолого-геохімічної природи рудної мінералізації в Українському щиті	21
ШАТАЛОВ М. М. Структурно-геологічні умови локалізації штоків і дайок андезит- трахіандезитового комплексу зони зчленування Донбасу з Приазов'ям	27
ГОШОВСЬКИЙ С. В., СИРОТЕНКО П. Т. Нетрадиційні вуглеводневі ресурси України та перспективи їх освоєння	32
ЄВДОЩУК М. І., СТРИЖАК В. П., ЗІЦЬ А. П., ВАСІЛІНЕНКО Л. М., КЛОЧКО В. П. Актуальні завдання надрокористування в нафтогазовій галузі України	41
КОСТЯК М. М., ТОЛСТАНОВ О. К., БАБОВ К. Д., НІКІПЕЛОВА О. М., ВОЛИНЕЦЬ Т. Г., ЗАХАРЧЕНКО Є. А. Характеристика природних лікувальних ресурсів південних районів Херсонської області	45

**Б. І. МАЛЮК**, д-р геол.-мінерал. наук, директор Центру міжнародного співробітництва ДНВП “Геоінформ України”,  
**Г. І. РУДЬКО**, д-р геол.-мінерал. наук, д-р географ. наук, д-р техн. наук, професор, голова Державної комісії України по запасах корисних копалин

## XXXV ГЕНЕРАЛЬНА АСАМБЛЕЯ АСОЦІАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНИХ СЛУЖБ ЄВРОПИ (м. Санкт-Петербург, Російська Федерація, 1–4 жовтня 2013 р.)

Чергова XXXV Генеральна Асамблея Асоціації геологічних служб Європи (АГСЕ) відбулась 1–4 жовтня 2013 року в м. Санкт-Петербург, Російська Федерація, і складалась з пленарної частини та геологічної екскурсії. У складі делегації України участь у зазначених заходах брали Б. І. Малюк (директор Центру міжнародного співробітництва ДНВП “Геоінформ України”, контактна особа Держгеонадр в АГСЕ) і Г. І. Рудько (голова ДКЗ України). Пленарна частина Генасамблеї проходила в приміщенні ВСЕГЕІ – Всеросійського геологічного інституту (фото 1).

Як уже повідомлялось раніше (див. [1–7]), на осінніх Генеральних Асамблеях АГСЕ розглядаються дуже важливі організаційні питання, які, попри асоційований статус України в АГСЕ, безпосередньо стосуються Держгеонадр. У програмі пленарних засідань XXXV Генасамблеї були як традиційні процедурні та організаційні питання (звіти керівництва АГСЕ, Виконавчого комітету, керівників експертних груп АГСЕ, річна статистика тощо), так і спеціальні доповіді, які стосувались стратегії АГСЕ. По суті, цей напрямок має на меті поступову інтеграцію АГСЕ до експертних і керівних структур ЄС, аж до її перетворення на самостійну структуру такого рангу (наприклад, Геологічну службу Європейського

Союзу). Цей стратегічний задум керівництва АГСЕ видається зрозумілим, оскільки на відміну від України геологічні служби країн ЄС не є центральними органами виконавчої влади, тож в Європейському Союзі регуляторні органи та інституції до думки геологічної спільноти прислухаються досить рідко і чи не в останню мить.

Питання стратегії АГСЕ на довгострокову перспективу, яке дістало робочу назву “Стаття 185”, обговорювалось упродовж 2012 року на попередніх робочих зустрічах і засіданнях АГСЕ. Йшлося про можливість стратегічної інтеграції проєктів і досліджень геологічних служб країн Європи в межах спеціальної програми на підставі Статті 185 “До-

говору про функціонування Європейського Союзу” (ДФЄС). Згідно з цією статтею, “під час реалізації багаторічної рамкової програми ЄС може здійснювати заходи, за погодженням з відповідними країнами-членами, щодо участі в науково-дослідних програмах, які виконуються країнами-членами, в тому числі участі в структурах, створених для виконання таких програм”. Зрештою це питання було винесено на розгляд XXXIII Генасамблеї АГСЕ (м. Відень, Австрія, 18–21 вересня 2012 р.), де було затверджено колективне рішення Генасамблеї щодо застосування Статті 185 ДФЄС до геологічних наук. Після відповідних процедурних консультацій у виконавчих органах Єврокомі-

сії Генасамблея також ухвалила рішення про реалізацію цієї стратегічної ініціативи у два етапи. На першому етапі АГСЕ (за участі усіх національних геологічних служб, і зокрема України) мала готувати заявку на окремий інфраструктурний проєкт для подання до програми ЄС ERA-NET (European Research Area Network – мережа дослідницьких установ Європи), в межах якого протягом 2013–2014 років буде проведена уся підготовча робота щодо застосування Статті 185 ДФЄС до геологічних наук. Рік тому очікувалось, що відповідна програмна заявка буде подана до Єврокомісії наприкінці 2014 року або на початку 2015 року і після прийняття Європарламентом набуде чинності з другої половини 2015 року або з початку 2016 року. Сама ж програма АГСЕ в межах Статті 185 буде розрахована на 7–10 років.

За рік, що минув від XXXIII Генасамблеї, спеціальна робоча група АГСЕ з питань стратегії за участі контактних осіб національних геологічних служб підготувала Стратегію АГСЕ, яка обговорювалась на засіданні



Фото 1. Пленарне засідання Генасамблеї, актовий зал ВСЕГЕІ

контактних осіб АГСЕ (5–6 вересня 2013 р., м. Валлетта, Мальта) і далі була затверджена на XXXV Генасамблеї АГСЕ. Цей документ є необхідною складовою заявки на згаданий вище спільний проект ERA-NET (European Research Area Networking) за участі всіх геологічних служб Європи, спрямований на створення дослідницької геологічної інфраструктури як передумови застосування Статті 185 ДФЄС.

Що ж до подання самої заявки на проект ERA-NET, то затримка в часі, порівняно з попередніми розрахунками, про які згадано вище, викликана ускладненнями, з якими керівництво АГСЕ зіткнулося в Брюсселі під час консультацій з цього приводу в Європейській Комісії. Зокрема, з об'єктивних причин АГСЕ не вдалося дотриматися досить складної процедури включення заявки до плану Єврокомісії щодо проектів ERA-NET, оскільки такі плани на 2013–2014 роки не передбачають проектів в області геології. Уже після XXXV Генасамблеї, в другій половині жовтня 2013 р., Президент АГСЕ п. Март ван Брайт був змушений звертатись до декількох Єврокомісарів з листом про необхідність урахування геології в проектах ERA-NET і можливості включення відповідної заявки до плану Єврокомісії. На жаль, ствердної відповіді досі не отримано, натомість додаткові консультації на рівні Єврокомісії дають можливість припустити, що заявку по геології у 2013–2014 роках подати не вдасться і таку заявку доведеться готувати на 2015 рік.

На семінар директорів XXXV Генасамблеї АГСЕ було винесено питання міжнародних проектів з геологічних досліджень та оцінки мінерально-сировинного потенціалу найбільших ре-



**Фото 2.** Геологічна екскурсія в межах скельного ландшафтного парку Монрепо, відслонення гранітів-рапаківі

гіонів світу, яке викликано необхідністю вироблення спільного бачення та підходів АГСЕ до вирішення сучасних завдань сталого забезпечення Європи мінеральною сировиною для зростаючих потреб економіки та суспільства. Близька тематика розглядалась на семінарі директорів геологічних служб Європи в межах XXXIV Генасамблеї АГСЕ (м. Брюссель, 19–20 березня 2013 р., див. [6]), який було присвячено огляду міжнародних досліджень в області енергетичної, рудної та нерудної мінеральної сировини. У той час на зазначений семінар було запрошено провідних фахівців низки інституцій Європейської комісії. Цього ж разу, з урахуванням того, що Генасамблея проводиться в Російській Федерації, на семінарі було представлено виступи керівників геологічної галузі Росії, як асоційованого члена АГСЕ, а також запрошених фахівців геологічних служб Канади, Алжиру, Китаю.

Зокрема, огляд міжнародних проектів у сфері геологічного вивчення і використання надр було подано в таких доповідях:

1. Стан розвитку мінерально-сировинної бази Російської Федерації та перспективи комплексних міжнародних досліджень в області геологічного вивчення і використання надр. *Валерій Пак*, заступник Міністра природних ресурсів та екології Російської Федерації.

2. Міжнародне співробітництво в рамках проектів вивчення геологічної будови та мінерально-сировинного потенціалу найбільших регіонів світу. *Олег Петров*, директор ВСЕГЕІ.

3. Гренландія – геологічне картування та вивчення мінерально-сировинного потенціалу. *Джонні Фредерісія*, директор Геологічної служби Данії та Гренландії.

4. Геологічна розвідка на суходолі та шельфі Новагвії: стан і перспективи. *Мортен Селлор*, директор Геологічної служби Норвегії.

5. Напрями діяльності та міжнародного співробітництва Геологічної служби Алжиру та Організації геологічних служб Африки. *Ласен Бітам*, президент ОГСА.

6. Програма вивчення і систематичного опробування еталонних геологічних об'єктів Китаю. *Донг Шувен*, президент Академії геологічних наук Китаю.

7. Підхід Геологічної служби Канади щодо забезпечення вільного доступу до геологічної інформації в інтересах підтримки реалізації економічного потенціалу мінерально-сировинної бази. *Майк Вільнев*, керівник науково-дослідних програм Геологічної служби Канади.

8. Геологія і металогенія Алтаїд: два десятиліття розвитку міжнародних досліджень. *Реймар Селтман*, департамент наук про Землю, Музей природничої історії (Лондон).

У доповідях особливий наголос робився на організації міжнародного співробітництва та координації

заходів в області реалізації “Мінерально-сировинної ініціативи ЄС” (СОМ(2008) 699) та “Європейського інноваційного партнерства в області мінеральної сировини” (СОМ(2012)82).

На завершення XXXV Генасамблеї АГСЄ за ініціативою Всеросійського геологічного інституту та Федеральної агенції “Роснедра” проведено геологічні екскурсії в районі м. Виборг, у межах скельного ландшафтного парку Монрепо, з метою ознайомлення учасників екскурсії з досвідом Російської Федерації щодо організації національних природних парків і підготовки об’єктів геотуризму. Геологічна складова ландшафтного парку, яку оглядали учасники екскурсії, представлена масивом гранітів-рапаківі (з розвитком крупнокристалічного калієвого польового шпату), а також нагромадженням гранітних брил, переміщених і хаотично розкиданих на цій території внаслідок руху декількох генерацій льодовиків (фото 2). Граніти масивні і досить однорідні, подібні породи, зокрема, використовувались під час спорудження колони Ісаакійського собору в Санкт-Петербурзі.

Безперечно, українській делегації було вкрай корисно брати участь у цій екскурсії, яка проводилась через два роки після геологічної екскурсії XXXI Генасамблеї АГСЄ, складовою частиною якої була геологічна екскурсія в Західному регіоні України, яку організували Держгеонадра [5]. Керівництво АГСЄ та представники геологічних служб багатьох країн Європи, з якими українська делегація провела низку робочих зустрічей, висловили нам свою впевненість у тому, що геологічна екскурсія в Україні 2011 року була не менш цікавою і повністю

відповідала їх сподіванням і попереднім уявленням.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Гошовський С. В., Малюк Б. І.* Загальні збори Асоціації геологічних служб Європейського Союзу//Мінеральні ресурси України. 2007. № 4. С. 4–7.
2. *Гошовський С. В., Малюк Б. І.* XXV Генеральна Асамблея Асоціації геологічних служб Європи//Мінеральні ресурси України. 2008. № 4. С. 3–7.
3. *Малюк Б. І., Люта Н. Г.* XXVII Генеральна Асамблея Асоціації геологічних служб Європи//Мінеральні ресурси України. 2009. № 4. С. 3–6.
4. *Мормуль Д. Д., Гошовський С. В., Малюк Б. І.* XXIX Генеральна Асамблея Асоціації геологічних служб Європи//Мінеральні ресурси України. 2010. № 4. С. 3–6.
5. *Гончарук Л. М., Малюк Б. І.* XXXI Генеральна Асамблея Асоціації геологічних служб Європи (Польща-Україна, 19–24 вересня 2011 року)// Мінеральні ресурси України. 2011. № 4. С. 4–8.
6. *Малюк Б. І., Ткаченко М. В.* XXXIII Генеральна Асамблея Асоціації геологічних служб Європи//Мінеральні ресурси України. 2012. № 4. С. 3–6.
7. *Малюк Б. І.* XXXIV Генеральна Асамблея Асоціації геологічних служб Європи//Мінеральні ресурси України. 2013. № 2. С. 8–11.

Рукопис отримано 2.12.2013.

УДК 553:550.3

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

## МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ “СУДАКСКИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ – IV (IX)”

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

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”, (16–22 сентября 2013 г., г. Судак, АРК, Украина). Дан краткий анализ докладов и презентаций, отмечена актуальность тем и проблем, отмечена роль научных исследований в развитии минерально-сырьевого потенциала страны, сформулированы основные рекомендации научного форума.

Summed up work of the International scientific-practical conference “Sudaksie 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.

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”.

Конференция организована Украинским государственным геологоразведочным институтом по инициативе Министра экологии и природных ресурсов Украины О. А. Проскурякова, который традиционно возглавляет оргкомитет этого научного форума. Среди организаторов – Государственная служба геологии и недр Украины, ГКЗ Украины,

Всероссийский институт минерального сырья (ВИМС), Воронежский государственный университет (ВГУ), Западно-Якутский научный центр АН РС(Я), Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН, Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ), ГП “Украинская геологическая компания”, КП “Южукр-геология”, КП “Южэкогеоцентр”, НПП “Кривбассакадеминвест”.

В состоявшейся конференции приняли участие около 100 специалистов, в том числе 25 докторов и 30 кандидатов наук (фото 1). О значении этого мероприятия для развития минерально-сырьевого комплекса

Фото 1. Рабочее заседание Международной научно-практической конференции “Судакские геологические чтения – IV (IX)”



Украины свидетельствовал представительный и профессиональный состав его участников и актуальность тем заслушанных докладов по проблемам:

- 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.

Среди участников конференции – ученые из ведущих научных центров России:

ВИМСа, ИГЕМА, ИМГРЭ, ИПКОН РАН, Воронежского университета, Западно-научного центра АН Республики Саха, Научно-исследовательского геологоразведочного предприятия АК “АЛРОСА” Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова (г. Якутск), Института геологии и природопользования ДО РАН (г. Благовещенск), ФГПУ “Сибирский НИИ геологии, геофизики 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-Уде), Минералогического музея им. А. Е. Ферсмана РАН и МГУ им. М. В. Ломоносова (г. Москва), ООО “Коралайна Инжиниринг – СЕТСО”, Москва.

Украинская сторона была представлена делегациями 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 рудоправление”, ПАО “ВЕСКО” (г. Донецк), а также в области разведки и оценки месторождений полезных ископаемых – УГК “Донбассгеологоразведка” и ООО ЦГИ “Донгео” (г. Донецк).

Конференцию открыл директор УкрГГРИ, д-р техн. наук, профессор С. В. Гошовский. В своем приветственном обращении к участникам конференции 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,

более актуальной и проблемной становится тематика, возрастает интерес представителей горного бизнеса и горных компаний к научным разработкам ученых в области геолого-экономической оценки месторождений, технологии обогащения минерального сырья, промышленной экологии.

Для участия было заявлено 80 докладов, тезисы которых были опубликованы перед началом чтений в материалах Международной научно-практической конференции 16–22 сентября 2013 г. Среди докладов по проблеме “Прогнозирование и поиски месторождений твердых полезных ископаемых на закрытых территориях” особый интерес вызвали научные сообщения д-р геол.-минерал. наук **Н. Н. Зинчука** (соавтор **Н. Н. Павлуць**) (Львовский национальный университет им. И. Франко, ЗЯНЦ АН РС(Я), г. Мирный) “О некоторых неимоверно пронищательных прогностических чертах научных исследований академика В. И. Вернадского (к 150-летию со дня рождения)”; канд. геол.-минерал. наук **С. Г. Мишенина** (соавторы **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-р геол.-минерал. наук **В. К. Гаранина** (Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН, г. Москва) “Алмаз: источники, проявления, месторождения”, д-р техн. наук **М. В. Назаренко** (соавтор **Е. С. Василенко**) (НПП “Кривбассакадеминвест”, г. Кривой Рог) “Информационно-аналитическое сопровождение геологоразведочных работ”.

Традиционно на конференции был представлен большой блок проблемных докладов по геологии месторождений редкоземельных, цветных и благородных металлов. Среди озвученных научных сообщений можно отметить доклады д-ра геол.-минерал. наук **Л. З. Быховского** (ВИМС, Москва) “Редкоземельное сырьё России: перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы”, д-ра геол.-минерал. наук **С. Г. Кривдика** (соавторы **А. Н. Пономаренко, А. В. Дубина, В. Г. Морзун**) (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”, Москва) “Особенности вещественного состава Ti-Zr россыпей как критерий реконструкции условий их формирования”, канд. геол.-минерал. наук **Л. Б. Дамдиновой** (ФГБУН Геологиче-

ский 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** (соавторы **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 Вольни”.

С наиболее резонансным и широко дискутируемым докладом выступил **А. А. Лысенко** (соавтор **С. В. Гошовский**) (УкрГГРИ, г. Киев) “Научное обоснование изменений к общегосударственной программе развития минерально-сырьевой базы Украины на период до 2030 г.” С большим интересом было принято научное сообщение д-ра геол.-минерал. наук **П. Н. Баранова** (соавтор **О. А. Проскураков**) (НГУ Геммологический центр, Минприроды Украины) “Минерально-сырьевая база камнесамоцветного сырья Украины и факторы её развития”.

Проблема обогащения минерального сырья нашла отражение в докладах **О. В. Бобровой** (ООО “Коралайна Инжиниринг – СЕТ-СО”, 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**. Авторы представили последние научные достижения в технологии переработки упорных руд, презентовали новое тех-

нологическое оборудование и аппараты.

Особо хочется отметить доклад по проблеме промышленной экологии канд. геол.-минерал. наук **Л. П. Шадринной** (соавторы **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”.

В один из дней работы конференции состоялась геологическая экскурсия на разрезы железных руд Керченского железорудного бассейна. Обнажения руд хорошо видны в береговых обрывах Керченского пролива (фото 2). Здесь сохранились фрагменты икряных, табачных и коричневых разновидностей руд. Железные руды справедливо называют заповедником минералов, некоторые из них впервые установлены на Керченском полуострове и не удивительно, что им даны местные названия: керченит, азовскит, митридатит, камыш-бурунит и др. Рудный пласт – настоящий естественный минералогический музей, в чем и убедились экскурсанты (фото 3, 4).

21 сентября состоялось заключительное заседание в формате “Круглый стол”, где были подведены итоги работы Международной научно-

практической конференции и принято решение (фото 5).

### Решение конференции

*Участники конференции отметили:*

1. Подобные научные форумы проводятся в Крыму с 1999 года и стали регулярным и важным событием в геологической жизни 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 оценке 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 к освоению месторождений



Фото 2. Геологическая экскурсия на разрезы железных руд в районе Керченского пролива



Фото 3, 4. Керченит из железных руд Керченского бассейна

полезных ископаемых. Отдельного внимания требуют вопросы совершенствования методик поисков, разведки и переработки остродефицитного и нетрадиционного сырья, разработки современных методов комплексного анализа вещества 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 горно-промышленного ком-

плекса 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.

Рукопись отримано 25.11.2013.



Фото 5. Участники Международной научно-практической конференции “Судакские геологические чтения – IV (IX)”

УДК 553.041:338:470

О. В. ЗУРЬЯН, заместитель директора УкрГГРИ

# МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫЙ АНАЛИЗ СТОИМОСТИ ЗАПАСОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В НЕДРАХ

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Изложено концепцию мультипликативной формы связи стоимостной оценки недр и определяющими ее горно-геологическими, технологическими и экономическими факторами. Приведен числовой пример.

The author outlined the multiplicative form concept of dependence between valuation of subsurface and determining its mining, geological, technological and economic factors. The numerical example is represented.

Минеральное сырье (МС) в недрах относится к специализированной недвижимости и в условиях рыночной экономики может рассматриваться: 1) как часть основного капитала горных предприятий, ценность которых в первую очередь определяется стоимостью запасов полезных ископаемых, содержащихся в пределах участка недр, и 2) как элемент национально-го богатства [2, 3, 4, 7].

Функции и роль оценки стоимости МС в недрах определяются необходимостью сочетания интересов недропользователей и государства как собственника недр. Это относится как к геолого-экономическому анализу и прогнозу состояния минерально-сырьевой базы (МСБ) для обеспечения возможностей своевременного реагирования на изменяющуюся внешнюю среду (конъюнктура рынков МС, организационные, соци-

ально-экономические, экологические, политические условия недропользования), так и к мониторингу, охватывающему не только весь цикл воспроизводства МСБ, но и государственное регулирование на рентной основе отношений недропользования. Трудность заключается в том, чтобы проанализировать с позиций ресурсной экономики [7] процесс управления фондом недр и воспроизводства МСБ, протекавший в прошлом, и выразить, прежде всего количественно, его динамику в будущем. В зависимости от постановки задачи анализ такой системы причинно-следственных зависимостей может быть проведен на основе использования мультипликативных функций.

Ниже рассматривается метод анализа, в котором предполагается мультипликативная форма связи извлекаемой ценности запасов МС с обуславливающими состояние ресурсной базы факторами [1, 6]. При таком

анализе стоимостная оценка МС в недрах разлагается по факторам, которые мультипликативно воздействуют на оценку.

Многофакторные мультипликативные модели стоимости недр строятся по единому принципу, а именно:

1) влияние факторов, включенных в анализ, не зависит от их числа, т. е. значимость какого-либо фактора в рамках одного и того же анализа не меняется от того, оказывают ли влияние на результивный показатель три, четыре или большее число факторов;

2) необходимо, чтобы место фактора в модели соответствовало геологической, горнотехнической и экономической роли фактора в формировании потенциальной стоимости запасов и прогнозных ресурсов данного вида МС в недрах вне зависимости от степени их подготовки к извлечению или товарной стоимости разведанных запасов МС (с учетом надежности оценки их количества и качества);

3) возможно объединение двух или более рядом стоящих в модели факторов в качестве одного укрупненного.

Из второго и третьего условий следует, что, несмотря на формальную независимость величины произведения от перестановки множителей при построении многофакторных моделей, имеющих в качестве результивного объемный показатель, всегда можно указать возможную последовательность расположения факторов, удовлетворяющую условиям технологической и экономической интерпретации результатов анализа.

Итак, обозначим через  $x_0$  зависимую, а через  $a_0, a_1, \dots, a_n$  – независимые переменные, т. е.

$$x_0 = f(a_0, a_1, \dots, a_n), \quad (1)$$

$$x_0 = a_0, a_1, \dots, a_n = \prod_{i=0}^n a_i. \quad (2)$$

Функция  $x_0$  от факторов  $a_0, a_1, \dots, a_n$  рассматривается для двух периодов времени или, иначе говоря, для двух состояний, а именно:  $x_{0,0}$  и  $x_{0,1}$  – зависимая переменная в состояниях 0 и 1 (базисная величина);  $a_{i,0}$  и  $a_{i,1}$  – независимая переменная в состояниях 0 и 1 (фактическая величина),  $i = 0, 1, \dots, n$ .

Соответственно, для состояний 0 и 1 получаем выражение (2) в виде

$$x_{0,0} = \prod_{i=0}^n a_{i,0}; x_{0,1} = \prod_{i=0}^n a_{i,1}. \quad (3)$$

Цель мультипликативного анализа состоит в том, чтобы разность значений  $x_0$  в состоянии 0 и состоянии 1, т. е. величину прироста стоимости МС в недрах, распределить полностью по влияющим факторам. В зависимости от системы причинно-следственных зависимостей в качестве независимых переменных могут быть приняты следующие факторы:

а) стоимостная оценка угольных богатств недр [5]:

$СтН = M K_n K_n K_{акт} Ц_{изв}$ , где  $M$  – количество запасов, разрабатываемых и подготовленных к освоению месторождений;

$K_n$  – коэффициент сквозного извлечения угля;

$K_n$  – коэффициент приведения запасов категорий  $C_2$  к разведанным запасам;

$K_{акт}$  – коэффициент активных запасов;

$Ц_{изв}$  – цена первого товарного продукта с учетом экспортной составляющей на дату оценки;

б) стоимостная оценка запасов рудных месторождений [2]:

$$СтН = Z_r M \frac{1 - П}{1 - Ч} РИЦ,$$

где  $Z_r$  – разведанные запасы руды в недрах;

$M$  – среднее содержание металла в руде в недрах, г/т, % и др.;

$П$  – потери руды при добыче, доли ед.;

$Ч$  – засорение (примеси-

вание некондиционных руд и пустых пород) при добыче, доли ед.;

$P$  – коэффициент разубоживания (изменение качества руды при добыче), выражающий отношение содержания металла в добытой руде к его содержанию в недрах, доли ед.;

$I$  – коэффициент извлечения металла из добытой руды в конечный продукт при обогащении, доли ед.;

$C$  – цена металла в конечном продукте на дату оценки, грн.

Естественно, что эти величины имеют вероятностный характер, а точность определяется достоверностью геолого-экономической информации. Однако, несмотря на различие исходных методологических предположений, отклонение от базисной величины (или прирост какого-либо экономического показателя)  $\Delta x_0$  можно выразить следующим образом:

$$\Delta x_0 = x_{0,1} - x_{0,0} = \prod_{i=0}^n a_{i,1} - \prod_{i=0}^n a_{i,0}. \quad (4)$$

Если полностью разложить разность  $\Delta x_0$  по факторам  $e_i$  (для  $i = 0, 1, \dots, n$ ), то тогда получим

$$\Delta x_0 = \sum_{i=0}^n e_i, \quad (5)$$

где  $e_i = (a_{i,1} - a_{i,0}) a_{0,1} a_{1,1} a_{2,1} \dots a_{i-1,1} a_{i+1,0} \dots a_{n,0}$ .

Влияние фактора  $e_i$  имеет место благодаря тому, что независимая переменная  $a_i$  изменяется при переходе из состояния 0 в состояние 1, а остальные переменные остаются постоянными, а именно переменные  $a_0, a_1, \dots, a_{i-1}$  принимаем для состояния 1 (их влияние уже определено), а переменные  $a_{i+1}, \dots, a_n$  – для состояния 0 (их влияние еще следует определить).

В экономической практике переменные  $a_i$  чаще встречаются в виде относительных величин. Это прежде всего относится к анализу базисных показателей, для которых специально и был развит этот метод [6]. Прежде

де всего обозначим переменные:  $x_i$  –  $i$ -я переменная,  $i = 0, 1, \dots, n$ ;  $x_{n+1} = 1$  – вспомогательная величина, чтобы оставить уравнение (6).

Переменные  $a_i$  выглядят теперь следующим образом:

$$a_i = \frac{x_i}{x_{i+1}}, \text{ для } i = 0, 1, \dots, n. \quad (7)$$

В число переменных, определяемых соотношением (7), включена как относительная величина и переменная  $x_0 \equiv a_0 = \frac{x_0}{x_1}$ .

Определенное формулой (5) условие  $\Delta x_0 = \sum_{i=0}^n e_i$  справедливо и далее. Поэтому, принимая во внимание формулу (7), после соответствую-

ющих сокращений, в конце концов, оказывается

$$\begin{aligned} \Delta x_0 &= \sum_{i=1}^n e_i = \sum_{i=1}^n x_{0,1} \left( \frac{x_{i+1,0}}{x_{i+1,1}} - \frac{x_{i,0}}{x_{i,1}} \right) = \\ &= \sum_{i=0}^n x_{0,1} d_i. \end{aligned} \quad (8)$$

Таким образом, прирост какого-либо экономического показателя (в частности извлекаемой стоимости минерального сырья) можно представить в виде суммы разностей одних величин, умноженных на произведение остальных относительных величин.

При этом здесь снова сохраняется правило расчета факторов, а именно сохраняется варьирование переменной  $a_i = \frac{x_i}{x_{i+1}}$ , влияние

которой определяется при переходе из состояния 0 в состояние 1, и закрепляются переменные  $a_0, \dots, a_{n-1}$ , влияние которых уже определено в состоянии 1.

В частности, если прирост искомого показателя нужно распределить по факторам, которые имеют значение в рассматриваемой системе причинно-следственных зависимостей, то проще всего действовать согласно следующим правилам, которые вытекают из формулы (8):

а) для каждого из факторов  $e_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) зависимая переменная всегда принимает значение для состояния 1, т. е. постоянное значение  $x_{0,1}$  (фактическая величина);

Таблица 1. Расчетная схема мультипликативного анализа экономических показателей [6]

Переменные	Значение переменных в состояниях		Индексы динамики	Обратные значения индексов (расчетная величина)	Разности $d_i$
	0	1			
$x_0$	$x_{0,0}$	$x_{0,1}$	$\frac{x_{0,1}}{x_{0,0}}$	$\frac{x_{0,0}}{x_{0,1}}$	$d_0 = \frac{x_{1,0}}{x_{1,1}} - \frac{x_{0,0}}{x_{0,1}}$
$x_1$	$x_{1,0}$	$x_{1,1}$	$\frac{x_{1,1}}{x_{1,0}}$	$\frac{x_{1,0}}{x_{1,1}}$	$d_1 = \frac{x_{2,0}}{x_{2,1}} - \frac{x_{1,0}}{x_{1,1}}$
...	...	...	...	...	...
$x_i$	$x_{i,0}$	$x_{i,1}$	$\frac{x_{i,1}}{x_{i,0}}$	$\frac{x_{i,0}}{x_{i,1}}$	$d_i = \frac{x_{i+1,0}}{x_{i+1,1}} - \frac{x_{i,0}}{x_{i,1}}$
...	...	...	...	...	...
$x_n$	$x_{n,0}$	$x_{n,1}$	$\frac{x_{n,1}}{x_{n,0}}$	$\frac{x_{n,0}}{x_{n,1}}$	$d_n = 1 - \frac{x_{n,0}}{x_{n,1}}$
$x_{n+1}$	$x_{n+1,0} = x_{n+1,1} = 1$				
Фактор $e_i$	Причинные переменные в состояниях		Индексы факторов	Значения факторов	
	0	1			
$e_0$	$a_{0,0} = \frac{x_{0,0}}{x_{1,0}}$	$a_{0,0} = \frac{x_{0,1}}{x_{1,1}}$	$\frac{a_{0,1}}{a_{0,0}}$	$e_0 = x_{0,1} d_0$	
$e_1$	$a_{1,0} = \frac{x_{1,0}}{x_{2,0}}$	$a_{1,1} = \frac{x_{1,1}}{x_{2,1}}$	$\frac{a_{1,1}}{a_{1,0}}$	$e_1 = x_{0,1} d_1$	
...	...	...	...	...	
$e_i$	$a_{i,0} = \frac{x_{i,0}}{x_{i+1,0}}$	$a_{i,1} = \frac{x_{i,1}}{x_{i+1,1}}$	$\frac{a_{i,1}}{a_{i,0}}$	$e_i = x_{0,1} d_i$	
...	...	...	...	...	
$e_n$	$a_{n,0} = \frac{x_{n,0}}{x_{n+1,0}}$	$a_{n,1} = \frac{x_{n,1}}{x_{n+1,1}}$	$\frac{a_{n,1}}{a_{n,0}}$	$e_n = x_{0,1} d_n$	
				$\sum_{i=0}^n e_i = x_{0,1} - x_{0,0}$	

б) для фактора  $e_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) в скобках стоит соответствующая разность двух обратных величин, а именно индекса  $x_{i+1,1}/x_{i+1,0}$  и индекса  $x_{i,1}/x_{i,0}$ , т.е. влияние на переменную  $x_0$  не этих двух индексов, а относительных величин  $x_{i,0}/x_{i+1,0}$  и  $x_{i,1}/x_{i+1,1}$ .

Если, например, нужно определить, в какой мере разведанные запасы МС (металл для большинства металлических полезных ископаемых, руда для некоторых металлических и неметаллических ископаемых, уголь и т.д.) оказывают влияние среди прочих факторов на стоимость недр, то мы могли бы оценить это влияние, умножая отчетное значение стоимости МС ( $x_{0,i}$ ) на разность обратных значений индекса разведанных запасов и индекса среднего содержания полезных компонент.

Разумеется, для мультипликативного анализа является предпосылкой, что переменные, которые лежат в основе рассчитываемых факторов в качестве исходных величин, записываются в такой последовательности, в которой они обычно подставляются в уравнение (8). Благодаря этому расчет индексов динамики как для исходных величин, так и для факторов можно проводить в табличной форме (табл. 1).

Кроме того, в связи с тем, что  $x_{n+1,0} = x_{n+1,1} = 1$ , подставляя в формулу (8)  $i = n$ , получим для фактора  $e_n$  формулу

$$e_n = x_{0,1} \left( 1 - \frac{x_{n,0}}{x_{n,1}} \right). \quad (9)$$

Итак, предложена схема, которая позволяет на основе мультипликативного подхода распределить прирост какой-либо исходной переменной по влияющим на нее факторам.

Дело теперь за тем, чтобы подобрать такие факторы (или объединения рядом стоящих в модели факторов), которые придали системе условий мульти-

пликативного анализа геолого-экономический смысл. Ниже на условном примере произведен анализ извлекаемой стоимости разведанных запасов металла. Это такая стоимость, которую следует иметь ввиду при покупке лицензии на недропользование как ожидаемую прибыль.

Введем следующие переменные:

$x_0$  – извлекаемая стоимость металла, млн грн;

$x_1$  – разведанные запасы металла в недрах,  $Q_2 \cdot M$ , кг;

$x_2$  – коэффициент потерь разведанных запасов, при добыче и разубоживании  $\left( \frac{1-n}{1-r} P \right)$ , доли ед.;

$x_3$  – коэффициент потерь эксплуатационных запасов

металла при обогащении, доли ед.;

$x_4$  – цена 1 кг металла, грн;

$x_5 = 1$  – вспомогательная величина.

Все эти переменные, а также влияющие факторы  $a_i$  рассматриваются в состояниях 0 (базисные значения) и 1 (фактические значения). На основе указанных переменных можно определить следующие переменные, влияющие на изменение стоимости разведанных запасов золота при переходе из состояния 0 в состояние 1:

$$a_0 = \frac{x_0}{x_1}, a_1 = \frac{x_1}{x_2}, a_3 = \frac{x_4}{x_5}.$$

Расчет факторов производится в виде таблицы (табл. 2).

Результаты анализа легко интерпретируются. Они заключаются в том, чтобы в

зависимости от конкретных условий разведки, добычи и переработки МС найти соответствующие горно-геологические и технологические переменные, которые мультипликативно воспроизведут подлежащий исследованию результативный признак. Такая постановка задачи может иметь важное значение при: разработке минерально-сырьевых программ по переоценке МСБ, уделяя первостепенное значение дефицитным видам полезных ископаемых; планировании геологоразведочных работ; окупаемости вложенных средств в освоение месторождений; оценке минералонасыщенности территорий с приведением, помимо общей и удельной на единицу площади стоимости

**Таблица 2. Мультипликативный анализ стоимости запасов металла в недрах**

Переменные	Наименование переменных	Базис	Факт	Индексы динамики	Обратные значения индексов	Разности
$x_1$	Разведанные запасы металла в недрах по кат. А+В+С <sub>1</sub> , кг	26 983	24 032	0,8910	1,1228	-0,13290
$x_2$	Коэффициент потерь разведанных запасов при добыче и разубоживании, доли ед.	0,98	0,99	1,0102	0,9899	-0,02936
$x_3$	Коэффициент эксплуатационных запасов при обогащении, доли ед.	0,73	0,76	1,0411	0,9605	+0,03947
$x_4$	Цена 1 г металла, грн	200	200	1,0	1,0	0
$x_5$	Вспомогательная величина	1,0	1,0	1,0	1,0	
Факторы			Причинные переменные		Выполнение по факторам	Значения факторов
			базис	факт		
Изменение извлекаемой ценности металла на тонну запасов			1,421	1,504	1,06	+2,24
Изменение стоимости разведанных запасов металла			1,02	1,01	0,99	-4,80
Изменение стоимости запасов металла при добыче			1,342	1,303	0,97	-1,06
Изменение стоимости запасов металла после обогащения			0,0036	0,0038	1,055	+1,42
Изменение цены металла					1	0
ИТОГ					(36,16–38,36)	-2,2

запасов в недрах, отдельных “срезов” стоимости запасов только по разрабатываемым или подготовленным к эксплуатации месторождениям полезных ископаемых, только по прогнозным ресурсам; реализации законодательных актов по недропользованию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Адамов В. Е.* Факторный индексный анализ. М.: Статистика, 1978. 198 с.

2. *Ампилов Ю. П.* Экономическая геология/Ю. П. Ампилов, А. А. Герт. М.: Геоинформмарк, 2006. 329 с.

3. *Заверткин В. Л.* Российские недра и оценка их стоимости (к вопросу о методике оценки)/В. Л. Заверткин, А. Г. Харченко//Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1996. № 4. С. 39–41.

4. *Неженский И. А.* О расчете товарной стоимости прогнозных ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых//Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2003. № 3. С. 54–56.

5. *Петров О. В.* Стоимостная оценка угольных богатств недр России/О. В. Петров, В. И. Вялов, А. Б. Гуревич, Г. М. Волкова, Н. В. Михалевская, И. А. Неженский//Уголь. 2010. № 3. С. 44–46.

6. *Фёрстер Э.* Мультипликативный анализ экономических явлений и процессов//В сб.: Математико-статистические методы исследования взаимосвязей в экономике. М.: Статистика, 1987. С. 89–98.

7. *Эндерс А.* Экономика природных ресурсов/А. Эндерс, И. Квернер. СПб.: Питер, 2004. С. 256.

8. *Яковлев В. Л.* К вопросу об оценке стоимости минеральных ресурсов в недрах/В. Л. Яковлев, С. И. Бурыкин//Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1997. № 5. С. 36–37.

УДК 550.812.1[553.41+549.3](477.61)

**М. В. ГЕЙЧЕНКО**, заступник директора Департаменту геології Держгеонадр України,  
**Є. С. ГЕРАСИМОВ**, головний геолог,  
**К. В. ВСЕВОЛОДСЬКИЙ**, генеральний директор (“Схід ДРГП”)

## РОЗПОДІЛ ЗОЛОТА ТА ЕЛЕМЕНТІВ-ДОМІШОК У СУЛЬФІДАХ БОБРИКІВСЬКОЇ ЗАХІДНОЇ ПЛОЩІ (НАГОЛЬНИЙ КРЯЖ)

Результати парного аналізу одних і тих самих наважок сульфїду (ізотопний і нейтронно-активаційний) показали, що як осадово-біогенні, так і гідротермальні сульфїди золотоносні різною мірою. Наявність золота в осадових піритах – специфічна особливість досліджуваної площі. У гідротермальних сульфїдах золото розподілене нерівномірно: найбільш золотоносними є сульфїди у разі, коли роль мінералів-концентраторів належить арсенопіриту та піриту. Відзначено також, що високі концентрації золота спостерігаються в місцях перетину прошарків осадового піриту із жилами й прожилками. Це дає підставу передбачати певну роль золота осадового піритів під час формування промислово цінного компонента руд.

Results of the same sulphides samples (isotopic and neutron activation) paired analyzes showed that both biogenic sedimentary and hydrothermal sulfides are auriferous to varying degrees. The presence of gold in sedimentary pyrites is a specific feature of the study area. Gold is distributed unequally in hydrothermal sulfides: most auriferous sulfides are those when the role of concentrator-minerals belongs to arsenopyrite and pyrite. It is also noted that high concentrations of gold occur at the intersection of layers of sedimentary pyrite with veins and veinlets. This gives grounds to specify a convincing role of sedimentary pyrite gold during formation of ores industrially valuable component.

З метою виявлення закономірностей розподілу золота та елементів-домішок у сульфїдах, мінералого-геохімічних характеристик останніх ЦНДГРІ (м. Москва) спільно зі “Схід ДРГП” (м. Луганськ) були вивчені методом нейтронної активації Au, As, Co і Sb. У процесі відбору проб на аналіз використовувалися зразки з відомим ізотопним складом сірки, класифіковані за генетичними ознаками [3].

Піритові утворення, що характеризують сульфїдну (піритову) мінералізацію з розрізів деяких вугільних шахт і зараховані за варіаціями величин  $\delta S^{34}$  до осадово-біогенних, охарактеризовані 19 пробами (табл. 1).

Як видно, вміст золота в осадових піритах нерівномірний і варіює від 40,0 г/т до слідів. При цьому вказана

нерівномірність у розподілі зберігається і в межах окремих зразків, варіюючи, наприклад, від 0,55 до 11,6 г/т.

Виявлена нерівномірність розподілу золота як у ряді зближених точок із піритових конкрецій, так і в регіональному масштабі може свідчити (непрямо) про форму входження золота в пірит. Найімовірніше всього, золото входить до складу піритових утворень у вигляді механічної домішки, зменшення або збільшення розмірності зерен якої й приводить до вмісту золота, який різко коливається як у мікромасштабі, так і в регіональному плані.

Виявлена золотоносність осадово-біогенних піритів, явно відібраних поза зонами прожилкової мінералізації, є характерною для досліджуваного району й дещо несподіваною для сульфїдів осадового походження.

Це питання є вельми цікавим і потребує подальших спеціальних досліджень.

Щодо миш'яку різновид піритової мінералізації, що розглядається, характеризується підвищеним його вмістом (табл. 1). Кількість миш'яку також мінлива, але в середньому становить ~2010 г/т.

Для кобальту ж, при значному діапазоні варіацій, середні значення становлять 80 г/т.

На відміну від розглянутих елементів, сурма поводить себе вкрай нестабільно з варіюванням від 4530 г/т до слідів.

Таким чином, отримані результати щодо вмісту Au, As, Co і Sb в осадово-біогенних піритах із розрізів вугільних шахт указують на підвищений вміст золота й миш'яку в цих утвореннях, що є характерною і специфічною рисою піритів, сингенетичних з вугленосними відкладами світи  $C_1^5$  Донецького басейну.

**Таблиця 1. Розподіл Au, As, Co і Sb в осадочних піритах із розрізів вугільних шахт**

№ з/п	№ зразків	Au, г/т	As, г/т	Co, г/т	Sb, г/т	δS <sup>34</sup> , ‰
1	Б-1 діл. 1	1,6	3 100	11	4 530	+12,1
2	Б-1 діл. 2	0,56	2 170	17	62	+9,5
3	Б-1 діл. 1	0,55	1 800	17	6	-24,4
4	Б-1 діл. 4	0,25	2 910	8,9	81	+9,6
5	Б-1 діл. 2	0,39	1 560	12,0	43	-4,0
6	Б-1 діл. 5	1,9	2 000	6,9	52	+10,4
7	Б-1 діл. 6	0,98	1 800	22	51	-27,3
8	Б-1 діл. 7	3,2	1 700	12,7	45	-5,9
9	Б-0 діл. 1	13,7	-	3,5	-	-18,7
10	Б-0 діл. 2	12,7	1 000	9,7	-	0,0 (±0,2)
11	Б-2 діл. 1	<<0,24	3 370	43	6,25	+9,3
12	Б-2 діл. 2	11,6	6 980	192	-	-
13	Б-10 діл. 1	не виявл.	240	240	75	-
14	Б-10 діл. 2	не виявл.	250	190	57	-
15	Б-10 діл. 3	0,0127	250	23	40	-
16	Б-10 діл. 4	0,15	3 450	360	83	-
17	Б-3 шх. 5	40,0	2 600	360	39	+9,0
18	Б-3 шх. 5	<<0,2	-	180	27	+9,4(±0,2)
19	Б-4	2,0	1 950	14	21	+16,0

**Таблиця 2. Розподіл Au, As, Co і Sb в осадочних піритах з вуглистих сланців ділянки**

№ з/п	№ зразків	Au, г/т	As, г/т	Co, г/т	Sb, г/т	δS <sup>34</sup> , ‰
1	318/78	2,57	7 600	230	не виявл.	-28,5
2	303/225-1	0,39	1 700	870	210	-27,3
3	303/225-2	0,95	2 200	700	300	-25,6
4	303/263-1	0,666	2 200	140	не виявл.	-29,8
5	303/263-1	2,11	67	200	120	-17,1
6	303/292-1	1,16	1 510	810	167	-21,6
7	303/268-1	2,0	1 700	395	395	-20,7
8	303/268-2	2,0	1 640	840	2 000	-32,8
9	303/293	0,72	2 000	134	82	-17,5
10	274/209-3	24	2 200	50	360	+5,1
11	286 діл.1	0,78	700	78	24	-25,6
12	297/78,5	1,2	4 180	830	83	-2,7
13	304/248-4	89	4 140	217	5 500	-6,9
14	304/248-4	4,71	4 400	132	300	-6,9
15	274/209	24	2 200	50	360	+5,5
16	317/128,7	112,0	4 350	24	1 240	-13,7
	Σ	-	2 660	340	-	-

**Таблиця 3. Розподіл Au, As і Co в сульфідах прожилкових руд**

Періоди мінералізації	T, °C	pH	Au, г/т	Co, г/т	As, г/т	Мінерал-концентратор
Кварц-пірит-арсенопіритовий	400–350	5,2–5,9	від 6,9 до 2 200	345	Середнє 3 100	Арсенопірит
Кварц-анкерит-галеніт-сфалеритовий	300–250	6,2–7,0	від 1,2 до 290	210		Пірит (рідше арсенопірит)
Карбонат-бурноніт-галенітовий	200–100	8,0–8,7	сл. до 4,7	701		Пірит

*Примітка.* Як мінерал-концентратор вибиралися ті сульфідні, в яких було відзначено найвищий вміст золота. При цьому не в усіх випадках вони були провідними мінералами того чи іншого періоду мінералізації.

З метою зіставлення з вищезрозглянутим були досліджені сингенетичні пірити з вмісних відкладів власне Бобріківської Західної ділянки, що наведено в табл. 2. Як видно з таблиці, і

в цьому випадку вміст золота в осадочних піритах носить стрибкоподібний характер. Однак, як і у випадку з піритами із розрізів вугільних шахт, їх аналоги власне Бобріківської Західної ділянки

так само характеризуються різко підвищеним вмістом промислово важливого компонента, що й наводиться в табл. 2.

Миш'як у випадку, що розглядається, характеризу-

ється так само підвищеним вмістом, що становить у середньому 2 700 г/т.

На відміну від піритів з вугільних шахт, в їх аналогах з ділянки відзначено різке підвищення вмісту кобальту, середній вміст якого становить 340 г/т. Кількість сурми та її розподіл в окремих пробах піриту мають такий самий характер, що і в попередніх.

Результати аналізу Au, As і Co в сульфідах прожилкових руд показали, що для цього різновиду зрудення розподіл перерахованих елементів має закономірний характер і знаходиться в корелятивній залежності від періодів мінералізації і фізико-хімічних умов їх формування, що наведено в табл. 3.

Як видно з таблиці, в ранній кварц-пірит-арсенопіритовій асоціації, яка є найбільш високотемпературною на ділянці (до 400 °C) і формується в слабкокислому середовищі, відзначено найвищий вміст золота (від 7,0 до 2 200 г/т). Нарівні із золотом тут відзначено підвищений порівняно з піритами з вугільних шахт вміст кобальту.

Мінералом-концентратором золота й кобальту в цій асоціації є арсенопірит.

В інших мінералах асоціації, що розглядається, кількість золота настільки мала, що їх можна не враховувати як концентратори.

У наступній мінеральній асоціації, яка характеризується помірними температурними умовами й pH, близькими до нейтрального, вміст золота різко зменшується порівняно з ранньою, що наведено в табл. 3. Однак, незважаючи на це, асоціацію, що розглядається, загалом можна вважати продуктивною.

За вмістом кобальту ця асоціація дещо відрізняється від попередньої, бо містить у середньому 210 г/т. Мінералом-концентратором золота й кобальту є пірит, значно

рідше сплески золота відзначені в арсенопіриті, і, на решті, в завершальній карбонат-бурноніт-галенітовій асоціації вміст золота різко зменшується, варіюючи від 4,7 г/т до слідів (табл. 3). Як видно, ця асоціація формується в найбільш лужних і низькотемпературних умовах. Уміст кобальту ж тут різко зростає й становить більше 700 г/т.

Унаслідок певних обставин автори не змогли провести аналіз варіації миш'яку в сульфідах прожилкових руд. Проте фактичний матеріал свідчить про дещо підвищений уміст миш'яку в піриті прожилкових руд порівняно з його аналогами осадового походження (табл. 1–3).

Резюмуючи фактичний матеріал за особливостями розподілу золота, форм його знаходження [1], а також порівняльний аналіз даних по золотоносності в низці: осадові пірити вугільних шахт – осадові пірити в зоні розвитку прожилкових руд, робимо висновок: сульфід прожилкових руд ускладнюють однозначність інтерпретації джерела золота.

Як правило, найбільш золотоносними є ті сульфід прожилкових руд, які формуються в місцях перетину останніх з осадовими піритами або відкладеними в безпосередній близькості від них (фото 1, ділянки 1, 2).

Тут відбувається мобілізація й укрупнення золотин (фото 2а, б), наслідком чого є різко підвищений уміст золота.

Наведені факти дають підставу авторам висувати як одну з можливих гіпотез гіпотезу про мобілізацію золота, принаймні, його частини, з осадових піритів у результаті термального впливу на останні гідротермальних розчинів [1, 2].

При цьому треба мати на увазі, що результати експериментальних робіт по термальному впливу на розсіяні

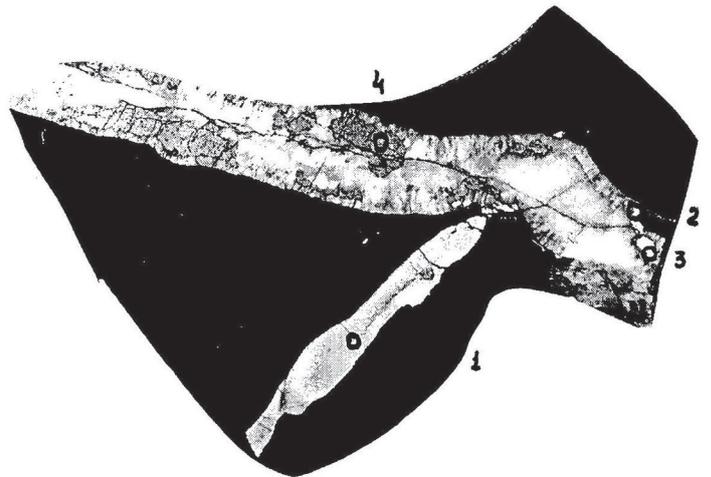
агрегати золота показали, що в інтервалі температур від ~400–450 до ~250 °С відбувається сегрегація розсіяного золота в більші агрегати. Разом з тим, при вищих температурах і відповідно нижче 250 °С відбувається розосередження золота.

Таким чином, на підставі наведених чинників бачимо, що приуроченість золотоносних асоціацій до високо-температурних мінеральних парагенезисів не випадкова.

Переходячи до питання про джерело кобальту, також варто розглядати вміст цього елемента в низці: осадові пірити вугільних шахт – їх аналоги із зон рудної мінералізації – сульфід прожилкових руд.

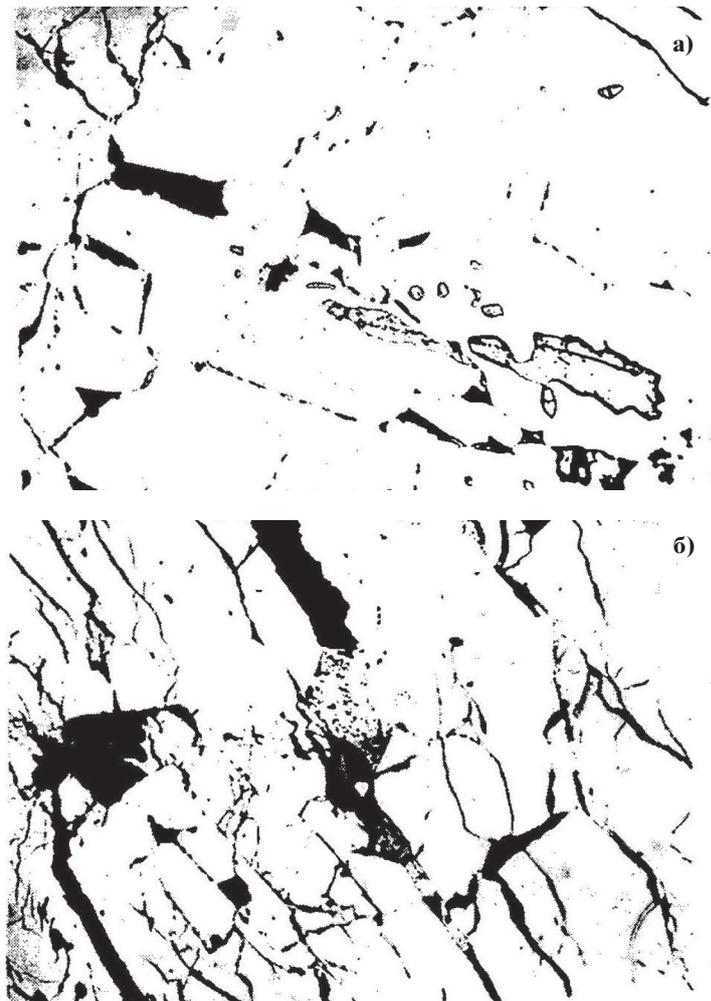
Як було відзначено, найменшим умістом кобальту характеризуються осадові пірити вугільних шахт (80 г/т). В їхніх аналогах з умісних порід площі Бобріківська Західна кількість кобальту різко підвищується й становить ~340 г/т. Уявні відмінності у вмісті кобальту генетично споріднених піритів з різних ділянок усуваються під час розгляду даних по прожилкових рудах. Раніше було відзначено, що в сульфідах прожилкових руд уміст кобальту найвищий у ряду, який розглядається. Отриманий аналітичний матеріал, з урахуванням геохімічної активності кобальту, дає можливість передбачати привнесення основної частини кобальту в складі гідротермальних розчинів, а як наслідок цього – його сорбція осадовими піритами, зосередженими в зоні.

На відміну від кобальту, миш'як у піритах прожилкових руд є близьким до таких самих осадового походження. Деяке підвищення його вмісту в піритах прожилкових руд може бути пояснене термальним впливом розчинів на осадові пірити [4], з подальшим його виносом і концентрацією в сульфідах



**Фото 1. Співвідношення різновікових прожилків**

$\delta S^{34}$  у відзначених ділянках: ділянка 1 пірит =  $-24,2\%$  (Au 4,1 г/т); ділянка 2 пірит =  $-4,2\%$  (Au 15,6 г/т); ділянка 3 галеніт =  $-5,1\%$ ; ділянка 4 сфалерит =  $-5,2\%$ . Полірований штуф. Натуральна величина



**Фото 2. Форма виділення самородного золота в асоціації з різними мінералами в піриті**

а) Самородне золото в асоціації з галенітом (світло-сіре) в тріщинуватому піриті (біле)  $\delta S^{34}$  піриту =  $-25,6\%$ .

Полірований шліф. Збільшення 250. Сверд. 286

б) Виділення самородного золота в асоціації зі сфалеритом і бляклою рудою по тріщинках у піриті.

Полірований шліф. Збільшення 500. Сверд. 304



**Фото 3.** Суцільна піритова руда з арсенопіритом, халькопіритом і піритом, які утворюють прожилкоподібні скупчення в центральній частині  $\delta S^{34}$  та елементи-домішки в досліджуваних ділянках

Діл. 1:  $\delta S^{34}$  піриту = -25,6 ‰;  
 Au = 0,78 г/т;  
 As = 700 г/т;  
 Co = 78 г/т;  
 Sb = 24 г/т

Діл. 2:  $\delta S^{34}$  арсенопіриту = -17,1 ‰;  
 Au = 82 г/т;  
 As = 700 г/т;  
 Co = 6,9 г/т;  
 Sb = 6 200 г/т

прожилкових руд. Як ілюстрацію, наведено дані по одному із зразків (фото 3).

Зразок представлений масивною осадовою піритовою рудою (конкрецією), в центральній частині якої, в зоні розвитку вуглистих сланців, відзначені прожилкові дані скупчення арсенопіриту і в незначному обсязі – халькопіриту та арсенопіриту. За даними ізотопного складу сірки визначено, що сірка арсенопіриту запозичена з осадового піриту. Разом з цим, чітко визначається різка збідненість піриту миш'яком – до 700 г/т при середньому для осадового піриту більше 2000 г/т. Аномально низький уміст миш'яку в осадовому піриті пояснюється його виносом при взаємодії з гідротермальним розчином.

Ураховуючи наявність вільної сірки й різкого геохімічного бар'єру – вуглистих сланців, є логічним відкладення арсенопіриту тут же [5].

Таким чином, результати геохімічних досліджень показали, що нарівні із сіркою в складі гідротермальних розчинів був привнесений кобальт і, очевидно, інші рудогенні елементи. Однак, миш'як і принаймні частина

золота були запозичені на місці формування прожилкових сульфідів і вмісних вуглистих сланців.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гейченко М. В., Герасимов Є. С., Всеволодський К. В. Роль сульфідної мінералізації у формуванні золото-срібних руд Нагольного кряжа (на прикладі Бобрівської Західної площі) // Мінеральні ресурси України. 2013. № 2. С. 12–18.
2. Герасимов Є. С. Геологічний звіт "Пошуково-оцінювальні роботи на золото-срібні руди в межах ділянки Бобрівська Західна". Київ: Фонди ДНВП "Геоінформ України", 2013. 308 с.
3. Волярович Г. П., Заїри Н. М. Информационный отчет о геохимии изотопов серы Бобрівского рудопоявления (Нагольный кряж). Москва: ЦНИГРИ, 1976. 62 с.
4. Ковальчук М. С. Морфология та хімічний склад золота з осадового чохла Українського щита // Геологічний журнал. 2003. № 3. С. 93–96.
5. Бабинін О. К., Гурський Д. С., Яценко Г. М. Нові дані про Клиничівське родовище золота // Мінеральні ресурси України. Київ, 1997. № 3. С. 7–10.

Рукопис отримано 22.10.2013.

УДК 551.72:549

**А. Д. САВКО**, д-р геол.-минерал. наук, професор, заведуючий кафедрой исторической геологии,  
**Л. Т. ШЕВЫРЕВ**, д-р геол.-минерал. наук, ведущий научный сотрудник (НИИ геологии, Воронежский государственный университет, Россия)

## ИСТОРИКО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РТУТИ В ЗЕМНОЙ КОРЕ

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Повышенные концентрации летучих элементов (Hg, Sb, As, Tl, Bi) приурочены к структурным формам, определившим делимость земной коры. Распределение соответствующих рудных объектов разных масштабов и возраста позволило подтвердить (в иных случаях, определить) положение крупнейших рудоконтролирующих структур, расшифровать хронологическую последовательность их становления, оценить глубинность. Предлагаемую серию статей открывает изложение результатов историко-минерогенического анализа применительно к ртутьносным объектам. Последним автор, указав соответствующую аргументацию, приписывает мезо-кайнозойский возраст. С использованием вновь созданной базы данных на континентах отрисованы две группы ртутьносных структур: линейных и очаговых (плюмы). Помимо подразделений Циркум-Тихоокеанского суперпояса, "линеамента Карпинского" в Предкавказье и Донбассе, среди них: пояса Уральский и Западного Средиземноморья, ртутьносные плюмы Центральной и Северной Европы, Центральной Азии (Киргизия, Таджикистан, Афганистан), Восточно-Китайский, Северо-Восточной Азии, Южноафриканский. Некоторые из них выделены впервые.

Anomalous concentrations of the volatile Hg, Sb, As, Tl, Bi tend to be located within the structural forms have been determined the tectonic blocking of the Earth crust. Areal distribution of the ore occurrences of the discrepant scales and ages let corroborate (sometimes disclose) position of the planetary rank ore-controlling structures as well as decipher their forming chronological successiveness and estimate deepness. This description of the historical-minerogenic analysis results for the mercury-ferrous objects opens the series of papers being undertaken. The authors prescribe to this Hg accumulations Mesozoic-Cenozoic ages predominantly. Two groups of the Hg-ferrous structures (lineal ones and "hearth" or plumes) are differed and aligned on the continents being founded upon the new database. Among them besides Circum-Pacific one and "Karpinsky lineament" of the Cis-Caucasus and Donets Basin are the Urals and Western European belts, plumes of Central-and-Northern Europe, Central Asia (Kyrgyzstan, Tajikistan, Afghanistan), Eastern Chinese, North-Eastern Asia, South Africa. Some of them are differed at the first time.

#### Постановка проблеми

Историческую минерогению традиционно интересует вопрос, когда и на каких

площадях поверхности Земли проявилась металлоносная флюидная активизация, сопровождаемая выбросом летучих элементов (Hg, Sb, As, Tl, Bi). Это явление,

описанное как “рассеянный рудогенез”, характеризовалось в работе [2, с. 235–237]. Его характеристика важна для оценок глубинности и механизма формирования скоплений благородных и цветных металлов. Выявление, оконтуривание разновозрастных историко-минерогенический провинций для каждого летучего элемента способно внести вклад в представления об эволюции планетарных полей тектонических напряжений и, следовательно, в прогнозирование аккумуляций полезных ископаемых. Летучие компоненты сложным образом сочетаются во флюидных эксгаляциях, тяготея к разным эпохам флюидогенеза. На Воронежской антеклизе ультратонкое золото в осадочном чехле обогащено помимо ртути таллием (до 18,914 % Tl), но также Sb, As, Bi [10]. О какой глубинности источников говорят такие сочетания элементов? Таллия больше всего в гранитном слое ( $1,5 \cdot 10^{-4}$  %), базальтоидах его меньше ( $2 \cdot 10^{-5}$  %), гипербазитах очень немного ( $1 \cdot 10^{-6}$  %) [11]. Следовательно, можно полагать, в нашем регионе инициатором эксгаляционно-осадочного (рассеянного) рудогенеза в породах чехла была именно мантйная ртуть, мобилизованная при прохождении коровых уровней, в т. ч. многие металлы и прочие летучие. Юго-восток антеклизы по всей протяженности выходит к Донбассу, породы которого (карбон) аномально обогащены ртутью, иногда в сотни раз против кларка [19]. В осадочном чехле Центрального Черноземья кинноварь выявлена В. В. Ильяшом в аллювии р. Манина Калачеевского района. Ее находки известны и из аллювия липецкого отрезка р. Воронеж. О “мантйной” (особенно в сочетании с мантйным гелием и  $^{40}\text{Ar}$ ) ртути поговорим подробнее. Элемент

этот во многом уникальный. Вспомним свойственное ей легкое образование амальгам с благородными металлами (отчего ее алхимики полагали неперменной их составляющей), способность к кипению уже при  $356,73^\circ\text{C}$ , отвердению при  $38,83^\circ\text{C}$  и т. д. Загадочность аккумуляциям ртути придает также невозможность датирования ртутных минералов изотопными методами, все семь изотопов Hg не радиоактивны.

#### Ртутоносные аккумуляции континентов и океана

В слое коры мощностью 1 км насчитывают 100 млрд т Hg, из которых в рудных месторождениях сконцентрировано только 0,02 % [14]. На Земле известны около 3 тыс. ртутоносных объектов разных масштабов, но с античных времен обрабатывались около 500. Кинноварь, один из 88 подтвержденных минералов ртути (еще два находятся на рассмотрении Комиссии по номенклатуре CNMNC), наиболее распространена. Она выявлена в 2 тыс. местонахождениях. Однако в **Лаки Бой** (Lucky Boy), штат Юта, основным рудным минералом оказался тиманнит  $\text{HgSe}$ . Этот ртутный рудник дал в 1880-е гг. около 250 бутылей ртути (стандартная ртутная бутылка – 34,5 кг) [15]. В **Сальфур-Банк** (Salphur Bank), Калифорния, горячие источники и ныне отлагают метациннабарит  $\text{HgS}$  (киноварь в эту высокотемпературную полиморфную разновидность переходит при  $345 \pm 2^\circ\text{C}$ , при  $481 \pm 3^\circ\text{C}$  – в гиперциннабарит) и антимонит. Ресурсы ртути 7 тыс. т [2, с. 217, 218; 25, с. 359; 21]. В **Туминьико** (Tumínico Mine), Чили, кальцитовые жилы в амфиболитах среди мраморов содержат фазы  $\text{Cd}-(\text{Cu})-\text{Hg}-\text{Se}$  и  $(\text{Co}, \text{Ni}, \text{Cu})-\text{As}-\text{Se}$  [18]. Редкий вртбит  $\text{Tl}_4\text{Hg}_3\text{Sb}_2\text{As}_8\text{S}_{20}$  из щелочного комплекса Илимауссак (Ilímaussaq, 1175–

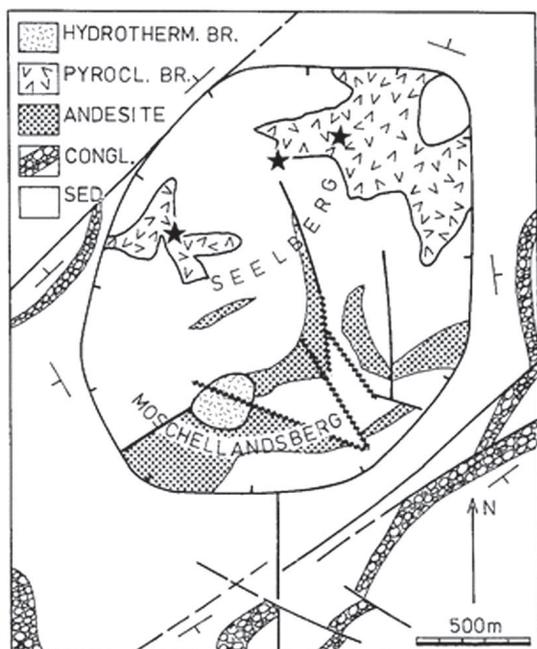
1123 млн лет) юго-западной Гренландии – единственный Hg-содержащий минерал гигантского (2178 тыс. км<sup>2</sup>) острова [18].

Распространение проявлений ртути характеризуем на основе мировых баз данных Mindat.org, PorterGeosultancy, Lithotheca и др. По СНГ и Китаю они пополнены из других источников. Подобные построения, посвященные частным аспектам, например, Au-Hg аккумуляциям [17], могут игнорировать малые и выработанные объекты, выводить за пределы рассмотрения “нертутоносные” Африку, центральную и западную части Южной Америки, Северную Европу и т. д. То есть выводы о планетарных рудоконтролирующих структурах и, особенно, времени их проявления могут быть не вполне аргументированными. Это понятно, *собственно ртутные* объекты в Мире больше не обрабатывают из-за токсичности полезного компонента и, следовательно, почти не изучают. В 2005 г. в исторической области Кастилья-Ля Манча закрыт последний рудник **Альмадена** (11 рудных районов на площади  $15 \times 20$  км, накопленная за 2000 лет добыча 265 тыс. т Hg). С 1994 г. в Донбассе то же произошло с **Никитовкой** (в 1885–1994 гг. добыто 30 тыс. т Hg). В конце 1970 г. остановлено производство на рудном поле **Монте Амиата** Южной Тосканы (с 1217 г. добыто 69 тыс. т Hg). В 1995 г. та же судьба постигла **Идрию** в Словении (5 веков добычи, в 1408–1508 гг. вычерпывали только самородную Hg. Накопленная добыча 107 тыс. т Hg). До 1976 г. обрабатывали рудный гигант **Нью Альмаден** в Калифорнии, пока по требованиям населения он не был выкуплен у владельцев и превращен в парковую зону (в недрах осталось 36,1 тыс. т Hg). Человечество

учится обходиться вторичной Hg и той, что получают попутно при обработке руд, например, со шватцитом – ртутистым тетраэдритом. Но если даже Альмаден отправлен в Лету, что говорить о старинных месторождениях, оставленных века назад. Автор получил представление о старых объектах австрийских Восточных Альп (Высокий Тауэрн, Тироль, Каринтия, Зальцбург, Штирия, Нижняя Австрия), Германии, Британских островов. Впечатляет пример забытого **Ландсберга** (Мошеландсберг), рис. 1. Этот старинный конкурент **Альмадена** в земле Рейнланд-Пфальц обрабатывали с 1440 г., расцвет добычи пришелся на XVI, XVIII, XIX века. Здесь впервые открыли ртутные минералы мошеландсбергит  $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$ , мошелит  $\text{Hg}^+_2\text{I}_2$ , белендорфит  $\text{Cu}_7\text{Hg}_6$ , каломель  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ , парашахнерит  $\text{Ag}_3\text{Hg}_2$ , шахнерит  $\text{Ag}_{11}\text{Hg}_{0,9}$ . В рудах – самородная Hg, шватцит, тиманнит  $\text{HgSe}$ , терлингуаит  $2\text{HgO} \cdot \text{Hg}_2\text{Cl}_2$ , кинноварь, метациннабарит, 101 минеральный вид и разновидность [18]. Для сравнения: в залежах **Альмадена**, кроме кинновари и самородной ртути, присутствует только немного стибнита. В наших учебниках о **Ландсберге** данных нет.

Тезис об исключительной пространственной избирательности ртути подтвердим на примере Антарктиды, в списке минералов которой значатся 387 видов и разновидностей 270 минералов (17 из них новые), но среди них – ни единого Hg-содержащего природного соединения [13]. Кинноварь и прочие минералы ртути, даже в знаках, никогда не встречали в Индии, Пакистане, Таиланде и многих других регионах.

Наиболее заметен **Тихоокеанский** (Циркум-Пацифик) ртутоносный суперпояс. Северный его сегмент практически непрерывно



**Рис. 1.** Крупное ртутное месторождение Ландсберг или Мошельландсберг (Landsberg, Moschellandsberg), земля Рейнланд-Пфальц (Rheinland-Pfalz), Германия, в каменноугольной-пермской кальдере. По работе [23, рис. 1, с. 69]

Условные обозначения сверху вниз: 1 – гидротермальная брекчия выполнения взрывного кратера; 2 – пирокластическая брекчия; 3 – шток андезито-базальтов; 4 – маркирующий пласт конгломератов; 4 – аллювиально-озерные отложения С-Р.

Жирные точки под словом “Moschellandsberg” маркируют трещинную минерализацию горы Мошель. Звездочки – рудопроявления горы Зеелберг

сопровождают ртутоносные объекты. Частные пояса **Кордильер** и **Анд** разделены территориями Никарагуа и Панамы. Последняя известна важными **Сu** месторождениями **Кобре Панама** (Cobre Panama), **Серро Колорадо** (Cerro Colorado), **Серро Чорча** (Cerro Chorcha), **Au-Cu Серро Кема** (Cerro Quem), **Au Молахон** (Molejon), но минералов **Hg** нет нигде. Нет их также на юге Чили, Аргентины и Антарктическом полуострове. Для востока суперпояса характерны локальные ареалы распространения очень крупных месторождений ртути (площади III порядка) с севера на юг: **Британской Колумбии**, **Калифорнии**, **Гуитсуко** в Мексике, **Киндио** в Колумбии, **Уанкавелика**, Перу.

Западный сегмент **Тихоокеанского** суперпояса дискретный, разделен на части “пустыми” по **Hg** про-

странствами. Здесь открыты крупные ртутные объекты (**Пламенное** и **Полянское** на Чукотке, **Ямато** в Японии, **Пухи-Пухи** на Северном острове Новой Зеландии), но настоящие гиганты характерны только для юго-восточного Китая – **Гонгуанг** (Gongguan), **Янгишкенг** (Yangshikeng) и несколько других.

Иначе выглядят побережья Атлантики, на площади которых нет заметных ртутоносных объектов. Единственным несколько анекдотичным исключением в случае Северной Америки является прибрежный участок округа Картерет Северной Каролины, место гибели в 1718 г. фрегата “Мечь королевы Анны” (Queen Anne’s Revenge) пирата Черная Борода. Киноварь и еще 17 минералов там происходят из каменного балласта судна [18]. В Приатлантической Южной Америке ртутопро-

явлений четыре. Известно малое месторождение киновари **Уитлидж Крик** (Witlage Creek), Восточный Суринам, которое обрабатывали в начале XX века. Из россыпи в Гайане происходит потарит **PdHg**. Сообщается о находках последнего и на площади **Au-Pd-Pt** объекта **Серра Пелада** (Serra Pelada). Каражас, Бразилия. Кроме того, в итабиритах Минас Жераис открыт новый минерал жакутингаит **Pt<sub>2</sub>HgSe<sub>3</sub>**. Совсем нет проявлений **Hg** на востоке Атлантики, в Приатлантической Африке (**Бу-Аззер** и **Имитер** в Марокко, **Аззаба** в Алжире принадлежат поясу Средиземноморья, **Цумб** в Намибии – Южноафриканскому ореолу).

**Средиземноморский** пояс с его гигантами **Альмаден**, **Идрия**, **Монте Амната**, **Никитовка**, множеством мелких и средних объектов веками имел выдающееся экономическое значение. Основные месторождения образуют узкую полосу на юге вдоль сороковой параллели. В Северной и Северо-Западной Европе они сменяются малыми месторождениями, обычно комплексными (Ландсберг выдающееся исключение), в которых, однако, **Hg** выступает как важная примесь – **Готдрам** (Gortdrum Mine) в Ирландии, **Хилдерстон** (Hilderston), Шотландия, **Конгсберг** (Kongsberg) и **Кармёй** (Karmøy) в Норвегии, **Болиден** (Boliden), **Сала** (Sala) в Швеции. По северной окраине пояса между Ставрополем и г. Гронинген в Голландии прослеживают “линеамент Карпинского”, вмещающий множество месторождений ртутоносных газов в пределах **СЗ** и **ЮВ** сегментов. Большая часть “линеамента” совпадает с Донецким бассейном (**Никитовка**), Днепровско-Донецким авлакогеном [3–5; 14]. От находящегося восточней **Урало-Центральноазиатско-Монгольского** (УЦМП) по-

яса он отделен нертутоносной территорией Туркмении. УЦМП прослеживается в северной собственно уральской части ртутоносными корами выветривания **Светлинского** и **Каталамбинского** месторождений золота, скоплениями ртутоносных сульфидов **Талганского** в Челябинской области, **Подольского** в Башкирии, **Сафьяновского** под Свердловском. На его продолжении к югу находятся **Hg**-содержащие объекты Узбекистана (**Мурун-Тау**), аккумуляции киргизских **Хайдаркана**, **Чаувая**, таджикского **Джижикрута**, не менее сотни малых месторождений и проявлений Афганистана. УЦМП обрывается у северного подножья Гималаев, пакистанский и индийский секторы которого нертутоносные. Изолированные субизометричные ртутоносные площади наблюдаются на площадях **Онтарио-Квебека**, **Южной и Юго-Западной Африки**, **Северо-Восточной Якутии**, **Юго-Западной Гренландии**.

**Глубинность ртутоносных аккумуляций**

В земной коре содержания ртути по последним данным оценивают в 3–9·10<sup>-6</sup> мас. % или 30–90 мг/т [14]. В верхней, средней и нижней частях коры 50, 79, 14 мг/т **Hg** соответственно [21]. Породы стратисферы, обогащенные органическим веществом, обычно богаче и **Hg**. В углях ее 100 (±10) мг/т в среднем. Концентрации **Hg** тесно увязаны с зольностью и битуминозностью: угли с битумами имеют кларк 87 (±80) мг/т, низкосортные зольные – 62 (±60) мг/т **Hg**. Элемент считают непременно аутигенным, что совершенно не очевидно: в шести регионах Мира (Донбасс, Аппалачи, Техас, Южная Африка, российский Дальний Восток, Южный Китай) концентрации ртути в углях, сопровождаемые прочими халькофильными элементами,



Рис. 2. Добыча высокортутистых углей (черное) группы Поттсвилль (Pottsville) пенсильванского возраста (320–290 млн лет) в Аппалачском бассейне на юго-востоке США. Полагают, что экономические потери от высокой смертности местного населения втягивают выгоду от продажи угля [16]

превышают кларковые на один-два порядка. Действительно, все перечисленные регионы, кроме Аппалачей, попадают в области широкого развития эндогенных ртутных месторождений. Совершенно уникальными оказываются угли Донбасса по содержаниям Hg, присутствию HgS и Hg металлической. Поступление Hg в донецкие угли связывают с гидротермами, поднимающимися по шир-зонам. Однако и Аппалачский бассейн с ртутоносными углями группы Поттсвилль (Pottsville, рис. 2) пенсильванского возраста (320–290 млн лет), по видимому, не случайно оказался вытянутым вдоль современного Атлантического побережья, примыкая к “сороковой (ртутной)” параллели. Ртутоносность местных углей поэтому допустимо объяснять и по донбасской схеме, подпиткой металлом, переносимым гидротермами.

В малосульфидных разностях углей распространены Hg<sub>орг.</sub> и Hg<sub>сульфидная</sub> (последняя преимущественно пиритовая) [28].

Обогащены Hg и черные сланцы. В их архейских разностях в среднем по Земле 150 мг/т Hg, палеопротерозойских – 430 мг/т, палеозойских – 40 мг/т [21]. Формы нахождения не изучены. Предположительно, Hg включена в органическое вещество, пирит или киноварь. Руды **Альмадена** тяготеют к кварцитам нижнего силура Криадеро (карадлк), базальным кварцитам нижнего девона (зиген), загадочному трубообразному телу “монашеского камня” (frailasca, рис. 3), но подстилаются ордовикскими кварцитами и черными сланцами Кантерас (арениг). Это давало основание для предположений о том, что источником ртути были последние, аккумуляровавшие поступления металла при субмаринном базальном вулканизме [28]. В известняках всего 30–50 мг/т Hg (максимально менее 200 мг/т, но в Донбассе и Крыму эти значения иногда перекрыты в сотни раз). Отечественные источники отмечают для сланцев содержания в сред-

нем 41 мг/т Hg при среднем значении для земной коры 4,5 мг/т [8].

В современном Океане преобладает основной вулканизм, но в донных образованиях ртути практически нет. Повышенные концентрации Hg там, скорее, исключения, которые перечислим. Fe-Mn корки и слойки оксидов Mn поднятия Виктория в 72 км мористей берегов штата Нижняя Калифорния, Мексика (глубины 1,75–0,3 км) содержат до 10 г/т Hg и до 5,5 г/т Ag [22]. На площади Западно-Тихоокеанской транзитали содержания Hg: 1 – от 40 до 350 г/т ( $4 \cdot 10^{-6}$ – $3,5 \cdot 10^{-2}$  %) в сульфидных рудах тыловых дуг подводного вулкана **Пийпа, Вудларк, Манус**, трог **Лау**. В пирите и сфалерите до 1 % Hg; 2–100 мг/т при ( $10^{-5}$  %), при кларке 45 мг/т ( $4,5 \cdot 10^{-6}$  %), там же металлоносные осадки. В рудной постройке **Лау** ртуть связана с гидроокислами железа, опалом и нонтронитом. Элемент ассоциирует с халькофильными металлами, образуя микровключения в сфалерите, фрейбергите в

виде фаз Hg-Zn, Hg-Cu, Hg-Ag (**Вудларк**); Hg-Pb, Hg-Ag (**Манус**); Hg-Cu, Hg-Pb, Hg-Au (подводный вулкан **Пийпа**). Обнаружены лафитит AgHgAsS<sub>2</sub> и Hg самородная [6]. Последняя была встречена также у гидротермальных жерловин северного шельфа о. Северный Новой Зеландии [21].

В Срединно-Атлантическом хребте (площади **Брокен Спур, Таг, Снейк Пит, Рэйнбоу, Логачев-1 и 2**) сульфидные руды имеют концентрации ртути 50 мг/т–12 г/т ( $5 \cdot 10^{-6}$ – $1,2 \cdot 10^{-3}$  %). Отсутствие на протяжении западной окраины Атлантики от севера Гренландии до юга Аргентины проявлений киновари позволяют несколько иначе взглянуть на тектоническую природу нынешних рубежей Атлантики, нацело лишенным проявлений “мантийного” элемента.

Бедность ртутью современных донных образований Океана связывают с широким распространением базальтоидов, деплетированных по ртути, однако почему последнее произошло? Причиной мог бы быть не мантийный (ртутоносный), но *коровый* характер этих базитов в срединных частях Океанов. С малым мантийным вкладом для немногих ртутоносных площадей: энергетический поток в упомянутом выше трог **Лау** Тихого океана по данным сейсмотомографии “имеет корни на глубинах 400–500 км” [6].

А вот пример противоположных выводов, касающийся распространения элемента. В работе [4] отмечают деплетированность признанных пород верхней мантии-кимберлитов по Hg. Это интерпретируют как признак того, что источник элемента более глубинный, чем область формирования кимберлитовых расплавов (глубже 120 км для алмазонасных разностей, при давлении более 4–5 ГПа). Другие

авторы видят иное: при том, что в интрузивных породах содержания Hg составляют около 200 мг/т, чаще до 100 мг/т, именно для глубинных эклогитов и кимберлитов (а также прочих щелочных пород) отмечены средние значения в *несколько сотен мг/т* [19]. Разночтения можно объяснить современным состоянием кимберлитовых систем – их высокая открытость способствует самоудалению Hg, отчего опробование приповерхностных кимберлитов дает заниженные результаты. Мнение Майкла Флейшера [19] выглядит предпочтительней и потому: меркурометрическая съемка остается в Мире одним из эффективных способом поиска кимберлитов: их тела в рыхлых толщах отмечены контрастными ртутными гало.

Данные по метеоритному веществу не сильно разнятся с теми, что мы имеем по магнийным ультраосновным магматитам Земли [24]. Так, если в метеорите **Альенде** (Allende, CV3) по двум образцам наблюдалось 16,4–17,8 мг/т Hg, то в **Y82050(CO3)** – 201 мг/т Hg, **Дхаджала** (Dhajala H3) – 216 мг/т Hg (в немагнитной фракции 183 мг/т, магнитной – 11 мг/т). В использованных эталонных образцах земного базальта было 28 мг/т Hg, гранодиорита – 16 мг/т Hg.

Получить надежные данные по содержаниям высоколетучего металла в земных породах, тем более, в метеорном веществе, нелегко. Цитируемые авторы сетовали на фундаментальные технические сложности при экстракции столь малых количеств ртути. Добавляло проблем и то, что к изотопу <sup>203</sup>Hg при нагревании примешивался трудноотличимый <sup>75</sup>Se, что могло привести к ошибочным оценкам содержания Hg.

Сказанное в данном разделе позволяет констатиро-

вать: 1 – стратисфера и верхи коры являются основными концентраторами летучего элемента. Возраст этих переменчивых концентраций подлежит особому обсуждению; 2 – последовательное нарастание концентраций Hg в ряду “средняя коранижняя кора-верхняя мантия” (79 мг/т Hg; 14; 100–200 соответственно) свидетельствует о ее глубинном происхождении.

#### Возраст ртутноносных аккумуляций

Огромная проблема ртутных месторождений – хронологическая. Все семь изотопов Hg с массовыми числами 196, 198, 199, 200–202, 204 стабильны, что делает невозможным прямые радиологические определения возраста ее минералов. Остается историко-геологический метод и его использованный здесь вариант, метод историко-минерагенический. Последний ориентирует на особое внимание к самым, даже не очень значительным, может быть, но бесспорным хронологическим “зацепкам”. Такие существуют. Нельзя не обратить внимание на то, что именно в кайнозой появились 25 из 90 известных Hg-содержащих минералов: их местонахождения локализованы среди кайнозойских, часто плиоценовых и четвертичных, пород и в более древних отсутствуют. Среди них немало продуктов изменения киновари в корях выветривания, однако это не свидетельствует против тезиса об уникальном месте кайнозоя (мезокайнозоя?) в становлении ртутных аккумуляций. Коры выветривания всех прошлых эпох хорошо известны, но этих минералов они не содержат.

Как же датировать остальные ртутнопроявления, выявленные среди древних метаморфитов, отложений рифея, нижнего палеозоя и т.д.? Некоторые исследователи, видимо, от отчаяния

[21], допускают, что возрасты аккумуляций Hg и основного оруденения (иногда даже вмещающих толщ) в комплексных многостадийных месторождениях могут быть близкими. В результате архейскими ртутноносными называются **Каалруг Фам** (ЮАР, 3043 млн лет), **Копперфилдс, Хемло** (Канада, 2739–2735 и 2638–2621), раннепротерозойскими – **Бушвельд, Уиткомст** (ЮАР, 2058 и 2952–2036), рифейскими – **Коппер Хиллс** (Австралия, около 800), **Краубах**, Австрия (780), раннепротерозойскими – **Альмаден** (430–361), девонскими – **Гуд-**

**спрингс** (Невада, 359–318) и т.д. Забывается, что в том же **Альмадене** 5 % всей ртути пребывает в жидком состоянии. Между тем в комментариях к работе [7] отмечают: ртуть из разбитого градусника (1 г) уже при комнатной температуре и открытых окнах самостоятельно улетучивается за несколько месяцев, снижая концентрации в воздухе ниже ПДК (0,0003 мг/м<sup>3</sup>). Как же с силура она не улетучилась из залежей **Альмадена** (жидкой Hg 5 %), с раннего триаса – из руд **Идрии** (жидкой Hg до 20 %) при мощном развитии трещин? С архея – из



**Рис. 3. Рудный район Альмаден. Карьер на месторождении Эль Энтредичо (El Entredicho)**

На заднем плане – желтоватые туфы трубки взрыва (“монашеский камень”, “Roca Frailesca”, “Friars Rock”) среди черных нижнесилурийских нижних сланцев. Возраст их пока не установлен. Этот объект содержит максимальные количества самородной ртути. Из работы [26, рис. 5]

руд **Хемло**? В старательских печах (“ретортах”) киноварь разлагали всего лишь при 400 °F (204,44 °C), но на юге Африки в породах, претерпевших с архея несколько мощных термических эпизодов, залежи почему-то сохранились до наших дней. Между тем в зоне гипергенеза киноварь и металлическая Hg *растворимы в воде* даже при отсутствии сильных окислителей, растет растворимость и при участии органического вещества.

Вот интересная, но по результатам неоднозначная, последняя по времени попытка датировать непокорные руды **Альмадена**. Авторы [20] использовали вакуумное извлечение в капсулы выделений иллита и <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar датирование его и Sr-слюды, спутников минерализации в породах S и D. Данные по иллитам интерпретированы так: минерализация имела место, самое позднее, на уровне 360 млн лет (иллиты на 20 млн лет моложе самых молодых пород). Возраст Sr-слюды – 427–365 млн лет. Рудогенез происходил в два этапа с интервалом 80 млн лет между ними. Но не могли ли столь древние глины просто сорбировать *кайнозойскую* (?) Hg из флюидов? Известный отечественный “ртутник” В. И. Смирнов, хорошо знавший **Альмаден**, отмечал, что там “отдельные сбросы выполнены *диабазовыми и кварцевыми порфирами кайнозойского возраста, с которыми связывается образование месторождения...* Руда отложена из горячих минерализованных водных растворов, фильтровавшихся по пластам трещиноватых кварцитов” [1]. Георгий Александрович Твалчрелидзе [12], однако, считал месторождение позднеорогенным герцинским (скорее всего, пермским-триасовым) по причинам “локализации в области за-

вершенной варисской складчатости и отсутствия молодых геологических структур и магматических проявлений.” Однако позже мнение В. И. Смирнова получило дополнительный аргумент: в исторических областях Мурсия и Альмерия на юго-востоке Испании, близких к **Альмадену**, открыты местонахождения мантийных лампроитов, иногда алмазонасных. Пространственно они расположены в неогеновом вулканическом поясе, где сопряжены с породами шошонитовой (трахидолериты-трахибазальты с санидином, лабрадором, авгитом, оливином) и известково-щелочной серий. Вулканизм здесь начался в раннем миоцене и продолжался практически до конца плиоцена (интервал 18–2 млн лет) [27]. Эти тела свидетельствуют о связях поверхности Южной Испании с ртутоносными мантийными глубинами в геологически недавнее время. То есть для объяснений появления суперконцентраций **Альмадена** вовсе не обязательно привлекать схемы с раннепалеозойским базанитовым субмаринным вулканизмом (кайнозойские аналоги которого аккумуляций Hg, мы видели, что нигде в Океане не образуют).

Теперь полезно еще раз взглянуть на сороковую (ртутную) параллель, допустив, что отвечающий ей глубинный разрыв и есть кайнозойская рудоконтролирующая структура. То есть не только безусловно плиоцен-четвертичные месторождения Калифорнии и **Монте Амиата** в Италии, но и дискуссионные **Альмаден**, **Идрия**, **Никитовка** формировались в кайнозое.

#### Закключение и выводы

Характерна асимметрия в распределении скоплений ртути на планетарном уровне: приуроченность практически всех крупных и средних объектов к Северному

полушарию, где они тяготеют к периферии Пацифика и Средиземноморскому поясу. Узкие протяженные ареалы распространения аккумуляций ртути маркируют положение разломов мантийного заложения, принадлежащих планетарной регматической (реґма – трещина, царапина, борозда) сети сдвигов, зон отрыва или шир-зон кайнозоя (мезокайнозоя?).

Хорошо выражен “эффект сороковой (ртутной) параллели” как полосы распространения особо значимых ртутных объектов Северной Америки, Европы и Азии, на большой своей протяженности отвечающей Средиземноморскому поясу.

Контрастно распределение ртутопроявлений вдоль современных ограничений океанов Тихого и Атлантического. Их практическое отсутствие на берегах Атлантики может свидетельствовать о немантийном происхождении прибрежных зон. Почти повсеместная бедность ртутью океанических донных осадков и вулкаников также может быть признаком доминирования связей с процессами в земной коре, но не мантийными. Исключением являются немногие районы Пацифика (Восточно-Тихоокеанское поднятие, Новая Зеландия, (о. Северный) Фиджи) и Центральной Атлантики.

Проблема возраста ртутопроявлений, локализованных в древних толщах, остается актуальной, поскольку не может быть разрешена радиоизотопными исследованиями. Однако специфические свойства основных ртутных минералов и собственно самородной ртути (нестойкость при повышении температуры, растворимость в подземных водах с органическими соединениями и т. д.) позволяют предположить, что известные скопления элемента практически повсеместно оказыва-

ются не древнее (мезо)кайнозойских. В связи с этим охарактеризованные крупные ртутоносные площади должны рассматриваться как планетарного ранга историко-минерагенические провинции (мезокайнозой, эндогенный рудогенез), в понимании авторов работ [9].

Подобный историко-минерагенический анализ распространения в приповерхностной оболочке иных летучих элементов (Sb, As, Tl, Bi), источники которых не столь глубинные, можно полагать, существенно пополняет картину распределения планетарного ранга регматических рудоконтролирующих разрывов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альмаден. БСЭ. 3-е изд. В 30 т. Т. 1, 1970. С. 474.
2. Историческая минерагения. Т. 1. Введение в историческую минерагению: в 3 т. [Н. Н. Зинчук, А. Д. Савко, Л. Т. Шевырев]. Воронеж: ВГУ, 2005. 281 с.
3. *Озерова Н. А.* Ртутная дегазация Земли/Н. А. Озерова//ДАН. 1978. Т. 239. № 2. С. 450–453.
4. *Озерова Н. А.* Ртуть и эндогенное рудообразование/Н. А. Озерова. М.: Наука, 1986. 232 с.
5. *Озерова Н. А.* Ртутоносность газовых месторождений Кавказской части линеамента Карпинского/Н. А. Озерова, Ю. И. Пиковский, Н. Р. Машьянов, В. В. Рыжов, М. А. Груздева//Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их параметры. Материалы Всероссийской конференции, 22–25 апреля 2008 г. в Москве. М.: Геос, 2008. С. 370–374.
6. *Озерова Н. А.* Ртуть в гидротермальных образованиях Океана/Н. А. Озерова, С. И. Андреев//Материалы XVIII Международной научной конференции (школы) по морской геологии. Москва, 16–20 ноября 2009 г. № 2. С. 188–192. [http://rogov.zwz.ru/Marine%20geology%202009\\_t\\_2.pdf](http://rogov.zwz.ru/Marine%20geology%202009_t_2.pdf)
7. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. [airlife.ru/pdf/zakon/GN2.1.6.1338-03.pdf](http://airlife.ru/pdf/zakon/GN2.1.6.1338-03.pdf)
8. Ртуть. БСЭ. 3-е изд. В 30 т. 1975. Т. 22. С. 334.
9. *Савко А. Д.* Историческая минерагения/А. Д. Савко, Л. Т. Шевырев//24 научные

Смирновские чтения, посвященные 60-летию кафедры геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых геологического факультета МГУ. 31.01.2013. [geol.vsu.ru/history/hist\\_minera.html](http://geol.vsu.ru/history/hist_minera.html)

10. Савко А. Д. Ультратонкое золото/А. Д. Савко, Л. Т. Шевырѐв. Воронеж: ВГУ, 2001. 136 с.

11. Таллий. БСЭ. 3-е изд. В 30 т. 1976. Т. 25. С. 232–233.

12. Твалчрелидзе Г. А. Рудные провинции Мира (Средиземноморский пояс)/Г. А. Твалчрелидзе. М.: Недра, 1972. 212 с.

13. Antarctica – Mindat. [www.mindat.org/loc-36.html](http://www.mindat.org/loc-36.html)

14. Assessment of Mercury Releases from the Russian Federation-UNEP. [www2.mst.dk/udgiv/publications/2005/87...5/.../helepubl\\_eng.htm](http://www2.mst.dk/udgiv/publications/2005/87...5/.../helepubl_eng.htm)

15. Bailey Edgar H. Mercury in the United States (Exclusive of Alaska and Hawaii). To accompany Map UR-30/Edgar H. Bailey. <http://download.egi.utah.edu/geothermal/GL01418/GL01418.pdf>

16. Becker Bill. Coal mining costs Appalachians five times more in early deaths than it provides in economic benefits/Bill Becker. June 22, 2009. <http://thinkprogress.org/climate/2009/06/22/204270/coal-mining-costs-appalachians-five-times-more-in-early-deaths-than-it-provides-in-economic-benefits/>

17. Borisenko A. S. Global tectonic settings and deep mantle control on Hg and Au-Hg deposits/A. S. Borisenko, A. A. Obolenskiy, E. A. Naumov//Mineral deposits research: meeting the global challenge. Proc. Eighth Biennial SGA Meeting, Beijing, China, 18–21 August 2005. Springer, Berlin, 2005. V. 1. P. 3–6.

18. Cinnabar: Cinnabar mineral information and data. Mindat. [www.mindat.org/show.php?id=1052&ld=1](http://www.mindat.org/show.php?id=1052&ld=1)

19. Fleischer Michael. Summary of the literature on the inorganic geochemistry of mercury/Michael Fleischer//Geological Survey Professional Paper. Geology, 1970. V. 713–714. P. 5–9. [books.google.com/books?id=YQclAQAAIAAJ](http://books.google.com/books?id=YQclAQAAIAAJ)

20. Hall Cris M. Dating of alteration episodes related to mercury mineralization in the Almaden district, Spain/Cris M. Hall, Pablo L. Higuera, Stephen E. Kesler, Rosario Lunar, Hailing Dong, Alex N. Halliday//Earth and Planetary Science Letters. 1997. 148. P. 287–298. [https://ruidera.uclm.es/.../fi\\_119667593-SE-251\\_Halletal\\_EPSL.pdf](https://ruidera.uclm.es/.../fi_119667593-SE-251_Halletal_EPSL.pdf)

21. Hazen Robert M. Mercury (Hg) mineral evolution: A mineralogical record of supercontinent assembly, changing ocean geochemistry, and the emerging terrestrial biosphere/Robert M. Hazen, Joshua Golden, Robert T. Downs, 2 Grethe Hystad, Edward S. Grew, David Azzolini, Dimitri A. Sverjensky//American Mineralogist. 2012. V. 97. P. 1013–1042.

22. Hein James R. Mercury and Silver-Rich Ferromanganese Oxides, Southern California Borderland: Deposit Model and Environmental Implications/James R. Hein, Andrea Koschinsky, Brandie R. McIntyre//Economic Geology. September-October, 2005. V. 100. N 6. P. 1151–1168.

23. Krupp R. Paragenesis and conditions of formation of the Moschellandsberg mercury deposit/R. Krupp//Mineral Deposita. 1989. 24. S. 69–76. [ink.springer.com/article/10.1007%2F2F00206305](http://ink.springer.com/article/10.1007%2F2F00206305)

24. Kumar Pradeep. 196Hg/202Hg ratio and Hg content in meteorites and terrestrial standard rocks: A RNAA study/Pradeep Kumar, Mitsuru Ebihara, S. K. Bhattacharya//Geochemical Journal. 2001. V. 35. P. 101–116.

25. Laznicka P. Giant Metallic Deposits and Future Sources of Industrial Metals/Peter Laznicka. Springer Verlag, 2006. 735 p.

26. Palero F. Mercury mineralization in the region of Almaden. Chapter 5/F. Palero, S. Lorenzo. Instituto Geológico. P. 65–72. [www.igme.es/internet/patrimonio/GEOSITES/Chapter\\_05\\_SGFG.pdf](http://www.igme.es/internet/patrimonio/GEOSITES/Chapter_05_SGFG.pdf)

27. Venturelli G. Petrogenesis and conditions crystallization of Spanish lamproitic rocks/G. Venturelli, E. S. Mariani, E. S. Foley et al.//Canad. Miner. 1988. V. 26. Pt. 1. P. 67–79.

28. Yudovich Ya. E. Mercury in coal: A review Part 2. Coal use and environmental problems/Ya. E. Yudovich & M. P. Ketris//Int. J. Coal Geol., 2005. 62. P. 135–165.

УДК 553.261:553.061

С. В. НЕЧАЕВ, д-р геол.-минерал. наук, профессор

# ПРИЗНАКИ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ ГАЛОГЕННЫХ И КАУСТОБИОЛИТОВЫХ ФОРМАЦИЙ В АСПЕКТЕ ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В УКРАИНСКОМ ШИТЕ

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Представлены авторские подходы к обоснованию источников рудогенных элементов и минералообразующих растворов месторождений и рудопроявлений в палеопротерозойских метаморфитах Украинского щита (УШ).

The article provided author's approaches to the study of sources ore-forming elements and mineralforming liquids of deposits and ore-occurrences in Paleoproterozoic metamorphites of the Ukrainian shield.

## Предисловие

Данная статья является логическим продолжением опубликованной ранее, посвященной минерагенической зональности центральной части Украинского щита (УШ), в которой лишь затронута вероятность первично-осадочной природы протолита большинства вещественных типов эндогенной, прежде всего рудной, минерализации [17].

Цель продолжения, а по сути, завершения – аргументация природы конкретного протолита, источников рудогенных элементов и транспортировавших их растворов, обусловивших месторождения и рудопроявления в палеопротерозойских метаморфитах щита.

Определяющее значение в наших исследованиях,

однозначно, имел полевой практический опыт, приобретенный в 50–70-е годы в фанерозойских регионах и зонах их сочленения с докембрийскими платформенными структурами [12], наряду с осознанием методологической фундаментальности понятия “элементарного осадочного ритма”, введенного и раскрытого академиком Н. М. Страховым для послекембрийской истории платформенного блока Земли [21]. Вместе с тем автор разработки подчеркивал, “...что близкая картина характеризовала и альгонскую эру, когда структурное расчленение земной коры приближалось к тому, какое мы знаем в нижнем палеозое” [21, с. 75].

Спустя два десятилетия после цитированной публикации А. В. Сидоренко – академик, возглавляющий

Мингео СССР (редчайшее, но справедливое сочетание!), инициатор изучения докембрия, “как важнейшей задачи современной геологии” [26, с. 163], уже имел достаточно оснований констатировать: “Седиментогенез докембрия и постдокембрия сходен в своей основе как единое целое, находящееся в разных стадиях непрерывного эволюционного развития” [20, с. 168].

Как подчеркивает академик А. Л. Яншин: “Эта формулировка стала методологической основой большинства исследований советских литологов в следующее десятилетие” [26, с. 167–168].

Однако, вспоминая начало 70-х годов, замечу, что в отделе геологии и геохимии рудных месторождений ИГФМ АН Украины такого рода новации не воспринимались. Первопричиной рудообразования считалась магма, а методы магматической петрографии и петрологии – классическими.

Символично – во времени и пространстве: с работой А. И. Тугаринова о причинах формирования рудных провинций, опубликованной в 1963 г., нас ознакомили сотрудники его группы, обеспечивавшие научное сопровождение поисковых

разведочных и горнодобывающих работ СГАО “Висмут” в крупнейшей в Европе Саксо-Тюрингской уранорудной провинции. Вот где и унаследованность, и регенерация! И это очевидно в прямом смысле, начиная от стратифицированного уранового оруденения в силурийских черных сланцах, “через” богатые жильные руды в контактовом ореоле вариссийских гранитных интрузий, “промежуточные коллектора” – угленосный пермский и песчаниковый сеноманский до очередных трещинно-прожилковых в экзоконтактах третичных базальтовых штоков/куполов. И эта регенерация воплощена в рудных минеральных ассоциациях, “запечатлевших” макро- и микроэлементные геохимические особенности вмещающих пород, естественно, в соответствии с РТ-условиями минерализации.

Фактически автору посчастливилось сотрудничать в течение нескольких лет с высококлассными профессионалами школы ГЕОХИ АН СССР им. В. И. Вернадского, которые способствовали предзащите докторской в этом институте. Членкорреспондент А. И. Тугаринов дал согласие выступить

оппонентом, акцентируя внимание на том, что “По сути работа посвящена весьма злободневному вопросу в современной геологии – источнику вещества в рудных месторождениях” (цитирую по его последующему официальному отзыву). Именно этот акцент стимулировал дальнейший интерес, вызвавший соответствующую реакцию в научных кругах. Становилось скучно, и потому с удовлетворением было принято предложение Мингео СССР поработать за рубежом, тем более – на загадочном Африканском Роге.

До убытия удалось завершить монографию [13], задуманную по материалам докторской и принятую к редактированию Е. Ф. Шнюковым, ныне руководителем Отделения морской геологии и осадочного рудообразования НАН Украины.

Приступив в начале 80-х годов к систематическому изучению рудной минерализации в структурах УЩ, автор не мог оставить вне внимания разработок А. В. Сидоренко проблем осадочной геологии и металлогении докембрия, основывающихся на материале всех материков. Тем более, что эти разработки привели к уста-

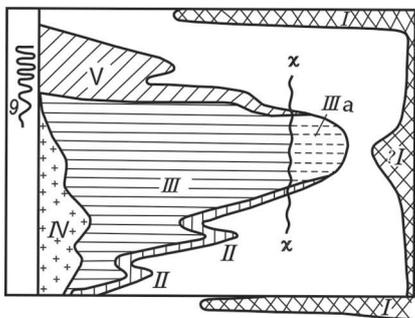
новлению первично-осадочной природы большинства метаморфических пород.

Поскольку исследования Александра Васильевича были направлены “прежде всего на решение недостаточно ясных вопросов геологии и геохимии раннего докембрия” [26, с. 180], во избежание возможной субъективности личных комментариев, автор воспользовался анализом и оценкой результатов этих исследований академиком А. Л. Яншиным, начиная с приведенной выше констатации сходства седиментогенеза докембрия и постдокембрия.

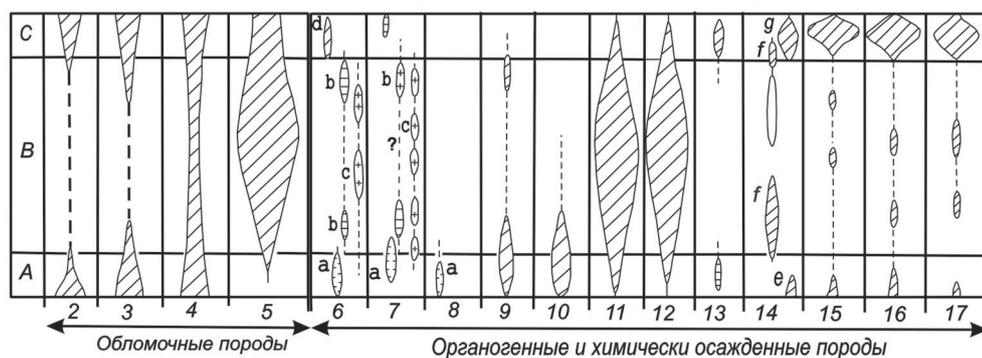
Мы воспринимаем эту формулировку как универсальную суть явления элементарного осадочного ритма, в строении которого запечатлена периодическая смена определенных комплексов горных пород и, что особенно важно, в контексте предлагаемой статьи, связанных с ними полезных ископаемых (рисунок).

Основываясь на такого рода универсальности, автор обратил внимание на ряд вещественных аналогий в палеопротерозойской эволюции петрокомплексов и породных ассоциаций, а также связанных с ними визуальнo-пространственно (факто-

Строение основного осадочного ритма



Размещение осадочных пород по стадиям осадочного ритма



**Рисунок. Строение основного осадочного ритма, размещение осадочных пород и полезных ископаемых по стадиям ритма по Н. М. Страхову [21, с. 85]:**

I, II, III, IV, V – динамические группы пород; IIIa – уничтоженная размывом часть III динамической группы; X–X – граница размыва; 2 – конгломераты; 3 – пески; 4 – алевроиты; 5 – глины; 6 – железные руды; а – оолитовые гидрогетит-шамозитовые, б – сидеритовые морские, с – эффузивно-осадочные, d – сидериты угленосных толщ; 7 – марганцевые руды; а – оолитовые, б – карбонатные среди осадочных пород, с – эффузивно-осадочные; 8 – бокситы; 9 – глауконит; 10 – фосфориты; 11 – карбонатные породы; 12 – кремнистые породы; 13 – накопления меди; 14 – горючие сланцы; е – лагунного типа, f – морского типа, g – угленосных толщ; 15 – гипсы; 16 – каменная соль; 17 – калийные соли

графически) минеральных концентраций в пределах Центральноукраинского пояса/Кировоградского орогена – бывшего (послеархейского) седиментационного бассейна.

Правомерности принятой методологии исследований предшествовал обстоятельный анализ минерогенеза геодинамических систем и комплексов УЩ в аспекте эволюции земной коры и рудообразования [15], а также принципиальных вопросов хроностратиграфических корреляций [16].

#### **Элементарный осадочный ритм как методологическая основа исследования**

В формулировке Н.М.Страхова осадочный ритм – это “Совокупность пород, связанных с определенным типом динамического режима коры и образующаяся в более или менее сходном сочетании, как только где-либо на континентальном блоке осуществляется этот режим” [21, с. 76].

Основные динамические комплексы (группы) пород, образующих ритм, находят отражение в волнах трансгрессий и регрессий.

В полном ритме отложения начальной стадии “А” отображают краткость момента развертывания трансгрессии и погружения. Для первой половины этой стадии характерны гипсы, каменная и калийная соли, а для второй стадии – накопления меди, фосфориты, оолитовые марганцевые руды; оолитовые гидрогетит-шамозитовые руды типичны для начальной стадии в целом, затем возникают лептохлориты, сидерит, наконец, пирит, который может замещать все остальные минералы железа.

С завершением трансгрессии в первой половине стадии “В” подавляющая часть затопленной площади лежит обычно ниже иловой линии и заметную роль игра-

ют горючие сланцы угленосных толщ. Затухающее фосфатообразование сменяет галогенез и образование типичных для регрессивной стадии (в аридном климате) медистых песчаников.

Как известно, с эвапоритами или признаками их былого существования [19] фациально сопряжены битуминозные черные сланцы, что отражено в латеральной зональности отложений [10]. На дне шельфа, по направлению к берегу, последовательно отлагались: черные сланцы, фосфориты, кремнистые породы, карбонатные породы, глауконитовые песчаники, красноцветы и эвапориты.

В условиях аридного прибрежного климата, где органическое вещество превращается в нефть [10], несомненно, повышается содержание Mo, V, Ni, Zn, Ag, As и, возможно, Au. Тем не менее, как подчеркивает К. Краускопф, химические процессы, ведущие к концентрации лишь определенных, но не всяких металлов, не известны, а там, где в большом количестве присутствует фосфат, к указанным элементам добавляются еще Pb, Sr и PЗЭ.

В результате исследования генезиса минерализации на западных склонах Восточно-Европейской платформы – крыльях смежных седиментационных бассейнов – был обоснован позднедокембрийский (вендский) осадочный ритм с типоморфными для “полного ритма” галогенными и каустобиолитовыми (нефтяного ряда) формациями и сопутствующей сульфидной (в том числе в фосфоритовых конкрециях) [12, 13], а позже – урано-битумной минерализацией [24].

Следует подчеркнуть, что типичные для этого ритма сульфиды Pb, Zn и Cu, а также фосфориты, флюорит и барит “вписываются” в аридность палеоклимата: концентрации в осадочных по-

родах сульфидов указанной триады элементов, согласно Н. М. Страхову, являются показателем начальной стадии аридного литогенеза; именно в условиях этой догипсовой (могилевская свита венда) стадии осолонения бассейна реализовалось осаждение флюорита – чувствительнейшего индикатора галогенных формаций [6].

Фактический геологический материал и результаты определения изотопного состава серы рудных минеральных ассоциаций позволяют рассматривать в качестве источника подвижной серы, участвовавшей в рудообразовании на западных склонах Украинского и Фенно-Скандинавского щитов, сульфаты эвапоритов и сероводород нефтяных вод и газов, возникший в горизонтах осадочных пород при восстановлении осадочных сульфатов [1, 13].

Переходя к палеопротерозойским формациям, заметим, что в бугской серии и ее стратиграфических эквивалентах совершенно очевидно пространственно-временное единство карбонатных и фосфатных, марганцевых и углеродистых пород в переслаивании с метапелитами (умеренно- и высокоглиноземистыми гнейсами и сланцами) и соответствие положения высокоглиноземистых пород таковому бобовых бокситов, высокомарганцевых (скарнов и гондитов) – оолитовым и карбонатным марганцевым рудам, апатитоносным метасоматитов – фосфоритам в стадиях осадочного ритма (рисунок).

На реальность присутствия в разрезе бугской серии эффузивно-осадочных метаморфизованных высокомарганцевых образований мы уже обращали внимание, ссылаясь в работе [17] на результаты исследования Е. М. Гурвича с соавторами, идентифицировавших природу этих образований как

эдафогенную (осадки океанического дна).

Если присутствие углеродистых пород, включая металоносные черные сланцы, в составе метаморфитов палеопротерозоя УЩ сомнений не вызывает [14], то столь древние галогенные породы вообще не известны в земной коре. Древнейшими (900 млн лет) являются калийные соли бассейна Эйдвел в Австралии [3] и участвовавшие А. В. Сидоренко синхронные (гренвильская серия Юго-Восточной Канады) образования – ассоциация параамфиболитов, силлиманитовых сланцев и гнейсов, кварцитов, кальцитовых и доломитовых мраморов с прослоями гипса, ангидрита и псевдоморфозами по каменной соли [26].

Отсутствие представляется вполне естественным: галогенные породы, отличающиеся малой устойчивостью к воздействию внешних факторов, прежде всего воды, легко растворяются и разрушаются, тем более – в условиях динамометаморфизма и гранитизации протолита, характерных для структур раннего докембрия вообще и УЩ в частности.

Вместе с тем в пределах УЩ имеются как косвенные, так и более вероятные индикаторы – в нашем понимании, признаки былого существования палеопротерозойских как галогенных, так и каустобиолитовых формаций.

#### **Косвенные признаки палеопротерозойских галогенных и каустобиолитовых формаций**

Таковыми прежде всего являются закономерности размещения областей галогенеза, имеющие глобальный характер, включая также области соляного диапиризма – галокинеза [9]: они расположены на окраинах древних платформ и в обрамлении последних на континентальной коре в пределах шельфа

и континентального склона, иногда смещаясь на участки с океанической корой. При этом выделяются два типа геодинамических обстановок соленосных формаций, в общем согласующихся со строением элементарного осадочного ритма.

Области первого типа формировались в процессе раскрытия океанов (седиментационных бассейнов) в начальные стадии циклов в результате рифтогенеза. Соленосные отложения расположены в нижних частях вертикальных формационных рядов и отвечают переходу от континентальных к морским условиям осадконакопления через лагунные. Вероятным аналогом является Голованевская зона, “смешанная” минерагения которой отвечает зонам столкновения структур зон перехода континент–океан [11]. Именно в этой зоне И. Б. Щербаков с коллегами выявили скарноиды с ангидритом и бариевые метасоматиты, в которых шеелит ассоциирует с баритом [25].

Области второго типа формировались в заключительные стадии циклов, когда происходило замыкание геосинклиналей и образование в их пределах эпигеосинклинальных орогенных поясов с накоплением моласс. Здесь соленосные формации расположены в верхних регрессивных частях вертикальных формационных рядов между карбонатными формациями в подошве и молассовыми в кровле, что отвечает смене морских условий осадконакопления континентальными через лагунные.

Области второго типа, в контексте данной статьи, в наибольшей мере соответствует Ингулецко-Криворожская минерагеническая зона, в которой молассовая формация представлена в верхних свитах криворожской серии: глееватской, гданцевской и родионовской

[7, 17]. Именно в этой зоне на этом стратиграфическом уровне наиболее полно в УЩ представлены породные ассоциации хемогенно-терригенного петрокомплекса и вещественные типы оруденения, особенно уранового, генетически связанного со щелочными метасоматитами Na-ряда.

Примечательна приуроченность урановых руд Первомайского и Желтореченского месторождений к железосланцевым породам средней свиты, углеродистокarbonатным и терригенным отложениям верхней свиты криворожской серии, претерпевшим щелочной метасоматоз, тогда как вне воздействия последнего все повышенные концентрации урана “относятся к поздним этапам, после отложения апологунной (доломитовой и молассовой формаций), составляющих верхнюю свиту криворожской серии” [2, с. 30].

Вместе с тем наиболее древние проявления урановой минерализации в УЩ приурочены к базальным песчано-конгломератовым отложениям скелеватской – нижней свиты криворожской серии, определяющим стратиграфический рубеж между формациями неоархея и палеопротерозоя в соответствии с международной шкалой 2,5 млрд лет [16]. Ураноносность этих отложений, вероятнее всего, обусловлена денудированными породами архейского Среднеприднепровского кратона, в частности токовскими гранитами, наиболее обогащенными (до 0,01 %) ураном [2]. Таким образом, очевидна цикличность (принцип унаследованности по В. И. Вернадскому) в геохимии урана в палеопротерозойском ритме восточного крыла Кировоградского орогена.

Подобное явление отображено и в его западном крыле, где торий-редкоземельно-фосфатная спе-

циализация области сноса – архейского Днестровско-Бугского кратона – унаследована палеопротерозойскими метасоматитами K-ряда через начальную стадию осадочного ритма.

Также косвенным признаком бывшего палеопротерозойского галогенного протолита, как нам представляется, является широкая распространенность в УЩ субщелочных и щелочных пород, а также минералов, содержащих элементы, присущие галогенным формациям. Кстати, по данным исследований А. В. Сидоренко в начале 70-х годов, “присутствие в разрезе турмалиновых, людвицитовых и скаполитовых сланцев, а также широкое развитие процессов щелочного метасоматоза могут свидетельствовать о самых ранних процессах соленакопления в аридных условиях” [26, с. 171].

Что касается каустоболитовых формаций, то обращает на себя внимание расположение всех урановорудных объектов в контуре центральной графитоносной области УЩ, где они как бы “выплеснуты” в разломные зоны [17, 18]. В этой связи обратимся к комментарию академика А. Л. Яншина статьи А. В. Сидоренко и Св. А. Сидоренко “Об “углеводородном дыхании” докембрийских гранитосодержащих толщ”, оцененной как “новое слово в наших представлениях о докембрии” [26, с. 168]. Суть в том, что в результате детального битуминологического исследования графитосодержащих метаморфических пород, в том числе УЩ (Криворожье и Приазовье), “Во всех образцах обнаружены в небольших количествах углеводороды, представленные нафтеново-ароматическими структурами и парафиновыми цепями”, а среди сорбированных газов “...оказались метан, этан, пропан, этилен

и пропилен. При этом устанавливается отчетливая связь между содержанием в породе метана и органического углерода, что, безусловно, свидетельствует об их генетической связи” [26, с. 168]. К этому целесообразно добавить, что названные выше авторы, изучая породы свиты кейв, лежащие в основании нижнего протерозоя Кольского полуострова, констатировали в черных конкреционных параморфических сланцах содержание биогенного углерода, достигающее 2,72 %, “что в среднем не ниже содержания его в фанерозойских осадочных толщах” [26, с. 166].

#### **Индикаторы палеопротерозойских галогенных и каустоболитовых формаций**

Такой категорией свидетельств, кроме упоминавшихся выше пород с ангидритом и баритом [25], являются результаты анализа химического состава газожидких включений в породообразующих минералах щелочных метасоматитов урановорудных районов УЩ [8]. Эти результаты достойны более подробного рассмотрения, тем более, что авторы исследования априорно аргументируют природу анионообразующих галогенидов в минералах: “Наличие в породах хлор-, карбонат- и борсодержащих минералов указывает на их верхнемантийный источник” [8, с. 219]. Скорее всего, это декларация или “дань моде”, игнорирующие энциклопедические реальности: 1) “Ведущими в составе природных галогенидов являются литофильные элементы (Na, K, Ca, Mg, Al), хлориды которых, типичные для химических осадков в водоемах различного типа, ассоциируются с сульфатами (гипс, ангидрит), боратами и карбонатами, а также являются продуктами вулканических процессов (галит, нашатырь)” [4].

2) “Галогенез – геохимические процессы концентрации растворимых солей, обязанные испарению воды. Распространены на 1/3 поверхности материков... С современным и древним галогенезом, кроме образования разнообразных месторождений соды, гипсов, поваренной и калийных солей, связано также накопление многих редких элементов – F, Br, J, Li, Sr, W и др., имеющих промышленное значение” [5].

Общеизвестный и доказанный факт: ураноносные щелочные метасоматиты в УЩ представлены двумя разновозрастными геохимическими типами – калиевым и натриевым, датированными рубежами 2,0 и 1,8 млрд лет соответственно.

По данным В. Б. Ковалева с соавторами [8], в минералах метасоматических пород включения установлены во всех разновидностях нерудных и рудных метасоматитов, а также в частично альбитизированных микроклиновых породах (так наз. сиенитах).

В К-метасоматитах (микроклинитах), обычно имеющих пегматоидный облик, в составе растворов газожидких включений в кварце и полевопшпате обнаружены хлориды Na, K, Ca и Mg.

В водной вытяжке из включений в кварце Na преобладает над суммой K+Ca и гидрокарбонат – над суммой галогенов и сульфата. Общая минерализация составляет 177 г на 1 кг (H<sub>2</sub>O+CO<sub>2</sub>) при концентрации солей 15%. Содержание флюидного Cl в рудных и безрудных образцах практически одинаково, в среднем 14·10<sup>-6</sup> г/г навески. Флюидный F (1–13)·10<sup>-6</sup> присутствует преимущественно в рудных образцах.

В газожидких включениях в кварце обнаружены органические вещества, содержащие следующие компоненты: CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, H<sub>2</sub>S, а также C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, изо-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> и n-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>.

В Na-метасоматитах (альбититах) в составе флюида во включениях установлены хлориды Na, K, Ca, гидрокарбонаты Na и K, примесь хлорида Mg. В составе газовой фазы – азот, редкие газы, H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S, изредка F и Cl. Среди катионов в водных вытяжках из включений в альбититах преобладает Na. В минералообразующих растворах находится также Cl, связанный с хлорпроизводными углеводородами, причем доля такого Cl достигает иногда 30–60% общего содержания элемента; F также встречается в форме фторпроизводных углеводородов. Оксиды углерода входят постоянно в состав флюида и количественно не коррелируются с суммой углеводородов.

Концентрация растворов при образовании альбита I генерации составляла 5–13%, альбита II генерации – 5–20%. По результатам анализа водных вытяжек установлено, что в целом на протяжении формирования альбититов характер растворов оставался хлоридно-гидрокарбонатно-натриевым с переменным содержанием F, K, Ca, Mg и небольшим количеством сульфат-иона – до 0,12 моль/л воды (табл. 1). Однако на ранних стадиях метасоматического изменения пород состав флюида был хлоридным.

Как известно, Na-метасоматиты развиваются по гранитоидам двух типов – кировоградскому и новоукраинскому, а также по

пестрому петрокомплексу криворожской серии, в связи с чем весьма показательны приведенные ниже результаты исследований В. Б. Ковалева с коллегами [8].

В новоукраинских гранитах содержание CO<sub>2</sub> почти в два раза выше, чем в кировоградских. Высокое содержание CH<sub>4</sub> и CO отмечается как в гранитах, так и в альбититах (рудноносных и безрудных), образовавшихся по новоукраинским гранитам. В числе углеводородных соединений, кроме преобладающего и присутствующего во всех пробах метана, определены C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>; постоянно фиксируются пропан и изобутан, обнаружены также этан и ненасыщенные углеводороды.

Таким образом, мы возвращаемся к реальности природной ассоциации галогенных и каоустобиолитовых пород. Ураноносные Na-метасоматиты желтореченского типа в этом плане вообще “вне конкуренции” (табл. 2).

Как это не покажется странным, но в той же коллективной монографии [2] Ю. А. Фомин, рассматривая на основании изотопно-геохимических исследований генетические типы месторождений ураноносных альбититов, отмечает “внутреннюю” (метаморфогенную) природу флюидов и заимствованный из вмещающих пород характер углерода, серы и урана [23].

Также соавторы монографии А. Н. Комаров и В. Н. Вербицкий подчеркивают отсутствие признаков связи как рудогенных элементов, так и транспортировавших их флюидов-растворов с “подкорковым веществом”. Более объективным, с нашей точки зрения, представляется их обоснование “метаморфогенно-регенерационного типа уранового оруденения в “щелочных метасоматитах” [2, с. 45].

Факт преобладания среди анионов – в водных вытяжках из включений в альби-

**Таблица 1. Результаты анализов тройных водных вытяжек из включений в минералах безрудных (1) и рудных альбититов (2), моль/л воды [8]**

Компонент	1	2
CO <sub>2</sub>	3,17 (0,2–0,17(?)*	0,97 (0,13–2,16)
Na	2,11 (0,69–4,49)	1,62 (0,04–7,16)
K	0,28 (0,029–1,04)	0,046 (0,001–0,18)
Ca	0,052	не обн.
Al	до 0,006	до 0,0004
Mg	до 0,17	не обн.
HCO <sub>3</sub>	2,1 (0,054–4,54)	1,39 (0,05–4,26)
Cl	0,5 (0,18–0,76)	0,42 (0,02–1,93)
F	0,16 (0,08–0,31)	0,04–0,19
SO <sub>4</sub>	0,12	0,004

В скобках – дисперсия значений. \*Вероятно, опечатка в оригинале [8].

**Таблица 2. Средние содержания флюидных компонентов в породах (водные вытяжки) [8]**

Порода, тип	Галоиды, 10 <sup>-6</sup> г/г навески		Газы, мл/кг породы		
	хлор-ион	фтор-ион	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>
Кировоградский тип					
Альбититы рудные	32,7	12,75	21,97	1,13	0,24
Альбититы безрудные	24,4	11,76	20,42	1,06	0,23
Граниты	20,0	не обн.	8,97	1,20	0,16
Новоукраинский тип					
Альбититы рудные	14,3	11,85	15,0	3,06	0,23
Альбититы безрудные	13,04	7,21	21,24	1,39	0,5
Граниты	23,3	не обн.	15,64	1,85	0,32
Желтореченский тип					
Альбититы рудные	100,75	не обн.	31,8	0,95	1,56

титах – гидрокарбонат-иона [8], вместе с данными работы [23], согласуется с выводом А. В. Сидоренко с соавторами о роли метаморфогенной углекислоты в рудообразующих гидротермальных растворах. Значение статьи “Метаморфизм осадочных толщ и “углекислое дыхание” земной коры” отмечает А. Л. Яншин [26].

#### О первичной природе минералообразующих растворов

Эндогенный характер эпигенетической минерализации в палеопротерозое УЩ сомнений не вызывает. Вместе с тем известные промышленные концентрации в рапе современных водоемов W, B, Li и ряда других элементов свидетельствуют об экзогенном “витке” в их геохимических циклах. На это же указывает отмеченный автором работы [17] факт выявления Д. К. Возняка в кварце литиевых руд УЩ реликтовых включений, представленных холодноводным раствором, давление в которых близко к атмосферному.

Это явление согласуется с комментарием А. Л. Яншина к статье А. В. Сидоренко в соавторстве с Ю. А. Борщевским “Участие поверхностных вод в формировании метаморфической оболочки Земли” (1975 г.): “Выводы этой статьи основаны на детальном изучении изотопного состава кислорода в водах различного происхождения и самых разнообразных осадочных и магматических породах, а также в метаморфических породах, в различной степени испытавших процессы гранитизации и щелочного метасоматоза. Сравнительный анализ содержания кислорода разного изотопного состава убедительно свидетельствует о том, что метаморфизирующие флюиды создавались не за счет поступления в земную кору вод ювенильного происхождения, а за счет вод гипергенных, близких по свое-

му составу к водам Мирового океана” [26, с. 180].

Продолжая обоснование последнего явления, остановлюсь на реализации предложения Е. Ф. Шнюкова заняться мне “как бывшему уранщику” анализом факторов ураноносности донных отложений Черного моря [18].

Действительно, учиться и познавать никогда не поздно, даже если это “просто” интересно. В результате довелось:

Во-первых, узнать об огромной массе растворенного урана, ежегодно выносимого речным стоком с водосборной площади – территории континентальной Украины, “нависающей” над седиментационной акваторией.

Во-вторых, убедиться в пространственном (картографически задокументированном) совмещении U-аномальных полей с таковыми С орг на дне моря, что подобно расположению U-рудных полей в центральной графитоносной области УЩ.

В-третьих, более полно и всесторонне представить “стартовую” роль осадочного геохимического цикла элемента в эволюции рудообразования, начиная с зарождения потенциально ураноносной фации.

В четвертых, обратить внимание на констатированной группе элементов (наряду с U и С орг) – P, Fe, Mn, Ni, Co, Cu, Mo, W, As, Se, Au, а также CaCO<sub>3</sub>, в поступлении которых в Черноморский бассейн с речным стоком отчетливо прослеживается роль растворов. Кроме того, узнать о тесной генетической связи в поверхностном слое морских осадков РЗЭ с терригенным глинистым веществом и установленной их дифференциации с удалением от береговой линии: увеличение содержания элементов иттриевой группы и уменьшение – цериевой. В этом явлении мы усматри-

ваем аналогию в западном крыле Кировоградского орогена, где очевидна латеральная смена монацитовой минерализации ксенотимовой (+уранинит) в палеопротерозойских метасоматитах К-ряда, а первоисточником является торий-редкоземельно-фосфатная специализация области сноса – архейского Днестровско-Бугского кратона.

И наконец, анализируя картосхемы индивидуального распределения указанных выше элементов, а также галогенидов в верхнем слое осадков Черного моря, автор осознал возможность исследования (в аспекте обратной связи) геохимической цикличности элементов, определяющих минерагению палеопротерозоя УЩ.

Интерес и значение Черного моря для познания геохимии осадочного процесса обоснованы всемирно известной литолого-геохимической школой академика Н. М. Страхова: “Идеи относительно механизма и факторов, контролирующих распределение элементов, выросшие на анализе черноморских отложений, приложимы и к другим морским бассейнам... Едва ли нужно доказывать, что эти идеи могут оказать существенную помощь и при изучении аналогичных процессов в бассейнах геологического прошлого; во всяком случае игнорировать их уже нельзя” [22].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Виноградов В. И.* Роль осадочного цикла в геохимии изотопов серы. Автореф. докт. дис. М.: ГИН АН СССР, 1975. 41 с.
2. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины/Белевцев Я. Н., Коваль В. Б., Бакаржиев А. Х. и др. К.: Наукова думка, 1995. 396 с.
3. Горная энциклопедия. М.: Сов. энциклопедия, 1986. Т. 2. С. 503.
4. Горная энциклопедия. М.: Сов. энциклопедия, 1986. Т. 1. С. 518.

5. Горная энциклопедия. М.: Сов. энциклопедия, 1986. Т. 2. С. 18.

6. *Казаков А. В.* Фторапатитовая система равновесий в условиях образования флюорита в осадочных породах//Труды ГИН АН СССР. Геол. сер., 1050. Вып. 114. С. 1–4.

7. *Клочков В. М., Клочков С. В., Шевченко А. Н.* Старые и новые проблемы раннего докембрия Украинского щита (обзор результатов ГДП-200)//36. научных праць УкрДГРІ. 2012. № 2. С. 58–71.

8. *Коваль В. Б., Гостяева Н. В., Лазаренко Е. Е.* Термобарогеохимические условия формирования месторождений урана. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. К.: Наукова думка, 1995. С. 216–237.

9. *Конищев В. С.* Области галокинеза окраин и обрамления древних платформ. Геология запада Восточно-Европейской платформы. Минск: Наука и техника, 1981. С. 150–159.

10. *Краусконф К.* Осадочные месторождения редких металлов. Проблемы рудных месторождений. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1959. С. 388–440.

11. На совещании по рудным формациям зон перехода континент – океан//Геология рудных месторождений. 1989. № 2. С. 102.

12. *Нечаев С. В.* Генезис минерализации в позднекембрийских и палеозойских толщах склонов Украинского щита и сопредельных платформенных структур. Автореф. докт. дис. К.: ИГФМ АН Украины, 1973. 46 с.

13. *Нечаев С. В.* Геолого-геохимическая природа оруденения в осадочном чехле западной части Восточно-Европейской платформы. К.: Наукова думка, 1978. 192 с.

14. *Нечаев С. В.* Черносланцевые формации Европы и связанное с ними оруденение//Геол. журнал. 1982. № 6. С. 65–75.

15. *Нечаев С. В.* Минерагения геодинамических систем и комплексов Украинского щита в аспекте эволюции земной коры и рудообразования//36. научных праць УкрДГРІ. 2005. С. 18–29.

16. *Нечаев С. В.* Хроностратиграфия петрокомплексов Днестровско-Бугского и Росинско-Тикичского районов Украинского щита//36. наук. праць УкрДГРІ. 2007. № 3. С. 7–19.

17. *Нечаев С. В.* Минерагеническая зональность централь-

ной части Украинского щита и некоторые общегеологические следствия ее изучения//Зб. наукових праць УкрДГРІ. 2012. № 2. С. 38–57.

18. Нечаев С. В. Факторы ураноносности донных отложений украинской части Черного моря//Геология и полезн. ископ. Мирового океана. 2012. № 2 (28). С. 25–39.

19. Руттен М. Г. Геология Западной Европы. М.: Мир, 1972. 446 с.

20. Сидоренко А. В. О едином историко-геологическом принципе изучения докембрия и постдокембрия//Докл. АН СССР. 1969. Т. 186. № 1. С. 168.

21. Страхов Н. М. О периодичности и необратимой эволюции осадкообразования в истории Земли//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1949. № 6. С. 70–111.

22. Страхов Н. М. О программе и методике изучения геохимии элементов в осадочном цикле//Изв. АН СССР. Сер. геол. 1970. № 9. С. 3–16.

23. Фомин Ю. А. Генетические особенности натрий-урановых месторождений – по изотопно-геохимическим данным. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины. К.: Наукова думка, 1995. С. 237–248.

24. Шумлянський В. А., Суцук Е. Г., Макаренко Н. Н. и др. Генезис и закономерности размещения рифейских и фанерозойских месторождений урана. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений урана Украины. К.: Наукова думка, 1995. С. 308–370.

25. Щербаков И. Б. Петрология Украинского щита. Львов: ЗУКЦ, 2005. 365 с.

26. Яншин А. Л. Александр Васильевич Сидоренко. Портреты геологов (Н. С. Шатский, А. Л. Яншин). М.: Наука, 1986. С. 147–183.

УДК 552.322:551.24 (477.62)

Н. Н. ШАТАЛОВ, д-р геол. наук, старший научный сотрудник (Институт геологических наук НАН Украины)

## СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ШТОКОВ И ДАЕК АНДЕЗИТ-ТРАХИАНДЕЗИТОВОГО КОМПЛЕКСА ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ ДОНБАССА С ПРИАЗОВЬЕМ

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

В статье дан анализ глубинной структуры и особенностей локализации штоков, даек, лакколлитов и других тел андезит-трахиандезитового комплекса южных окраин Донбасса и северных прибортовых частей Приазовского мегаблока Украинского щита.

The paper represents the analysis of the deep structures and the features for the localization of stocks, dykes, laccolites and other bodies from the andesite and trachyandesite complex of the southern margins of Donbas and the northern near edge zone of the Near-Azovian megablock of the Ukrainian Shield.

### Вступление

Дайки, штоки, лакколлиты, межпластовые залежи и другой формы тела, сложенные породами андезит-трахиандезитового комплекса, в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем распространены довольно широко. Здесь они являются наиболее молодыми магматическими образованиями. В силу структурной позиции, трещиноватости, петрографического состава, плотности и других физико-механических свойств породы андезит-трахиандезитового комплекса являются важным объектом для промышленной разработки в качестве месторождений строительных материалов.

Выходы штоков, лакколлитов, лополитов, вертикальных и наклонных даек, а также других тел андезит-трахиандезитового комплекса известны по рекам Тузлов, Большой и Малый Несветай, Кадамовка, Грушовка, Мокрая и Сухая Волноваха и др. [1–5]. Развиты они также в прибортовой части Приазовского мегаблока Украинского щита (УЩ), где

в виде даек и штокообразных тел прорывают докембрийские кристаллические породы (рис. 1, 2). Обнажения андезитов среди пород докембрийского фундамента наблюдаются по р. Кальмиус южнее с. Василевка, и вблизи х. Гречкин (мощная дайка), а также по балке Хан-Тарама на юго-восточной окраине с. Староигнатьевка (штокообразное тело). Ряд штокообразных и дайковых тел закартированы в обнажениях и вскрыты скважинами вблизи сс. Петровское, Староигнатьевское и по балке Камышеваха

Формы и размеры тел андезит-трахиандезитового комплекса разнообразны.

Большинство тел представлено межпластовыми залежами и полого падающими дайками, мощность которых достигает 200 м и более. Штоко-, лакколито- и лополитообразные тела встречаются значительно реже, размер их обычно не превышает сотен метров. Крупные штокообразные тела размером до 2–3 км в поперечнике развиты у с. Новотроицкое (доломитовый карьер), в Южно-Донбас-

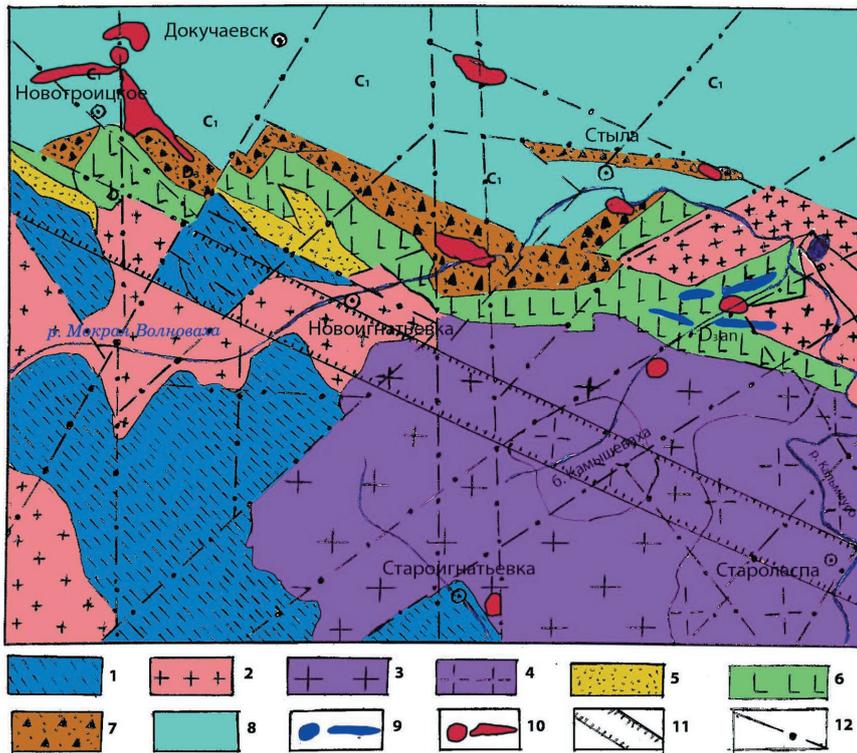
ском и Шахтинском районах.

### Строение земной коры

В геологическом строении региона выделяются три структурных этажа. Нижний (докембрийский) структурный этаж представлен древними архей-протерозойскими кристаллическими породами, средний (герцинский) – палеозойскими осадочными, вулканогенно-осадочными и интрузивными породами и верхний (альпийский) – мезо-канозойскими осадочными отложениями платформенного чехла [1–19].

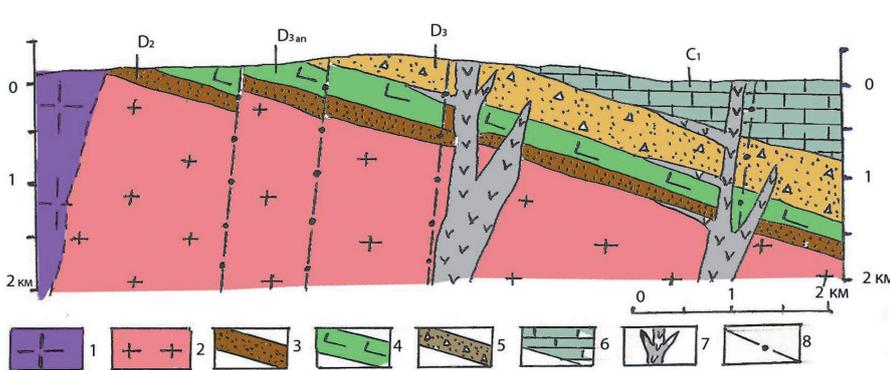
Докембрийский структурный этаж сложен комплексами метаморфических и ультраметаморфических образований западно- и центральноприазовской серии, прорванных интрузивными породами восточноприазовского комплекса. Центральноприазовская серия объединяет здесь мигматиты и различные гнейсы (биотитовые, амфиболовые, пироксеновые и др.) и разнообразные гранитоиды.

Значительная часть района сложена лейкократовыми гранитами анатольского типа, которые



**Рис. 1.** Схематическая геологическая карта локализации пород андезит-трахиандезитового комплекса в южной части Донбасса и северных прибортовых частях Приазовского мегаблока УЩ (составлена по личным исследованиям автора и с использованием материалов Артемовской и Приазовской ГРЭ)

1 – докембрийские гнейсы и мигматиты центральноприазовской серии; 2 – граниты анадольского типа; 3 – амфиболовые и амфибол-биотитовые граниты (дубовские); 4 – граносиениты восточноприазовского комплекса; 5 – осадочные породы (песчаники, сланцы и др.) николаевской свиты ( $D_2$ ); 6 – вулканогенно-осадочные породы (базальты, авгититы и др.) антоновской свиты ( $D_{3an}$ ); 7 – нерасчлененные образования долгинской (песчаники, конгломераты, алевролиты, аргиллиты) и раздольненской (песчаники, алевролиты, туфы кремнистые) свит ( $D_3$ ); 8 – известняки и доломиты турнейского и визейского ярусов каменноугольной системы ( $C_1$ ); 9 – малые интрузии и дайки ортогфиров ( $D_3$ ); 10 – дайки, штоки, лакколиты андезит-трахиандезитового комплекса; 11 – Антон-Тарамский дайковый пояс; 12 – разломы



**Рис. 2.** Схематический геологический разрез района внедрения Новоигнатьевской дайки андезитовых порфиритов:

1 – граниты амфиболовые и амфибол-пироксеновые (дубовские); 2 – граносиениты восточноприазовского комплекса; 3 – песчаники, сланцы николаевской свиты ( $D_2$ ); 4 – вулканогенные щелочно-базальтоидные породы (базальты, авгититы и др.) антоновской свиты ( $D_{3an}$ ); 5 – нерасчлененные образования долгинской (песчаники, конгломераты, алевролиты, аргиллиты) и раздольненской (песчаники, алевролиты, туфы кремнистые) свит ( $D_3$ ); 6 – известняки и доломиты турнейского и визейского ярусов каменноугольной системы ( $C_1$ ); 7 – малые интрузии и дайки андезит-трахиандезитового комплекса; 8 – разломы

разрабатываются многочисленными карьерами (с. Анадоль, пгт Мирное и др.) для производства щебня. В непосредственной близости от Новоигнатьевского месторождения андезитовых порфиритов развиты розовато-серые, крупнозернистые амфиболовые и амфибол-пироксеновые порфировидные граниты, нередко описываемые в литературе под названием “дубовские”. Среди толщ гнейсов и мигматитов в регионе широко распространены породы восточноприазовского граносиенитового комплекса, представленные граносиенитами, щелочными гранитами, щелочными сиенитами, нефелиновыми сиенитами и другими породами,

связанными между собой постепенными переходами. Породы данного комплекса образуют здесь крупный Кальмиус-Еланчикский массив. Важную роль в структуре докембрийского фундамента играют дайковые образования. Дайки широко распространены, образуют дайковые пояса и характеризуются весьма пестрым вещественным составом [18].

Герцинский структурный этаж сложен наклоненными ( $20-30^\circ$ ) в северном направлении пачками пород среднего и верхнего девона, а также нижнекаменноугольными отложениями. Девонские отложения расчленяются на “белый”, “бурый” и “серый” девон. Породы “белого” девона отнесены к среднему

(живетский ярус), а “бурого” и “серого” – к позднему девону. Толща грубозернистых конгломератовидных песчаников, кварцитов и терригенно-карбонатных отложений “белого” девона (николаевская свита) залегает непосредственно на выветрелой и размытой поверхности докембрийских кристаллических пород. Отложения песчаников николаевской свиты при ширине 5–6 км и мощности от 50 до 200 м прослеживаются от балки Камышевахи до с. Ольгинка. Осадочные породы николаевской свиты в пределах Стыльского и Камышевахского горстов перекрываются сравнительно маломощной (100–130 м) толщей вулканитов петров-

ской [6] толщи (раннефранкская фаза вулканизма) и повсеместно – вулканогенными образованиями антоновской свиты мощностью до 500 м (позднефранкская фаза вулканизма). Возраст пород антоновской свиты определен на основании залегания ее между фаунистически охарактеризованными отложениями “белого” и “бурого” девона. На породах антоновской свиты залегают вулканогенно-терригенные отложения долгинской свиты мощностью до 200 м. Породы свиты представлены красно-бурыми и бурыми конгломератами с галькой подстилающих эффузивных пород девона и докембрийских кристаллических пород фундамента, а так-

же полимиктовыми гравелитами и аргиллитами. Реже наблюдаются туфы и туффиты ортофиоров. На отложениях долгинской свиты без резкой границы залегает раздольненская свита мощностью до 200 м, представленная полимиктовыми конгломератами и песчаниками, аргиллитами и алевролитами, аркозовыми и кварцевыми песчаниками. В верхней части свиты преобладают туфы липаритов, трахилипаритов и трахитов (позднефаменская фаза вулканизма).

Нижнекаменноугольные отложения залегают трансгрессивно на различных горизонтах девонских пород и иногда на докембрийском кристаллическом фундаменте. Общая мощность турнейских и визейских отложений нижнего карбона достигает 4 км. Отложения карбона представлены сравнительно однородной толщей известняков, доломитов и мергелей с редкими прослоями глинистых и известково-глинистых сланцев. В толще каменноугольных отложений закартированы также многочисленные угольные пласты.

Альпийский структурный этаж сложен отложениями мела, палеогена и неогена, фрагментарно и плащеобразно перекрывающими породы докембрия, девона и карбона. Нижнемеловые отложения (глины с прослоями бурого угля) выполняют пониженные участки древнего рельефа. Их мощность достигает 150 м. Верхнемеловые осадки (песчаники, мергели, пески) мощностью до 150 м перекрывают кристаллические породы докембрия, палеозойские и нижнемеловые отложения. Прибрежно-континентальные палеогеновые отложения наиболее полно представлены в верховьях р. Грузский Еланчик. Неогеновые отложения (красно-бурые глины) развиты в

районе на обширных площадях. Четвертичные отложения представлены суглинками, глинами и конгломератами.

#### Тектоника

В тектоническом плане район исследований охватывает южные окраины Донбасса и зону сочленения его с Приазовским мегаблоком УЩ. В кристаллическом фундаменте региона выделяются Тельмановский и Комсомольский купола размером до 30 км. Куполовидные структуры сложены образованиями центрально-приазовской серии и гранитами восточноприазовского комплекса. Отдельные дугвые разломы, дайки и другие элементы строения Тельмановского купола отчетливо устанавливаются по геолого-геофизическим и аэрокосмическим данным [7, 10, 15].

В герцинском структурном этаже иногда четко фиксируется ряд антиклинальных и синклинальных изгибов (складок). Так, в западной части района наиболее выражены Новотроицкая и Александровская субмеридиональные структуры, разделенные синклинальным прогибом. Ядра антиклинальных структур слагают образования николаевской и антоновской свит. Синклинальные складки прослежены восточнее Восточно-Доломитного карьера, западнее с. Стыла, и на других участках развития нижнекаменноугольных толщ. Отложения мезо-кайнозоя выполняют депрессии и другие слабовыраженные пликвативные структуры района.

Важнейшими элементами структуры региона являются разломы. Ими обусловлены вся гетерогенность и мозаичность структуры, блоковый характер строения Восточного Приазовья и зоны сочленения его с Донбассом. Разрывные нарушения различаются по направлению, глубине заложения, протяженности,

амплитуде смещения по вертикали и латерали и другим кинематическим признакам. В описываемом районе они образуют ортогональные и диагональные системы, которые состоят из серии субпараллельных зон, расчленяющих охарактеризованные выше структурные этажи на разновеликие геоблоки. Наиболее распространены в регионе разломы следующих простираний: 270°, 295°, 315°, 330–340°, 350–360°, 20°, 45°, 65°. Большинство разломов зародилось в докембрии и продолжает развиваться до настоящего времени. Многим зонам разрывных нарушений свойственны все типичные признаки глубинных разломов [1, 7, 10–17].

Южно-Донецкий разлом, разделяющий Приазовский мегаблок УЩ от Складчатого Донбасса, является, например, структурой типа краевого шва. Вдоль него произошло погружение пород кристаллического фундамента на значительные глубины и накопилась мощная толща осадочных и вулканогенных палеозойских пород. По данным ГСЗ разлом четко фиксируется в рельефе поверхности Мохо и, вероятно, проникает до глубин не менее 200 км. Одним из главных доказательств его глубинности является приуроченность к нему ультраосновного, основного и щелочного магматизма. С востока на запад, в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем, прослежены такие крупные секущие разломы, как Грузско-Еланчикский, Кальмиусский, Горняцкий, Криворожско-Павловский и др. В бассейне р. Мокрая Волноваха, от железнодорожной станции Великий Анадол через с. Ольгинку, хорошо прослеживается крупный разлом субширотного простирания, получивший название “Южный”. Он приводит в тектоническое несогласие породы “белого” девона с отложениями карбона, а далее

– кристаллические породы докембрия с различными горизонтами девона. С юга и севера Стыльский горст ограничивает крупный разлом субширотного простирания, названный “Северный”. Амплитуды смещений по данному разлому здесь достигают 500 м [11, 12].

В пределах зоны сочленения Донбасса с Приазовьем разломы классифицированы по кинематическим признакам: *сбросы, сбросо-сдвиги* – Южный, Северный, Николаевский, Антон-Тарамский, Южно-Барсуковский, Александрийский, Максимовский, Великоанадольский, Петровский, Камышевахский; *взбросы, взбросо-сдвиги* – Василевский, Степнянский, Новотроицкий, Войковский. Амплитуды отдельных сбросов здесь достигают до 1–2 км, а суммарные амплитуды продольных и поперечных сбросо- и взбросо-сдвигов – 4–5 км [11, 12]. Эти разрывные нарушения обусловили сложное разломно-блоковое строение региона, в связи с чем здесь выделяются: положительные структуры – северный выступ Приазовского мегаблока, Стыльский и Камышевахский горсты; отрицательные структуры – Южно-Донецкий грабен и южное крыло Кальмиус-Торецкой котловины.

Заложение горсто-грабеновых структур зоны сочленения Донбасса с Приазовским мегаблоком УЩ произошло в раннефранское время в связи с тектоническими движениями, интенсивно проявившимися после формирования осадочных пород николаевской свиты (средний девон). Со сменой тектонического режима неразрывно связано начало вулканической деятельности – формирование вулканитов петровской толщи, в последующем перекрытой эффузивными и вулканокластическими образованиями антоновской, долгинской и раздольненской свит.

Сформированная таким образом зона сочленения Донбасса с Приазовским мегаблоком УЩ (микроавлакоген) характеризуется резкими изменениями фациального состава и мощности осадочно-вулканогенных образований, сложной разломно-блоковой и сдвиговой тектоникой, интенсивным магматизмом.

### Петрография и петрофизика

Среди пород андезит-трахиандезитового комплекса выделены андезито-базальты, андезиты, андезитовые порфириды, андезито-дациты, дациты, трахиандезиты, трахидациты и кварцевые латиты [2–6]. Выявлено, что трахиандезиты, трахидациты и трахилипариты более распространены среди нижнекаменноугольных отложений в окрестностях с. Новотроицкого, роположенного по р. Сухая Волноваха, т. е. структурно тяготеют к юго-западной части Донбасса, а андезито-базальты, андезиты, андезитовые порфириды чаще встречаются в юго-восточной части Донбасса, где закартированы среди докембрийских и палеозойских пород по рекам Мокрая Волноваха, Кальмиус, Грузский Еланчик и др. Все разнообразие закартированных в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем и в прибортовой части Приазовского мегаблока пород андезит-трахиандезитового комплекса обусловлено вариациями главных породообразующих минералов, а именно пироксена, роговой обманки, плагиоклаза, калиевого полевого шпата, кварца.

Андезиты, андезитовые порфириды и андезито-базальты макроскопически неотличимые друг от друга. В свежем состоянии они имеют серый цвет, а при обработке гидротермальными растворами становятся розовыми и даже белыми (при сильной карбонатиза-

ции). Структура пород порфирная, основной массы – микролитовая, пилотакситовая, реже гиалопилитовая. Среди описываемых пород, в зависимости от состава вкрапленников, выделяются роговообманковые, роговообманково-плагиоклазовые, пироксен-роговообманковые, реже биотит-роговообманковые разновидности. Андезито-базальты от андезитов и андезитовых порфиритов отличаются более высоким содержанием темноцветных минералов и большей основностью плагиоклаза (№ 50–60 против 40–45) во вкрапленниках. Андезито-базальты образуют как самостоятельные тела, так и закартированы совместно с андезитами, образуя дайки, штоки и межпластовые залежи. По данным работы [14], переход от одной породы к другой в сложных межпластовых залежах сопровождается появлением флюидальной текстуры, что указывает на неоднократное поступление в верхние структурные этажи уже дифференцированного на глубине магматического материала. Основная масса андезито-базальтов, андезитов и андезитовых порфиритов сложена микролитами плагиоклаза с небольшим количеством разложенного стекла. В андезито-базальтах, кроме того, иногда появляются микролиты роговой обманки. В качестве акцессорных минералов в породах присутствуют магнетит, пирит, циркон, апатит, сфен.

Андезито-дациты более лейкократовые, чем андезиты породы. В них содержится меньше темноцветных минералов (обычно роговой обманки) и в основной массе присутствует кварц в виде микропойкилитовых вростков в калиевом полевоом шпате.

Дациды встречаются сравнительно редко. В естественных обнажениях даци-

ды неизвестны и закартированы лишь скважинами. Кристаллы кварца в виде редких оплавленных зерен здесь уже присутствуют во вкрапленниках. Дациды характеризуются более кислым составом вкрапленников плагиоклаза (№ 30–35) и небольшим количеством вкрапленников роговой обманки.

Кварцевые латиты состоят из вкрапленников плагиоклаза (№ 40–45), кварца, роговой обманки, биотита (составляющих в сумме 35 %) и микрофельзитовой основной массы (65 %). Акцессорные минералы представлены титаномagnetитом, апатитом, цирконом, сфеном, пиритом.

Трахиандезиты содержат во вкрапленниках крупные порфиритовые выделения плагиоклаза, мелкие кристаллы роговой обманки, реже пироксена и биотита. Основная масса трахиандезитов состоит из мелких пелитизированных кристаллов калиевого полевого шпата и небольшого количества табличек плагиоклаза, образующих микролитовую или микропойкилитовую структуру основной массы. Акцессорные минералы – магнетит, ильменит, апатит, сфен, пирит, циркон; вторичные – карбонат, хлорит, эпидот, кварц.

Трахидациты состоят из крупных вкрапленников плагиоклаза и более мелких кристаллов роговой обманки. Редко встречаются вкрапленники пироксена, биотита, кварца. Основная масса породы (до 70 %) состоит из мелких пелитизированных агрегатов калиевого полевого шпата, небольшого количества хорошо раскристаллизованных зерен кварца и табличек плагиоклаза. Калиевый полевой шпат также образует таблитчатые кристаллы, между которыми развиты зерна кварца. Вместе они образуют микролитовую или микропойкили-

товую структуру основной массы. Акцессорные минералы: магнетит, апатит, сфен, циркон, анатаз.

Среди описываемых пород андезит-трахиандезитового комплекса встречаются как магнитные, так и слабомагнитные разновидности. Эти породы могут создавать повышенные магнитные аномалии интенсивностью лишь 300–500 нТл. Среди вмещающих их девонских осадочно-вулканогенных пород (обладающих в сравнении с андезитами повышенной магнитностью) они нередко поэтому не фиксируются. Залегающие среди каменноугольных отложений дайки, штоки и другие тела андезит-трахиандезитового комплекса фиксируются положительными магнитными аномалиями интенсивностью 100–300 нТл.

Минимальная средняя плотность пород комплекса равна 2,3 г/см<sup>3</sup>, а максимальная – 2,9 г/см<sup>3</sup>. Средняя плотность для большинства пород андезит-трахиандезитового комплекса колеблется в пределах 2,60–2,65 г/см<sup>3</sup>.

### Трещиноватость

Породы комплекса расчленены многочисленными субвертикальными, субгоризонтальными и наклонными трещинами. Полевые исследования тел андезит-трахиандезитового комплекса, развитых в устье балки Камышеваха, по рекам Сухая Волноваха, Мокрая Волноваха (Новоигнатьевское месторождение строительного камня) и в карьере у с. Новотроицкое, свидетельствуют о том, что характер их трещиноватости весьма однотипен. Здесь повсеместно развиты серии субвертикальных, субгоризонтальных и наклонных тектонических и контракционных трещин, расчленяющих породы комплекса на столбчатые (блочные) отдельности. При этом субвертикальные системы трещин довольно часто совпадают с системами трещин отдель-

ности осадочных пород Донбасса. В андезитах, как и во вмещающих их осадочных породах, наиболее развиты системы трещин с азимутами простирания 270°, 290–300°, 330–335°, 355–360°, 20°, 40°, 60°, 75°. Вдоль основной системы трещиноватости (355–360°) развиты удлинённые зерна роговой обманки и кальцит. Системы контракционных и тектонических трещин других ориентировок нередко минерализованы кальцитом, сульфидами железа, меди, свинца и цинка. На Новоигнатьевском месторождении строительных материалов, кроме того, по трещинам развиты радиоактивные минералы, о чем свидетельствуют геохимические данные и результаты замеров радиоактивности прибором СРП по скв. 24. Системы субгоризонтальных и наклонных (под углом 40–70°) трещин в породах комплекса менее распространены, нежели субвертикальные.

#### Возраст

Исходя из совокупности геолого-структурных и изотопных данных время внедрения пород комплекса определяется довольно точно. Эти породы прорывают все породы докембрийского кристаллического фундамента, а также девона и карбона. На левобережье р. Дон они прорывают отложения верхнего карбона, а их многочисленные обломки встречены в песчаниках верхнего триаса. В зоне сочленения Донбасса с Приазовьем дайки и штоки пород андезит-трахиандезитового комплекса фрагментарно перекрываются породами мела, палеогена, неогена или четвертичными отложениями. В северных прибортовых частях Приазовского мегаблока УЩ они перекрыты лишь мономощными осадками антропогена. Многочисленные определения изотопного возраста пород комплекса укладываются в интервал времени 200–230 млн лет. На основа-

нии этих данных большинство исследователей региона образование пород комплекса связывают с пфальской фазой герцинского орогенеза, проявившейся в Донбассе на границе перми и триаса [1–5, 14].

#### Выводы

Анализ геолого-структурных особенностей формирования пород андезит-трахиандезитового комплекса, глубинных и приповерхностных частей исследуемого региона позволяет сделать следующие выводы.

1. Ассоциации магматических пород андезит-трахиандезитового комплекса, слагающих дайки, штоки, лакколиты, лополиты и другие тела, чрезвычайно широко развиты не только в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем, но и в северных прибортовых частях Приазовского мегаблока УЩ. Формирование пород комплекса происходило в позднеорогенный этап развития Донецкого бассейна по регматической сети развивающихся снизу вверх глубинных разломов, по которым магма проникала в докембрийские и палеозойские породы региона из глубин не менее 140 км [8].

2. Заложение горсто-грабеновых структур зоны сочленения Донбасса с Приазовским мегаблоком УЩ произошло в раннефранское время в связи с тектоническими движениями, интенсивно проявившимися после формирования осадочных пород николаевской свиты (средний девон). В течение девона – антропогена литосфера описываемого региона претерпела сложное тектоническое развитие. Основная роль в заложении и развитии Южно-Донецкого микроавлакогена принадлежала эндогенным вертикально-горизонтальным пульсационным движениям астеносферного диапира – мощного генератора тепла, энергии, подвижной магмы, флюидов и рудонос-

ных гидротермально-метасоматических растворов.

3. Большинство пород андезит-трахиандезитового комплекса, развитых вдоль южной окраины Донбасса, приурочено к участкам поперечной субмеридиональной складчатости и контролируется глубинными разломами субширотного, субмеридионального и сравнительно реже – северо-восточного направлений. Важно также отметить, что большое количество магматических тел комплекса приурочено к осям субмеридиональных Новотроицкой и Александровской антиклиналей. Наиболее мощные тела пород данного комплекса локализованы на границах геоблоков и в узлах пересечения разноориентированных глубинных разломов. Сочетание их создает в регионе исходную мелкоблоковую структуру кристаллического фундамента и осадочного чехла. Особую структурно-контролирующую роль в локализации пород комплекса сыграли субмеридиональные разломы и узлы их пересечения с субширотными зонами глубинных разломов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарчук В. Г. Тектоника Большого Донбасса и происхождение ровообразных прогибов в платформе//Геол. журнал. 1956. № 2. С. 3–12.
2. Бутурлинов Н. В., Панов Б. С. Об изверженных породах и рудной минерализации Донецкого бассейна//Записки Всесоюзного минералогического общества. 1959. Вып. 4. С. 419–429.
3. Бутурлинов Н. В., Соколова Г. У. Возраст андезитов Донецкого бассейна//Доклады Академии наук СССР. 1964. Т. 159. № 1. С. 95–97.
4. Бутурлинов Н. В., Скаржинский В. И. О комплексах магматических пород и магматических формациях Донецкого бассейна//Доклады Академии наук СССР. 1970. Т. 193. № 2. С. 401–404.
5. Бутурлинов Н. В., Зарцкий А. И., Глебова М. С. Андезит-трахиандезитовый комплекс Донбасса и особенности его формирования//Геологический журнал. 1972. № 6. С. 89–94.

6. Бутурлинов Н. В., Кисель С. И. Развитие девонского вулканизма в зоне сочленения Донбасса с Приазовским кристаллическим массивом//Доклады Академии наук УССР. Сер. Б. 1985. № 1. С. 3–6.

7. Быстревская С. С., Шаталов Н. Н. Глубинная структура земной коры по космическим изображениям (на примере Восточного Приазовья)//Исследование Земли из космоса. 1980. № 5. С. 10–16.

8. Грин Д. Х., Рингвуд А. Э. Происхождение базальтовых магм//Петрология верхней мантии. М.: Мир, 1968. С. 132–229.

9. Гавриш В. К. Геотектоническое развитие литосферы Днепровско-Донецкой впадины//Геотектоника. 1990. № 1. С. 5–63.

10. Лебедев Т. С., Собакарь Г. Т. Тектоника Северо-Восточного Приазовья по данным геофизических исследований//Доклады Академии наук УССР. 1961. № 10. С. 564–567.

11. Майданович И. А. О глубинной тектонике Донбасса//Доповіді Академії наук УРСР. 1968. № 6. С. 506–509.

12. Майданович И. А., Дубровный Б. И. Глубинные разломы и современные вертикальные движения земной коры в Западном Донбассе//Доклады Академии наук АН УССР. Сер. Б. 1970. № 4. С. 73–76.

13. Михалев А. К. К вопросу о природе поперечных сбросов в срединных районах Донецкого бассейна//Геотектоника. 1971. № 2. С. 79–83.

14. Скопиченко И. М., Бутурлинов Н. В. Андезит-трахиандезитовый комплекс зоны сочленения Донбасса с Приазовьем. Петрология и эволюция//Геологический журнал. 1987. № 1. С. 97–105.

15. Собакарь Г. Т. Структура зоны сочленения Донбасса с Приазовским массивом//Геологический журнал. 1961. № 3. С. 60–65.

16. Чебаненко И. И. О ровообразных прогибах платформ//Доклады Академии наук УССР. 1961. № 4. С. 520–522.

17. Чекунюв А. В. К геодинамике Днепровско-Донецкой рифт-синеклизы//Геофизический журнал. 1994. № 3. С. 3–9.

18. Шаталов Н. Н. Дайки Приазовья. Киев: Наукова думка, 1986. 192 с.

19. Шатский Н. С. Избранные труды. М.: Наука, 1964. Т. 2. 720 с.

УДК 622.279:622.324:550.834:550.85

С. В. ГОШОВСКИЙ, д-р техн. наук, профессор, директор УкрГГРИ,  
П. Т. СИРОТЕНКО, канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела инновационных технологий (УкрГГРИ)

# НЕТРАДИЦИОННЫЕ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ РЕСУРСЫ УКРАИНЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ОСВОЕНИЯ

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Рассмотрены нетрадиционные углеводородные ресурсы Украины, которые имеют низкую проницаемость и пористость и сложные в разработке. К таким ресурсам отнесены газ в плотных породах, угольный метан, сланцевый газ, сланцевая нефть, тяжелая нефть и гидраты метана. Проведена оценка роли современных геофизических технологий в поиске, разведке и освоении таких ресурсов, показана ведущая роль новейших технологий сейсморазведки в решении ресурсных проблем Украины. Проведен детальный анализ применяемых новейших технологий для разведки и добычи газа в плотных породах в мировой практике.

Considered unconventional hydrocarbon resources of Ukraine with low permeability and porosity are difficult for development. Tight gas, coal bed methane, shale gas, shale oil, heavy oil and methane hydrates are of such kind resources. An assessment of the role of modern technologies in geophysical prospecting, exploration, and development of these resources was fulfilled. The leading role of advanced seismic technologies in solving resource problems in Ukraine was presented. Detailed analysis of utilized innovation technologies for tight gas exploration and development in international practice has been conducted.

По мере истощения энергетических ресурсов становится все более актуальной задача поиска, разведки и добычи нетрадиционных энергетических ресурсов. Освоение нетрадиционных ресурсов достигло новой эры со значительным увеличением масштабов производства на всех континентах во многих странах.

Нетрадиционные ресурсы углеводородов при подготовке к освоению нуждаются в разработке новых подходов и методов выявления, разведки и добычи. В отличие от традиционных ресурсов они сосредоточены в сложных для освоения скоплениях либо рассеяны в геологической среде. К тому же они плохо подвижны или неподвижны в пластовых условиях недр, поэтому нуждаются в специальных технологиях извлечения из недр, что значительно повышает их себестоимость. Однако достигнутый в мире прогресс в технологиях добычи углеводородов делает возможным

освоение некоторых из них с себестоимостью, приближающейся к традиционным углеводородным ресурсам.

Как показывает опыт США, освоение нетрадиционных углеводородных ресурсов требует решения ряда актуальных задач, в частности, по следующим направлениям исследований и деятельности:

- проведение региональных тематических исследований;
- изучение характеристик нетрадиционных коллекторов;
- применение и интегрирование наземных и скважинных данных;
- достижение понимания возможностей используемой нефтегазовой системы;
- обеспечение оптимизации извлечения флюида из нетрадиционных коллекторов;
- достижение эффективной оптимизации капиталовложений;
- проведение мониторинга эксплуатационных характеристик месторождения;
- решение вопросов здоровья, безопасности и экологии (HSSE);

– проведение оценки и прогноза запасов углеводородов;

– обеспечение долгосрочной добычи на месторождении;

– проведение оценки перспективности месторождения.

Решение выше названных задач позволит достигнуть наиболее эффективно-го освоения нетрадиционных углеводородных ресурсов.

## УГЛЕВОДОРОДНЫЕ РЕСУРСЫ В МИРЕ

Во многих странах мира сегодня пристально изучают не только традиционные углеводородные энергетиче-

ские ресурсы, а также нетрадиционные углеводородные ресурсы. Нетрадиционные ресурсы углеводородных коллекторов имеют низкую проницаемость и пористость, а поэтому являются трудноизвлекаемыми.

Вследствие этого к ним неприменимы уже отработанные технологии извлечения традиционных полезных ископаемых, но тем не менее их также возможно добывать при использовании интенсификации извлечения полезных ископаемых из горных пород путём применения гидроразрыва пласта или нагнетания пара [1, 2, 7, 9, 10]. Однако такая технология получения полезных ископаемых является более трудоёмкой и дорогой, вследствие этого к ней обращаются в случае истощения традиционных запасов углеводородов или когда в стране имеется слишком мало собственных энергетических ресурсов.

По данным фирмы CGGVeritas [10], мировые запасы углеводородных ресурсов по энергетическому эквиваленту распределяются таким образом (рис. 1): обычная нефть 23 %, природный газ 8 %, тяжёлая нефть 19 %, сланцевый газ 16 %, битумы 15 %, метан угольных пластов 12 %, газ в плотных породах 7 %. Из этого следует, что жителям нашей планеты придётся рано или поздно обращаться к ресурсам нетрадиционных углеводородов для обеспечения своих энер-

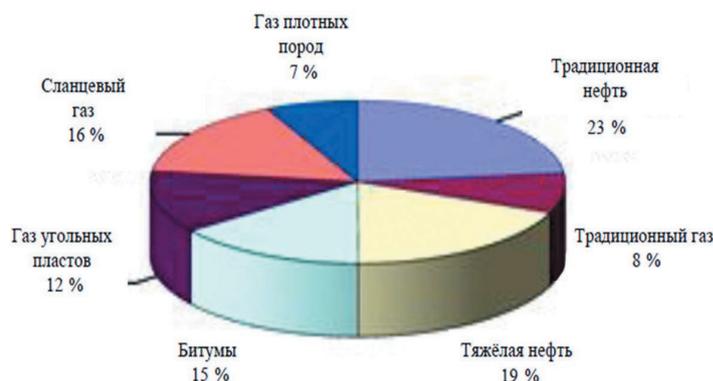


Рис. 1. Углеводородные ресурсы мира [10]

гетических потребностей. Вопрос состоит только в том, насколько трудно извлекать необходимые энергетические ресурсы из недр Земли.

Необходимо отметить, что традиционные ресурсы мира составляют менее трети всех ресурсов Земли. К тому же, кроме объемов запасов нетрадиционных углеводородов, очень важной характеристикой является их трудоёмкость извлечения [2, 12]. Так, проведённое ранжирование по сложности добычи полезных ископаемых (рис. 2) показало, что, безусловно, наиболее сложно добывать газовый гидрат, а

предпочтительное положение по сравнению с ним занимают газ в плотных породах, метан угольных пластов и сланцевый газ. Считают, что их менее трудно добывать, чем газовые гидраты. Вследствие этого добыча природного газа имеет высокую рентабельность, тогда как извлечение нетрадиционного газа является сложной технологической проблемой. Сдерживающим фактором увеличения объёмов разведки и добычи нетрадиционных газовых ресурсов являются большие затраты, а также сложность технологии извлечения из-за существующей

их низкой проницаемости в природной среде, что требует применения усложнённых технологий для увеличения трещинообразования залежи и, соответственно, её проницаемости для флюидов. Анализ “Энергетической стратегии Украины” [7] и других работ [16] показывает, что сегодня наиболее предпочтительными нетрадиционными ресурсами для освоения являются три главных источника нетрадиционного газа, а именно газ плотных пород, сланцевый газ и газ угольных пластов. На рис. 3 схематически отображены геологические условия сохранения таких газов в геологической среде [16].

### НЕТРАДИЦИОННЫЕ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ РЕСУРСЫ УКРАИНЫ

В последнее время большое внимание уделяют изучению нетрадиционных углеводородных ресурсов Украины, этому способствовала подготовка соглашений о распределении продукции сланцевых месторождений Юзовской и Олевской площадей между правительством Украины и международными компаниями Shell и Chevron [1, 3, 8]. Если ранее оценка прогнозных запасов нетрадиционных энергетических ресурсов в

Украине проводилась государственными компаниями, то в последнее время такие оценки были сделаны как компаниями Украины, так и зарубежными организациями. Результаты таких исследований отображены в табл. 1. Анализ материалов, изложенных в таблице, показывает, что наиболее взвешенные прогнозные оценки нетрадиционных углеводородных энергетических ресурсов сделаны в проекте обновлённой “Энергетической стратегии Украины” [4, 7] и организациями США. При этом организации США дают только данные о потенциальных нетрадиционных углеводородных ресурсах Украины, а также, как и другие зарубежные компании, не проводили оценку прогнозной добычи полезных ископаемых Украины в будущем. Это вызвано тем, что на необходимых площадях не выполнялось разведочное бурение, а проведенное поисковое бурение, что было сделано в СССР, не преследовало цель обнаружения и оценивания нетрадиционных углеводородных ископаемых из-за достаточного наличия в то время традиционных ископаемых газа и нефти.

Поскольку в табл. 1 имеется существенное расхождение в оценке между результатами разных оценщиков нетрадиционных углеводородных ресурсов, то нам пришлось ввести в эту таблицу дополнительную колонку со средними показателями оценки запасов нетрадиционных углеводородов, что позволило повысить в некоторой мере достоверность прогнозных оценок нетрадиционных углеводородных запасов Украины. В проекте обновлённой “Энергетической стратегии Украины” приведены оценки прогнозной добычи нетрадиционных запасов углеводородов в 2030 году, которые, как мы считаем, близки к действительности.

Для более точного их определения необходимы



Рис. 2. Сложность извлечения полезных ископаемых [12]:

в верхней вершине треугольника отображаются обычные коллекторы, которые легко разрабатываются и имеют небольшие запасы; остальную площадь треугольника занимают нетрадиционные коллекторы, которые тяжело разрабатываются и имеют большие запасы

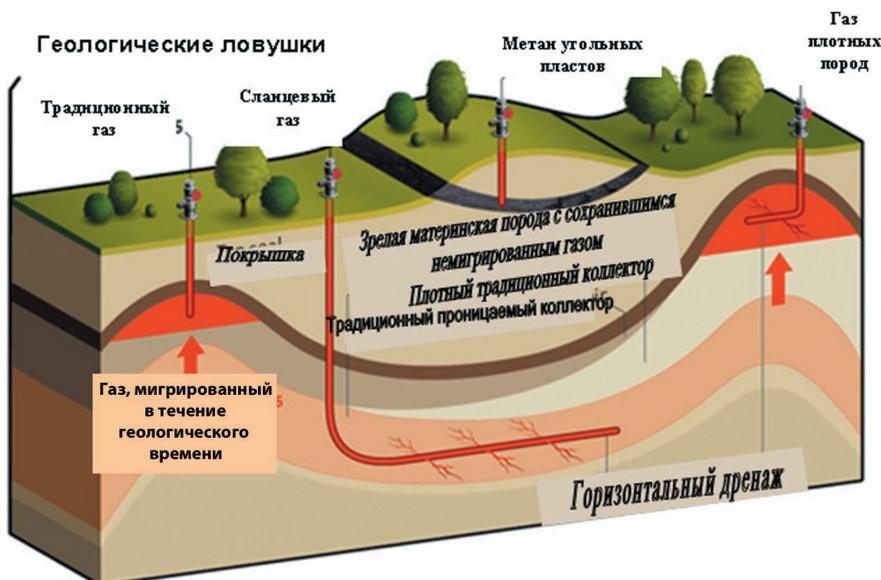


Рис. 3. Схематическое геологическое расположение основных нетрадиционных углеводородных ископаемых, применимое для Украины [16]

Таблиця 1. Потенціальні та прогнозні углеводородні ресурси України

Вид ресурса України	Тип углеводородного ресурса	Енергетична стратегія України до 2030 г. [7]	Управління енергетичною інформацією (США) [6]	МЭА (США) [6]	ІГН НАНУ [6]	ГП “Укрнаука-геоцентр” (заказчик Госгеонадра) [6]	IHS CERA (заказчик Госгеонадра) [6]	КНУ ім. Шевченка (заказчик НАК “Надра України”) [6]	Середній показател
Потенціальні ресурси України	Газ плотних порід, трлн м <sup>3</sup>	2–8	–	–	–	–	1,5–8,5	4–6	2,5–7,5
	Сланцевий газ, трлн м <sup>3</sup>	5–8	5,578	1,2	–	9,4	11,5*	13–17	8,23
	Метан углистих пластів, трлн м <sup>3</sup>	12–25	–	3	13	–	–	25,4	7,5–16,8
Прогнозна добыча в 2030 г.	Газ плотних порід, млрд м <sup>3</sup>	7–9	–	–	–	–	300**	–	–
	Сланцевий газ, млрд м <sup>3</sup>	6–11	–	–	–	–	–	–	–
	Метан углистих пластів, млрд м <sup>3</sup>	2–4	–	–	–	–	–	–	–

\* – спільні дані для сланцевого газу та метану углистих пластів (дані не враховані для середнього показателя);

\*\* – технічно вилучувані запаси (приведені в млн м<sup>3</sup>)

перші результати добычі таких іскопаємих. Етому сприяє запущений в Україні спільно компаніями Shell та ДК “Укргазвидобування” НАК “Нафтогаз України” проєкт по добычі нетрадиційного газу (газу в ущільнених породах) шляхом буріння скважини Белявська-400 [3], яка розташована недалеко від с. Весіле Первомайського району Харківської області. Це дозволяє надіятися, що в найближче час буде отримано дуже важливу геологічну інформацію про газ в ущільнених породах в Східному регіоні України.

### РОЛЬ ГЕОФІЗИКИ В ОСВОЄННІ НЕТРАДИЦІЙНИХ РЕСУРСІВ

В останнє час освоєння нетрадиційних ресурсів досягло нового рівня при значному збільшенні масштабів виробництва во багатьох країнах світу. Для ефективного пошуку, розробки та виробництва нетрадиційних ресурсів потребують міждисциплінарні зусилля з новими технологіями та новим способом мислення.

Спочатку етапу освоєння нетрадиційних ресурсів геофізика грає важливу роль в оцінці нафтогазових комплексів порід, параметрів пластів, буріння, закінчення скважин та добычі угле-

водородів. Тем не менш ефективність використання геофізических технологій змінюється та по-прежнему стикається з багатьма проблемами, серед яких основними є: освоєння нових сучасних технологій для оцінки нафтогазових комплексів порід; визначення характеристик колекторів та “яскравого пляма”; буріння та закінчення скважин; розуміння та надання інформації про цілісність стовпа скважини, колекторів, а також про практику охорони навколишнього середовища (HSE).

Можливо зробити висновок, що геофізика – це засіб технічного бачення процесів в надрі з допомогою дослідження як характеристик параметрів гірських порід, так і відбуваючих фізических та технологіческих процесів при ініціалізації та виробстві добычі іскопаємих, а також забезпечення безпечних умов вилучення іскопаємих. Головною задачею наукових досліджень в освоєнні нетрадиційних углеводородних ресурсів України є визначення сучасного стану технологій, оцінка потенціалу геолого-геофізическої інформації на основі аналізу загальних проблем та рішень для створення новітніх технологій розвідки та розробки традиційних углеводородних ресурсів.

Серед геофізических методів досліджень нетрадиційних ресурсів провідну роль займають петрофізическі та сейсміческі дослідження. Відомо, що нетрадиційні колектори переважно є гетерогенними, тобто, к сожалению, не завжди чітко зображують традиційну сейсміку та потребують спеціальних методів для оцінки їх характеристик [10].

Наприклад, для системи утворення тріщин навколо дуже продуктивної газової скважини в ущільнених газових породах колектори використовують метод **AVAZ (Amplitude Variation with Offset and Azimuth – аналіз амплітуди в залежності від відстані та азимута)**. Для системи тріщиноутворення в газових колекторах плотних порід часто формують вертикальні накоплення при бурінні вертикальних скважин.

**Метод AVO (Amplitude Versus Offset – залежність амплітуди від відстані)**. Упродовж анізотропії, широко відома як властивість, притаманна осадовим формаціям, має сильне вплив на швидкості поширення сейсміческих хвиль та їх амплітуди. Наприклад, різниця між швидкістю сумарною та вертикальною швидкістю в анізотропній середі є причиною невідповідності між розподілом в часі важливим етапом в поширенні методів обробки сейсміческих даних на анізотропних середі є ідентифікація та отримання параметрів середі, які відповідають за вимірювану сигнатуру відбитого сигналу. Цей метод може бути використаний для оцінки геомеханіческих властивостей, передбачення літології та характеристик колекторів. В сейсміческій інтерпретації або моделюванні метод дозволяє передбачувати типи гірських порід та флюїдів. Немає ніякого сумніву, що Р-хвилі “бачать” розриви та тріщини [13]. Вертикально поширюючіся Р-хвилі, як правило, не дуже чутливі до вертикальних тріщин. Однак якщо їх інтенсивність збільшити, то природно індукований розрив може викликати анізотропію швидкості при азимутах источніка – приймача, паралельних до простягання тріщин, тоді можна побачити їх, в той час як при азимутах источніка – приймача, перпендикулярних до тріщин, вони можуть бути помітні завдяки уповільненню хвиль. Так тріщини впливають на Р-хвилі, так і на S-хвилі, тому азимутальні варіації в AVO можуть бути

причиною невідповідності між розподілом в часі важливим етапом в поширенні методів обробки сейсміческих даних на анізотропних середі є ідентифікація та отримання параметрів середі, які відповідають за вимірювану сигнатуру відбитого сигналу. Цей метод може бути використаний для оцінки геомеханіческих властивостей, передбачення літології та характеристик колекторів. В сейсміческій інтерпретації або моделюванні метод дозволяє передбачувати типи гірських порід та флюїдів. Немає ніякого сумніву, що Р-хвилі “бачать” розриви та тріщини [13]. Вертикально поширюючіся Р-хвилі, як правило, не дуже чутливі до вертикальних тріщин. Однак якщо їх інтенсивність збільшити, то природно індукований розрив може викликати анізотропію швидкості при азимутах источніка – приймача, паралельних до простягання тріщин, тоді можна побачити їх, в той час як при азимутах источніка – приймача, перпендикулярних до тріщин, вони можуть бути помітні завдяки уповільненню хвиль. Так тріщини впливають на Р-хвилі, так і на S-хвилі, тому азимутальні варіації в AVO можуть бути

мощным инструментом для выявления трещин и определения содержания жидкости в них (рис. 4).

**Fracture characterization – характеристики трещин.** Трещины вызывают значительные изменения в 3D сейсмических данных, которые наблюдаются через изменения сейсмических амплитуд (AVAZ) и скоростей (VVAZ – velocity variations with angle and azimuth – изменение

скорости от угла и азимута). Данная характеристика отображает сейсмическую азимутальную анизотропию. Применение физических принципов горных пород важно при картировании физических свойств коллектора из сейсмических данных. Разломы и трещины [13]:

- уменьшают скорости P- и S-волн;
- увеличивают дисперсию скорости и поглощение волн;

- увеличивают зависимость скорости от давления;
- увеличивают анизотропию скорости и затухания;
- увеличивают потенциал анизотропии для индуцированного напряжения.

Стратегия для обнаружения трещин состоит в использовании многих различий сейсмических сигналов трещин, когда их направление распространения или их направление поляризации перпендикулярно или почти перпендикулярно к поверхностям трещин.

Известно, что поперечные волны расщепления играют очень важную роль в оценке анизотропии горных пород. Общие цели для бурения залежей имеют в местах расположения трещин с примерно вертикальными и субпараллельными трещинами. Вертикально распространяющиеся поперечные волны, которые поляризованы к плоскостям трещин, могут распространяться быстрее, чем поперечные волны, поляризованные перпендикулярно плоскостям трещин. Любая вертикально распространяющаяся попе-

речная волна с произвольной поляризацией, падающая на среду, может сразу расщепиться на две волны, называемые быстрой поперечной волной и медленной поперечной волной. Это расщепление поперечных волн называется ещё двухлучепреломлением. На рис. 5 приведены примеры расщепления поперечной волны различной поляризации. Различие времени распространения между быстрой и медленной волной прихода может быть индикатором уровня анизотропии (нижний левый) и плотности трещин (нижний правый) [13].

**Orthorhombic PSTM (Orthorhombic Prestack Time Migration – орторомбическое временное миграционное преобразование до суммирования).** Орторомбическое скоростное моделирование обеспечивает улучшенную временную миграцию до суммирования ниже трещиноватых покрывающих пород на основе использования AVO и AVAZ анализа.

**Multicomponent – многокомпонентность.** Многокомпонентное измерение может быть использовано для анализа напряжений, трещиноватости и предсказания литологии.

**Pore Pressure Prediction – прогнозирование порового давления.** Метод позволяет оценить поровое давление и градиенты трещинообразования, устанавливать литологию в зависимости от физической модели горных пород, выявлять потенциальные опасности бурению и улучшить позиционирование скважины.

**Stress Estimation – оценка напряжённого состояния.** Данная оценка показывает пространственное изменение напряжений горного массива, которое имеет важное значение при разработке месторождения, например, напряжения, которые вызывает смыкание трещин в породе, при этом такие явления наблюдаются на расстоянии более 1,5 км от горизонтальной скважины.

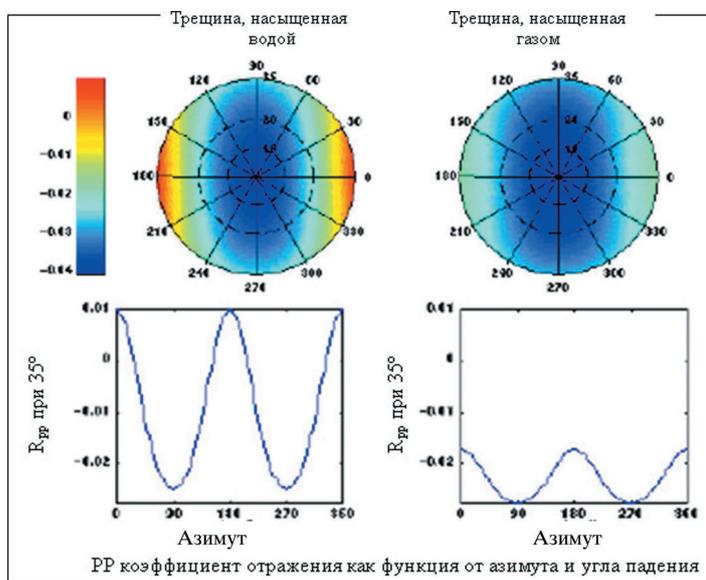


Рис. 4. Изображение результатов оценки насыщения водой и газом трещин с помощью отражения P-P-волн в зависимости от азимута и угла падения [13]

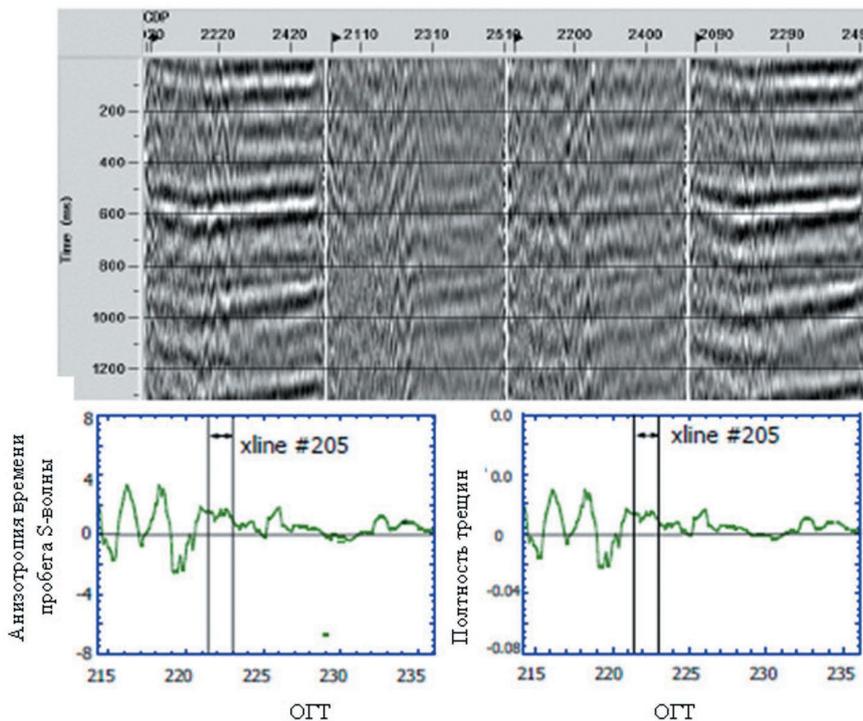


Рис. 5. Анизотропия времени пробега S-волны и плотности трещин [13]

**Geomechanics – геомеханіка.** Данный метод обеспечивает мониторинг изменения давления и напряжений и указывает потенциальные опасности буровой скважине.

**4D Seismic – 4D сейсмика.** Данная сейсмика может быть

использована для мониторинга, разных эффектов во время добычи. Миграция инъекции пара через коллектор может постоянно контролироваться в режиме реального времени.

Наведенные табл. 2 и 3 дают более нагляд-

но информацию про возможности использования разных методов сейсмики при определении геологических характеристик горных пород нетрадиционных углеводородных ресурсов [15].

Изложенные методы использованы для исследования изменения в свойствах P- и S-волн, которые могут быть использованы для представления ценной информации, такой как прочность пород и напряжённое состояние. Это позволяет выявить лучшие цели для гидравлического разрыва пласта, а также установить обычные атрибуты, такие как текучесть, пористость, плотность литологии и т. д. Предложенные комплексные решения помогают планировать разработки нетрадиционных месторождений.

Важную роль в изучении месторождений метана угольных пластов играет сейсмическая инверсия, с помощью которой возможно успешно выявлять зоны как угля, так и сланца, используя уровень акустического импеданса. Это позволит также более успешно закладывать гидравлический разрыв пласта (ГРП) в наиболее продуктивных зонах (см. рис. 6).

На рис. 7 и 8 продемонстрирована возможность поиска газовых гидратов с помощью сейсмических и каротажных исследований. Здесь показано, что для поиска газового гидрата нужны многокомпонентные исследо-

**Таблица 2. Взаимоотношение между геологическими/технологическими и сейсмическими свойствами**

Геологическое свойство	Сейсмическое свойство
Структурная характеристика коллектора Определение образования разломов как опасности Определение разрывной тектоники	Детальное 3D объёмное изображение
Геологические характеристики, потенциал трещинообразования	Детальные атрибуты, извлеченные из отражающих горизонтов 3D данных объекта исследования
Геологические характеристики: – литология (содержание кремния) – газонасыщенность – разрываемость породы	Коэффициент Пуассона из $V_p/V_s$
Трещинообразование (кливаж) при метане угольных пластов	Анизотропия при горизонтально-поперечной изотропии (HTI) пластов для P-P & P-SV данных или с управляемым источником сейсмических данных 9C
Вертикальное трещинообразование в плотных газовых песках или сланцах	Анизотропия при горизонтально-поперечной изотропии (HTI) пластов для P-P и P-SV широкоазимутальных данных
Сланцевые (ресурсные) характеристики Сланцеватость (содержание глины, источник/изоляционные параметры) Общий органический углерод (ТОС) в ресурсах сланцев	Анизотропия при трансверсальной изотропии с вертикальной осью симметрии (VTI) пластов для P-P и P-SV данных
Газ/жидкость свойства Условия трещинного напряжения	Параметры трещин из моделирования/инверсии для соотношения ширины и высоты, концентрации трещин из 3C широкоазимутальных данных
Плотность	Зависимость амплитуды отражения от удаления (AVO) P-P и P-SV данных
Мониторинг результатов проведения гидроразрыва пласта (ГРП)	Микросейсмика
Мониторинг нагнетания пара в пласт	Периодические наземные и скважинные сейсмические наблюдения

**Таблица 3. Основные геологические/технологические задачи и требуемые сейсмические методы**

Тип сейсмических данных	Применение	Тип нетрадиционных ресурсов	Необходимая сейсмика
3D структурные изображения	Структурная интерпретация	Все	Высококачественная 3D P-волновая сейсмика
Атрибуты горизонта	Трещиноватость	Метан угольных пластов Газ плотных пород Сланцевые ресурсы	Высококачественная 3D P-волновая сейсмика
Данные многокомпонентной сейсмики	Характеристика сланца Оценка трещиноватости, кливажа, литологии Насыщенность газом трещин пород	Метан угольных пластов Газ плотных пород Сланцевые ресурсы	3D (широкоазимутальная) 3C сейсмика Анализ для $V_p/V_s$ , горизонтальной поперечной изотропии и трансверсальной изотропии с вертикальной осью симметрии 9C данные для характеристики кливажа
Микросейсмика	Мониторинг трещин	Сланцевые ресурсы	Пассивный мониторинг с приемниками, расположенными вокруг скважины
Периодические наблюдения 3D (4D)	Мониторинг добычи ископаемых	Тяжелая нефть Газ в плотных породах	Данные высококачественных 3D P-волновых периодических наблюдений
Вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП)	Привязка отражений P- и S-волн для детальных изображений вблизи скважины	Метан угольных пластов Сланцевые ресурсы Газ плотных песков Газовые гидраты	Высококачественные многокомпонентные данные
Межскважинная томография	Мониторинг добычи ископаемых	Тяжелая нефть Газ в плотных породах Метан угольных пластов	Пробуренные скважины и скважинные источники и приемники

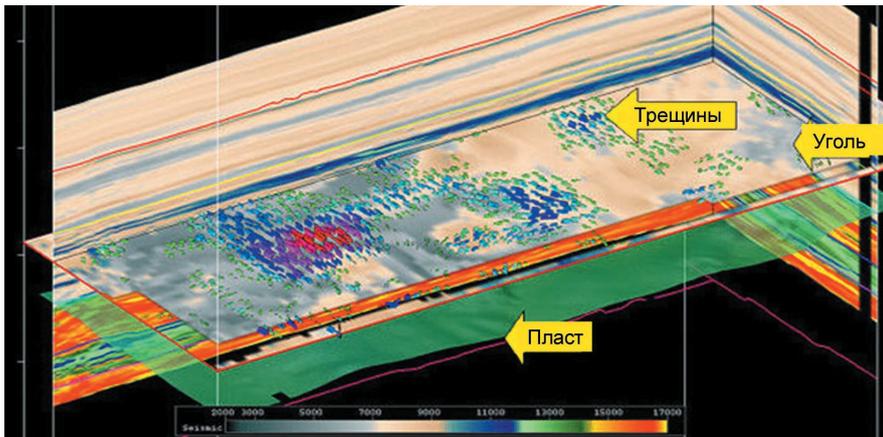
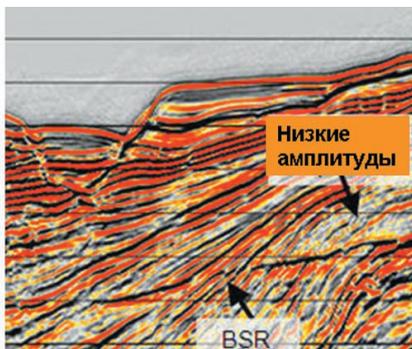


Рис. 6. Отображение вероятных зон лучшего ГРП по данным сеймики для метана угольных пластов [10]



BSR-отражения от дна как главный индикатор морского метанового гидрата

Рис. 8. Поиски газовых гидратов [10] с помощью сейсмического метода отраженных волн от дна моря

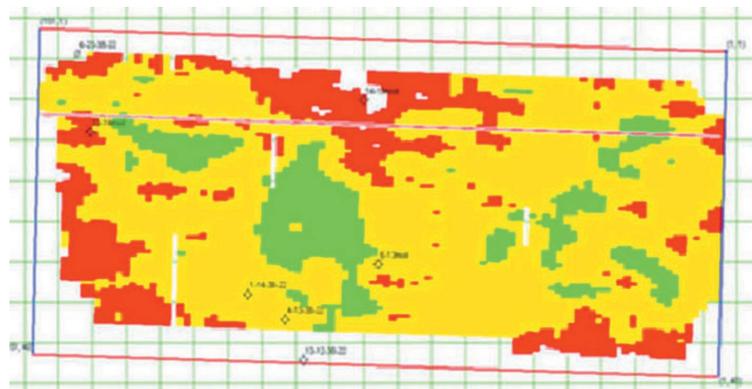


Рис. 9. Отображение вероятных зон лучшего ГРП по данным сеймики для сланцевого газа [10]:

зелёный – зоны, где может формироваться система трещин; красный – зоны, где породы более эластичны (вязкие); жёлтый – зоны, где будут проходить трещины в одну линию [2]

вания с помощью каротажа или сеймики. Считаем, что создаваемый УкрГГРИ дифференциально-дипольный сейсмический комплекс (ДД ВСП) будет позволять более успешно проводить исследования, в частности с большей производительностью и качеством (пат. UA 97547).

На рис.9 также продемонстрирована возможность выявления с помощью многокомпонентной сеймики зон активного трещинообразования, то есть вероятных зон лучшего закладывания ГРП при разработке сланцевого газа. Более подробно освещены проблемы поиска, разведки и разработки сланцевого газа в работе авторов [2], а также в работе [5] НАК "Нафтогаз Украины". В работах [2, 5, 10] детально изложена роль новых геофизических технологий для разведки и

разработки сланцевого газа, которые возможно успешно применять и для других видов нетрадиционных углеводородных ископаемых.

#### ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ГАЗА В ПЛОТНЫХ ПОРОДАХ

Усилия технологий направлены на лучшее понимание характеристик и параметров газовых коллекторов в плотных породах, разработку основных инженерных подходов, необходимых для значительного увеличения добычи этого энергетического ресурса. В последнем десятилетии новые технологии успешно как разрабатывались, так и внедрялись в производство в разных странах, в том числе имеющих значительный углеводородный потенциал [11, 12, 14]. На сегодняшний день анализ используемых технологий для газа в плотных породах позволил уста-

новить, что наиболее востребованными являются такие технологии, как направленное бурение, гидравлический разрыв пласта, в том числе многостадийный, разные модификации сейсморазведки, каротажно-петрофизическое исследование. Остановимся более подробно на приведенных выше технологиях.

#### Сейсмические технологии для газа в плотных породах

Новые сейсмические технологии для газа плотных коллекторов повышают способность точно обнаруживать наиболее перспективные объекты для бурения ("яркое пятно"). Можно выделить следующие сейсмические методы для обнаружения "ярких пятен" в газовых плотных породах:

- периодический многокомпонентный мониторинг падения давления разрабаты-

ваемого газа в плотных породах может использоваться для увеличения эффективности извлечения газа;

- широкоазимутальная сейсморазведка и современные методы обработки, что позволяет видеть коллекторы более четко и выбирать лучшие места для бурения и выявлять трещины;

- 3D мультиазимутальная сейсмическая съемка для оценки характеристик анизотропии;

- микросейсмическое картирование трещин и после диагностика трещин.

Для полноценного изучения геологической среды необходимо проводить её исследование как на микроуровне, так и на макроуровне. На рис. 10 и 11 показаны электронно-микроскопические изображения песчаника в разных масштабах

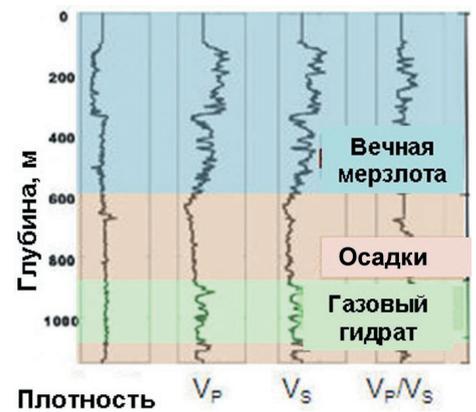
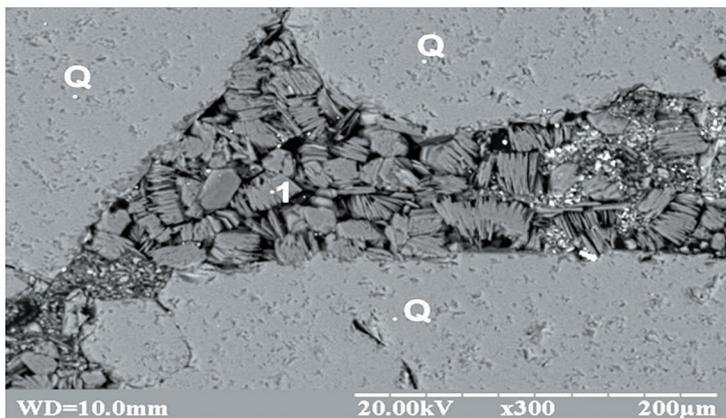


Рис. 7. Поиски газовых гидратов [10] с помощью акустического каротажа

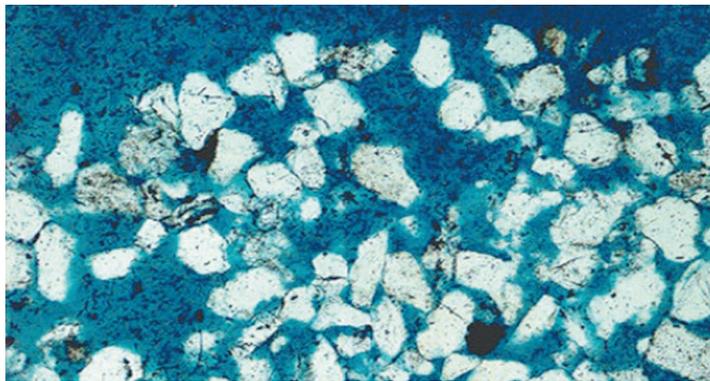


**Рис. 10. Электронно-микроскопическое изображение песчаника (увеличение 300 крат):**

1 – глинистый минерал, заполняющий поры; Q – зёрна кварца  
Источник: лаборатория прецизионных аналитических исследований УкрГГРИ (О. В. Ковтун).

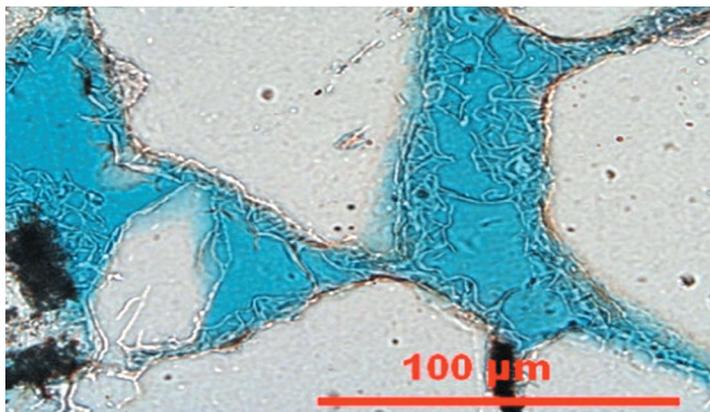
(работы выполнены в лаборатории прецизионных аналитических исследований УкрГГРИ). Из данных рисунков следует, что микропоры заполняются глинистыми минералами, которые закупоривают каналы прохождения флюидов. В этой же лаборатории УкрГГРИ также проведены электронно-микроскопические ис-

следования при изучении образцов пород с месторождений сланцевого газа, метана угольных пластов и газа в плотных породах в Украине, что позволило получить важную геологическую информацию. Нам известно, что подобные исследования проведены в США [12] и за результатами они очень близки к нашим для газа в



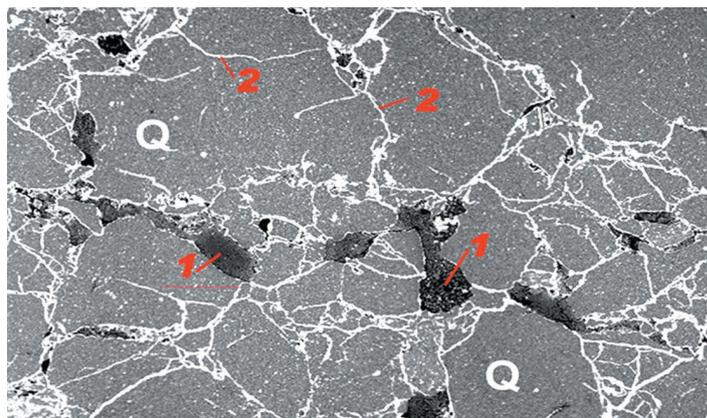
**Рис. 12. Тонкий шлиф традиционного песчаника [12]**

Шлиф прозрачный для микроскопии в проходящем свете.



**Рис. 14. Тонкий шлиф песчаника [12]**

Шлиф прозрачный для микроскопии в проходящем свете.



**Рис. 11. Электронно-микроскопическое изображение песчаника (увеличение 100 крат):**

1 – микропоры, заполненные глинистыми минералами; 2 – микропоры; Q – зёрна кварца

Источник: лаборатория прецизионных аналитических исследований УкрГГРИ (О. В. Ковтун).

плотных породах (см. рис. 12, 13, 14, 15). На данных рисунках видно, что тонкие срезы обеспечивают очень чистую картину связей между осадочными зёрнами, минералами цемента и диагенезом минералов глины. Таким образом, петрографические исследования обогащают нас очень ценной информа-

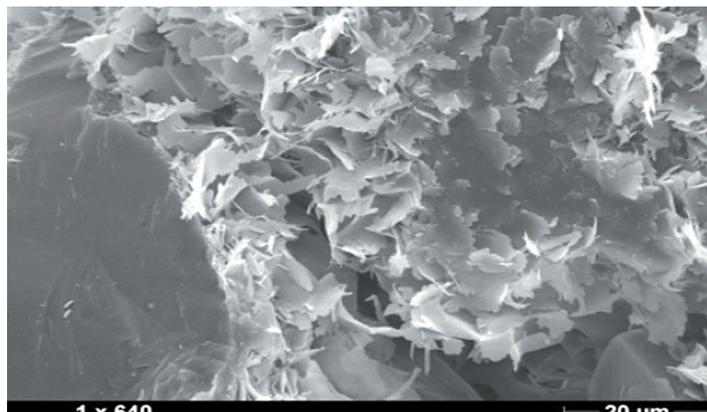
цией о породах нетрадиционных углеводородных месторождений. При этом на рис. 12 и 13 видно хорошее различие между обычными и плотными песчаниками, что позволяет петрографические данные использовать для поиска газа в плотных породах.

На рис. 16 представлен ал-



**Рис. 13. Тонкий шлиф плотного песчаника [12]**

Шлиф прозрачный для микроскопии в проходящем свете.



**Рис. 15. Образец песчаника [12]**

Изображение получено электронным микроскопом.

горитм методики поиска газа в плотных породах, основанный на применении сейсмических и каротажных исследований. Данный алгоритм позволяет выполнять полноценную сейсмическую инверсию. Приведенный алгоритм может обеспечить высокую надежность выявления газа в плотных породах [12]. Согласно этого алгоритма обработка в основном сосредоточивается на анализе накопленной многоазимутальной анизотропии с последующим анализом до суммирования амплитудных вариаций с выносом (AVO). Обработанные данные сейсмических атрибутов интерпретируются для идентификации ожидаемых перспектив для промышленного производства газа. Это может проверяться с помощью соотношений между сейсмическими атрибутами и измеренными свойствами коллектора, такими как содержание глины, а также плотности трещин и интерпретации скважинной диаграммы наклонометрии.

#### Технология определения параметров пласта

Чтобы правильно выполнить завершение, обработку трещин и получить добычу газа с плотных пород, каждый слой продуктивной зоны и образования выше и ниже продуктивной зоны следует тщательно обследовать. Наиболее важные свойства, которые должны быть исследованы, – это мощность продуктивной зоны, насыщение воды, пористость, проницаемость, давление на месте, модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Необработанные данные, которые используются для оценки значений этих важных параметров, получают из каротажа, кернов, скважинного тестирования, данных разведочного бурения и добычи из соседних скважин. Целью оценки параметров пласта является выяснение – возможно ли промышленное извлечение углеводородов,



Рис. 16. Алгоритм методики поиска газа в плотных песчаниках [12]

определение лучших средств для их добычи и получение литологии и другой информации о характеристиках пласта для использования в дальнейшей разведке и разработке. Поскольку плотные газовые коллекторы, как правило, низкопористые, то важность детального каротажного исследования имеет определяющее значение для понимания коллектора. Предварительная обработка данных каротажа и подробный петрофизический анализ всех не обсаженных скважин очень важен при анализе плотных газовых коллекторов. Оценка пласта начинается и распространяется на разработку и оптимизацию добычи. Сегодня на первый план выходит задача определения параметров пласта в процессе бурения, поскольку оперативность получения геологической информации приобретает решающее значение.

#### Технология каротажа

В настоящее время ведущую роль в каротажных исследованиях занимает регистрация ядерного магнитного резонанса. Открытая пористость для скважинных приборов, имеющих прижимной башмак, при связи с размытой и шероховатой скважиной вносит существенные погрешности в измерения плотности, неглубокой резистометрии и ядерного магнитного резонан-

са (ЯМР). Прибор каротажа в процессе бурения (КПБ) может реализовывать функции тестера пласта. Он позволяет получать в реальном времени измерения порового давления с точностью, сравнимой с проводным тестером пласта. С его помощью можно получить в режиме реального времени градиенты жидкости и подвижность флюида (индикатор проницаемости/вязкости), а также определить флюидные контактные точки. Трещиноватые и плотные газовые коллектора требуют очень тщательного петрофизического анализа для того, чтобы избежать серьезных невыявленных резервов.

#### Тестирование пластов

Низкая проницаемость этих коллекторов замедляет их реакцию, чтобы оказать давление при кратковременном тестировании, так что трудно получить динамические свойства пласта и, следовательно, характеристики запасов газа. Получение надежных и точных пластовых давлений породы является сложной задачей, но это может помочь определить область дренажа и установить места скважин для плотных газовых коллекторов.

#### Технология бурения

Технологию бурения скважин плотных газовых коллекторов выбирают из обширного набора технологий, уже став-

ших доступными благодаря традиционной нефтяной и газовой промышленности. Однако имеются некоторые трудности, с которыми сталкиваемся с непосредственного применения на плотных газовых коллекторах. Сегодня бурение является безопаснее, осуществляется с меньшим ущербом коллектору и меньшим воздействием на окружающую среду, при этом улучшена мобилизация буровой установки и бурение проводят с меньшим поворотным временем.

Буровые применения в плотных газовых коллекторах следующие:

- *буровое долото* – это новая генерация долот типа “PDC” с поликристаллическими алмазными вставками, которые повышают скорость бурения;

- *обнаруживать наиболее продуктивные зоны* в режиме реального времени в процессе бурения, что позволяет управлять буровым долотом к наиболее продуктивным зонам;

- *направленное бурение* позволяет изменять наклон и ориентацию бурового долота для того, чтобы максимально увеличить характеристику продуктивности за счёт оптимизации способности вхождения в пласт и большего пересечения трещин, также включает возможности использования новых моделей буровых;

- *многоствольные технологии бурения* позволяют пробурить несколько скважин из одной скважины с помощью бурения многолатеральных скважин от исходной поверхности скважины, что позволяет использовать новые схемы бурения;

- *бурение на депрессии* получают, когда давление бурового раствора остается ниже, чем пластовое давление, тем самым предотвращается инвазивное повреждение пласта и связанный с ним риск засорения;

- *горизонтальное бурение* обеспечивает большую пло-

щадь дренажа на скважину, уменьшает количество скважин для дренажа в скважину и позволяет воспользоваться сильнонеоднородными или слоистыми пластами и обеспечивает высокую производительность;

- *технологии скважин малого диаметра* позволяют сократить расходы, так как маленькие отверстия требуют меньших материальных затрат;
- *колтюбинговое бурение* позволяет увеличить скорость проходки и улучшает прочность, быстрое время срабатывания при спуске в скважину и подъеме из скважины, потому что нет никакой необходимости, чтобы отключать или прикреплять секции бурильной колонны, буровые НКТ маленькие и легкие, площадь хранения оборудования небольшая, что позволяет выполнять быстрые буровые ходы.

#### **Технология завершения и стимулирования**

Завершение скважин состоит из тестирования, настройки и цементирование эксплуатационной колонны, стимуляции и установки труб и скважинного технологического оборудования. Нетрадиционные скважины проходят проверку измерения пластового давления, чтобы определить, какой тип стимуляции требуется. Из-за сложной динамики на месторождении в этих коллекторах стимуляция является важной частью производства газа из нетрадиционных источников.

*Стимуляция приложения для газа в плотных коллекторах:*

- стимулирование гидравлического разрыва повышает производительность скважины из резервуара плотного газа, потому что длинные пути проводящих разрывов увеличивают поток природного газа, принимаемый в ствол скважины;
- многоступенчатые ГРП могут увеличить производство газа;
- ГРП горизонтальных

скважин является еще более привлекательным, чем многосторонние завершения, особенно в плотных мощных образованиях. Это увеличит скорость производства в 2–3 раза от скорости вертикальной скважины [2];

- разработаны новые жидкости разрыва, которые являются мощными, легкими и не повреждают резервуар как на водной основе (гелий и реагент на водной основе для снижения поверхностного натяжения) и на основе газовых растворов, таких как азот и  $\text{CO}_2$ ;

- используют сферический проппант (расклинивающий агент), который производит больше пористости и проницаемости, чем проппант с неправильной формой и размером частиц песка, и его идея использования основана на том, что как только проппант помещается в трещину, задача заключается в том, чтобы его оставить в этой трещине, что позволяет держать путь открытым для течения газа по направлению к стволу скважины;

- методика стимуляции низкого давления используется для снижения пластового давления (при обезвоживании зоны, свободной от газа);

- микросейсмический мониторинг используется для измерения азимута, длины и ширины трещин ГРП, таким образом, обеспечивают схему съемки характеристик разломов.

#### **Применения завершения для газа в плотных коллекторах включают:**

- оборудование и электронные датчики, которые могут выдерживать высокую температуру и режимы давления;
- возможность расширения трубы для увеличения производственного призабойного оборудования без добавления количества обсадных колонн;
- технологию “Умная скважина” для обеспечения мультizonального завершения и управления, что пре-

дотвращает дорогую будущую интервенцию;

- принципы использования пропеллента (топлива для реактивного двигателя)/перфорации: вариант, который обещает лучшие результаты в том, чтобы использовать новое топливо для перфорационных методов воздействия. Газ-вытеснитель представляет собой сочетание окислителя и топлива, что позволяет быстро сгорать при воспламенении и генерировать большие объемы продуктов сгорания высокого давления. Сжигание ракетного топлива (пропеллента) производит нагрузочное давление на формирование, которое является ниже устойчивости к деформации при сжатии породы формирования. Ввиду того, что давление увеличивается, энергия деформации накапливается в матрице горной породы, пока кольцевое напряжение, окружающее ствол скважины, превысит прочность породы и образуется трещина;

- корпусную конвейерную перфорационную систему (CCPS), которая произвела революцию операций мультizonального гидроразрыва. CCPS облегчает точечную стимуляцию в нескольких интервалах месторождения в течение относительно короткого времени и улучшает качество стимуляции, добычи углеводородов и экономику скважины;

- новые системы вспомогательной пропеллентной перфорации улучшают не только проникновение в плотном образовании, а также очищают за собой каналы перфорации, в сущности стимулируя область вблизи ствола скважины. Это уменьшает мощность, необходимую для последующих операций гидроразрыва.

**Другие целевые технологии:**

- петрофизика является одной из важнейших технологий, необходимых для понимания низкопроницаемых коллекторов;

- геомеханика и подземное понимание является кри-

тически важным компонентом в понимании природы образования. Все компании признают необходимость использования геомеханики для оценки:

- природных моделей трещинообразования;
- проницаемости, в том числе амплитуды и направления;
- распределения естественных трещин;
- изменения проницаемости с истощением.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведенными исследованиями установлено, что горные породы коллекторов нетрадиционных углеводородов претерпевают значительные изменения в физико-механических характеристиках и параметрах, вследствие этого важную роль в прогнозировании запасов могут сыграть многокомпонентные и трёхмерные (3D) сейсмические исследования, так как это позволит получать не только структурные построения геологической среды, а также изучать на месте её физико-механические параметры и характеристики, которые не доступны в полномасштабном размере другими методами.

В настоящее время, благодаря сейсмическим исследованиям, возможно эффективно выделять наиболее перспективные объекты для заложения новых буровых скважин на месторождении или “продуктивные пластовые зоны” нетрадиционных углеводородов, а также проводить мониторинг трещинообразования в горном массиве, что позволяет оптимизировать места бурения скважин и повысить эффективность проведения стимуляции пласта для интенсификации притока нетрадиционных углеводородов.

Развитие перспективных геофизических технологий для поиска, разведки, разработки и добычи нетрадиционных углеводородов должно проходить по следующим направлениям:

– переход на более широкое применение многокомпонентного возбуждения и регистрации сейсмических волн, что позволит более эффективно оценить физико-механические свойства горных пород, анизотропию и процессы трещинообразования в горных породах коллектора;

– детектирование и идентификация в реальном времени наиболее перспективных объектов для заложения новых буровых скважин;

– современное моделирование коллекторов нетрадиционных углеводородов включает: изучение трещинообразования; построение высокоточных полных 3D моделей коллектора, учитывающее изменения в коллекторе в процессе его эксплуатации; при этом современные модели коллекторов, основанные на новых подходах, учитывают высокоточное геологическое построение коллектора, заложение горизонтальных скважин и воздействие на геологическую среду для эффективной интенсификации извлечения ресурсов.

Анализ нетрадиционных углеводородных ресурсов Украины показывает, что ресурсы газа в плотных породах, сланцевого газа и метана угольных пластов являются наиболее перспективными углеводородными ресурсами для освоения.

Украина имеет уникальную возможность осуществить энергетическую революцию, освоив добычу нетрадиционных углеводородных ресурсов энергии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Газодобыча в Украине – 2012//Energy. Нефть & Газ, № 8/9, 2012. С. 44–51.

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

3. В Украине запущен проект по нетрадиционному газу//Energy. Нефть & Газ, № 8/9, 2012. С. 28–30.

4. Иванченко Роман. Де живе український газ. Інтерфакс-Україна, 4 березня 2013 р.

[http://economics.lb.ua/state/2013/03/04/191478\\_de\\_zhive\\_ukrainskiy\\_gas.html](http://economics.lb.ua/state/2013/03/04/191478_de_zhive_ukrainskiy_gas.html)

5. Касянчук С. В., Мельник Л. П., Кіндрат О. Р. Особливості розробки покладів нетрадиційного газу//Нафтогазова галузь України, 2013, № 2. С. 38–43.

6. Науковці оцінили прогнозні обсяги нетрадиційних ресурсів//Українська енергетика. 2013. 4 с. <http://www.er.energy.gov.ua/doc.plp?f=2582>

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

8. Ормоладзе Маргарита. Голова Shell в Україні Грехем Тайлі: У розробці проектів з видобутку нетрадиційного газу ми хочемо бути партнером, якому Україна віддає перевагу//Тиждень, 22 березня 2013 р.

9. Bai Mingxing, Pan Xiaohua, Wang Lingyi, Sun Xue, Petersen Renkle. Oil and Expertise for Gas Shale Fracturing//International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS. 2012. Vol. 12. No 4. P. 76–81.

10. CGGVeritas. What are Unconventional Resources? <http://www.cggveritas.com/default.aspx?cid=3501&lang=1>

11. Davis Thomas L., Benson Robert D. Tights-gas seismic monitoring, Rulson Field, Colorado//TLE, April 2009. Vol. 28. No 4. P. 408–411.

12. Naik G. C. Tight Gas Reservoirs – An Unconventional Natural Energy Source for the Future. <http://pinedaleonline.com/socio-economic/pdfs/tights-gas.pdf>, sit-ed: August 23rd 2010

13. Seismic Fracture Detection. Exploiting the Range of Seismic Signatures. Using Rock Physics Principles. [http://www.rocksolidimages.com/pdf/seismic\\_fracture\\_detection.pdf](http://www.rocksolidimages.com/pdf/seismic_fracture_detection.pdf)

14. Shehata Ahmed, Aly Ahmed, Ramsey Lee. Overview of Tight Gas Field Development in the Middle East and North Africa Region. [http://www.saudiArabiaOilandGas.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=55%3Aoverview-of-tight-gas-field-development-in-the-middle-east-and-north-africa-region-issue-13&catid=43%3Acurrent-issue&Itemid=55&limitstart=8](http://www.saudiArabiaOilandGas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=55%3Aoverview-of-tight-gas-field-development-in-the-middle-east-and-north-africa-region-issue-13&catid=43%3Acurrent-issue&Itemid=55&limitstart=8)

15. Tatham Robert H. Seismic Applications in the Exploration for and Development and Production of Unconventional Hydrocarbon Resources (An overview)//GEOHORIZONS, January 2012. P. 5–12.

16. Total, 2006. Three Main Sources of Unconventional Gas. <http://total.com/en/energies-expertise/oil-gas/exploration-production/strategic-sectors/unconventional-gas/presentation/specific-fields>

Рукопис отримано 23.10.2013.

УДК [553.98.041](477.52/.6)

**М. І. ЄВДОЩУК**, д-р геол. наук, завідувач відділу геології вугільних родовищ (Інститут геологічних наук НАН України),

**В. П. СТРИЖАК**, канд. геол. наук, завідувач Відділення надрокористування та ресурсів вуглеводнів Центру нафтогазогеологічних досліджень,

**А. П. ЗІЦЬ**, заступник завідувача Відділення надрокористування та ресурсів вуглеводнів Центру нафтогазогеологічних досліджень,

**Л. М. ВАСІЛІНЕНКО**, молодший науковий співробітник відділу запасів та ресурсів вуглеводнів Центру нафтогазогеологічних досліджень (Дочірнє підприємство “Науково-дослідний інститут нафтогазової промисловості” Національної акціонерної компанії “Нафтогаз України”),

**В. П. КЛОЧКО**, канд. геол.-мінерал. наук, провідний науковий співробітник відділу геології та пошукових досліджень (Інститут геологічних наук НАН України)

## АКТУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ НАДРОКОРИСТУВАННЯ В НАФТОГАЗОВІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Розглянуті питання раціонального користування нафтогазовими надрами та питання ефективного освоєння ресурсів надр України.

The problems of rational use of oil and gas royalty issues and efficient development of mineral resources Ukraine.

Значний рівень залежності України від імпорту енергоносіїв, особливо від монопольного імпорту природного газу, та значний рівень його споживання в країні зумовлюють незадовільний стан її енергетичної безпеки.

Потреби й необхідність модернізації економіки країни в паливно-енергетичних ресурсах ставлять на перший план питання вирішення актуального завдання користування нафтогазоносними надрами, спрямованого на їх раціональне використання та необхідність збільшення об'ємів геологорозвідувальних робіт.

Існування ліцензійного порядку надрокористування в багатьох країнах світу нараховує десятиліття й служить цілям раціонального використання надр. Ідеться передусім про країни системи англосакського загаль-

ного права (Великобританія, Австралія, ЮАР, Індія та ін.). Варто відзначити, що саме англійська, а також норвезька ліцензійні системи послужили прообразом дозвільного порядку надрокористування в українському та російському законодавстві про надра. Характерно, що в країнах іншої правової системи – континентальної – у більшості країн Європи ліцензійна система надрокористування майже не поширена. Тут переважають виражені договірні форми взаємовідносин держави й користувача, в основному концесійні – так звана гірничя концесія, яка нині становить основу гірничих стосунків у багатьох країнах [1, 2].

Отримання спеціальних дозволів на користування нафтогазоносними надрами регламентується законодавством України: Кодексом України про надра, Законом України

“Про нафту і газ”, Загальнодержавною програмою розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року, затвердженої Законом України від 21.04.2011 р. № 3268-VI, Законом України “Про наукову і науково-технічну діяльність”, Гірничим Законом України, Законом України “Про охорону навколишнього природного середовища”, Порядком надання спеціальних дозволів на користування надрами, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 30.05.2011 р. № 615, Положенням про порядок розпорядження геологічною інформацією, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 13.06.1995 р. № 423, та про умови і правила здійснення підприємницької діяльності з використання надр та контроль за їх дотриманням.

На цей час ліцензування об'єктів вуглеводнів (ВВ) охопило всі перспективні території, а саме Східний, Західний та Південний нафтогазоносні регіони України та акваторії Чорного й Азовського морів (рис. 1).

Кількість спеціальних дозволів на початкових етапах формування системи надрокористування інтенсивно збільшувалася до 2004 року, проте в подальшому ріст майже припинився й стабілізувався в середньому на рівні 503 од.

Співвідношення спеціальних дозволів, що були отримані відповідно до виду користування нафтогазоносними надрами, з часом помітно змінювалось. На початку 2000 років спеціальні дозволи на геологічне вивчення (ГВ), зокрема дослідно-промислова розробка (ДПР), відповідно до загальної кількості діючих спеціальних дозволів становили 62 %, а на видобування (В) –

38 %. У подальшому кількість спеціальних дозволів на видобування стабільно зростала до зазначеного періоду, а на геологічне вивчення, зокрема ДПР зростаючи дійшла свого максимального значення в 2004 році, після чого кількість спеціальних дозволів цього виду користування нафтогазоносними надрами почала стрімко знижуватись. На початок 2013 року спостерігається суттєве збільшення кількості спеціальних дозволів на видобування, що перевищує кількість спеціальних дозволів на ГВ на 39 од. (рис. 2).

Графік, що зображений на рис. 2, ілюструє тенденцію до зменшення спеціальних дозволів, які отримані на геологічне вивчення, зокрема ДПР щодо видобування, свідчить про зниження ефективності надрокористування, порушення етапності геологорозвідувальних робіт (ГРР) [4], негативно впливає на приріст запасів ВВ. Це призводить до несприятливих для надрокористувачів умов інвестування у вивчення нафтогазоносних надр, зокрема в геологорозвідку, без чого неможливо ефективно нарощувати ресурсну базу вуглеводнів. Постійне зменшення обсягів та ефективності геологорозвідувальних робіт за останні 20 років на території України призвело до відкриття останніми роками родовищ дрібних чи дуже дрібних за величиною запасів. Унаслідок цього виникла різка диспропорція між щорічним приростом запасів вуглеводнів та їх видобутком.

Водночас є резерви для збільшення видобутку нафти й газу в Україні:

- нафтогазоперспективні об'єкти з достатнім ресурсним потенціалом (табл. 1, 2) [3];

- залучення в розробку нових родовищ, зокрема

на шельфі Азовського та Чорного морів (до 60 % початкових видобувних ресурсів в акваторіях ще не розвідано);

- підвищення вилучення нафти й газу способом направлено буріння в продуктивних горизонтах та із застосуванням методів інтенсифікації за допомогою сучасних технологій і реагентів;

- інтенсифікація геологорозвідувальних робіт на нафту й газ і особливо пошуково-розвідувального глибокого буріння, яке за останнє десятиріччя різко зменшилося;

- у балансі енергетичної сировини України необхідно враховувати й інші види газоподібних і рідких вуглеводнів. Так, природний газ українських родовищ містить такі цінні супутні компоненти, як гелій, етан, пропан та бутани в промислових кондиціях. Середній уміст гелію в газі становить 0,07 %, етану – 6,63 %, пропану – 3,78 %, бутанів – 1,84 % [5].

#### Висновки

Сучасний розвиток економіки України нерозривно пов'язаний з використанням, відтворенням вітчизняної мінерально-сировинної бази (МСБ), розвитком мінерально-сировинного комплексу. МСБ є сукупністю розвіданих і попередньо оцінених запасів корисних копалин і супутніх компонентів, що мають промислове значення, можуть бути використані в різних галузях економіки. Саме з гірничодобувним комплексом пов'язано понад 40 % промислового потенціалу України і до 20 % її трудових ресурсів [6].

Тож потрібно створити такі умови, які сприяли б підвищенню економічної та енергетичної безпеки держави, задоволенню потреб України в енергоносіях і нафтопродуктах.

Головними напрямами державної політики під час геологічного вивчення та освоєння ресурсів надр України мають бути:

- розробка комплексних регіональних програм геологорозвідувальних робіт, ліцензування та розробка єдиної ефективної програми вивчення та освоєння запасів і ресурсів ВВ;

- збільшення обсягів наукових та геолого-геофізичних робіт з метою отримання геологічної інформації для коректної оцінки вуглеводневого потенціалу невивчених районів нафтогазонакопичення, виділення перспективних об'єктів і площ надр для подальшого визначення високоперспективних ділянок надрокористування на отримання нових спеціальних дозволів;

- беззастережне виконання положення про етапи та стадії геологорозвідувальних робіт на нафту й газ;

- підвищення ефективності наукового супроводу пошуків нових родовищ вуглеводнів у межах існуючих спеціальних дозволів на геологічне вивчення, зокрема ДПР;

- спрощення процедури збільшення площі спеціальних дозволів на геологічне вивчення, зокрема ДПР, у разі отримання приростів запасів вуглеводнів промислових категорій поза межами ліцензійних ділянок;

- здійснення комплексу заходів, що стимулюватимуть активізацію геологорозвідувальних робіт на нафту й газ, передусім глибокого пошукового буріння всіх надрокористувачів, аналіз виконання умов Угоди про користування надрами надрокористувачами;

- проведення регіональних досліджень, граничних з нафтогазоносними регіонами, територій для поглибленого вивчення геологічної будови, структурних особливостей та уточнення ймовірних масштабів нафтогазоносності;

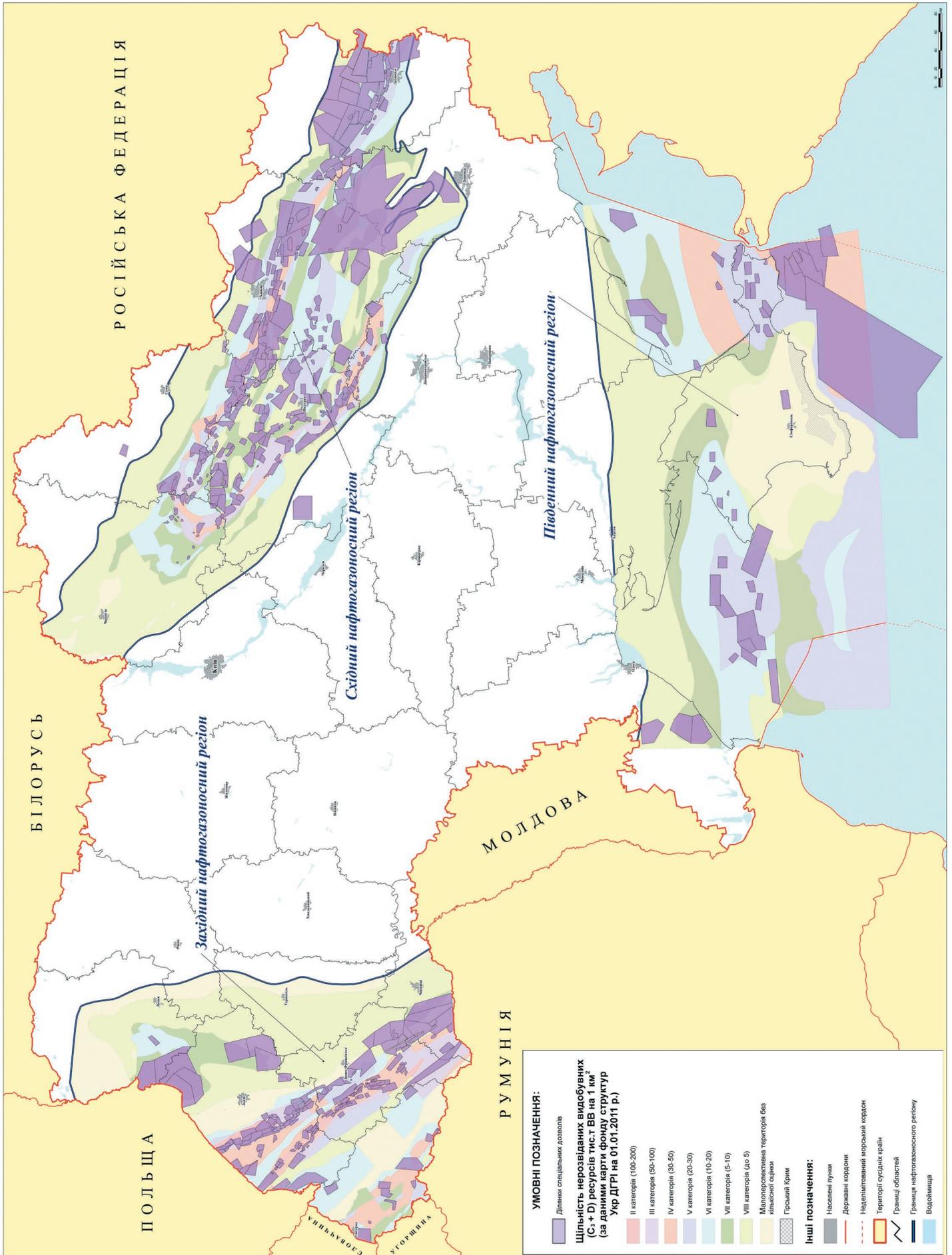


Рис. 1. Карта нафтогазоносних регіонів України з елементами надкористування

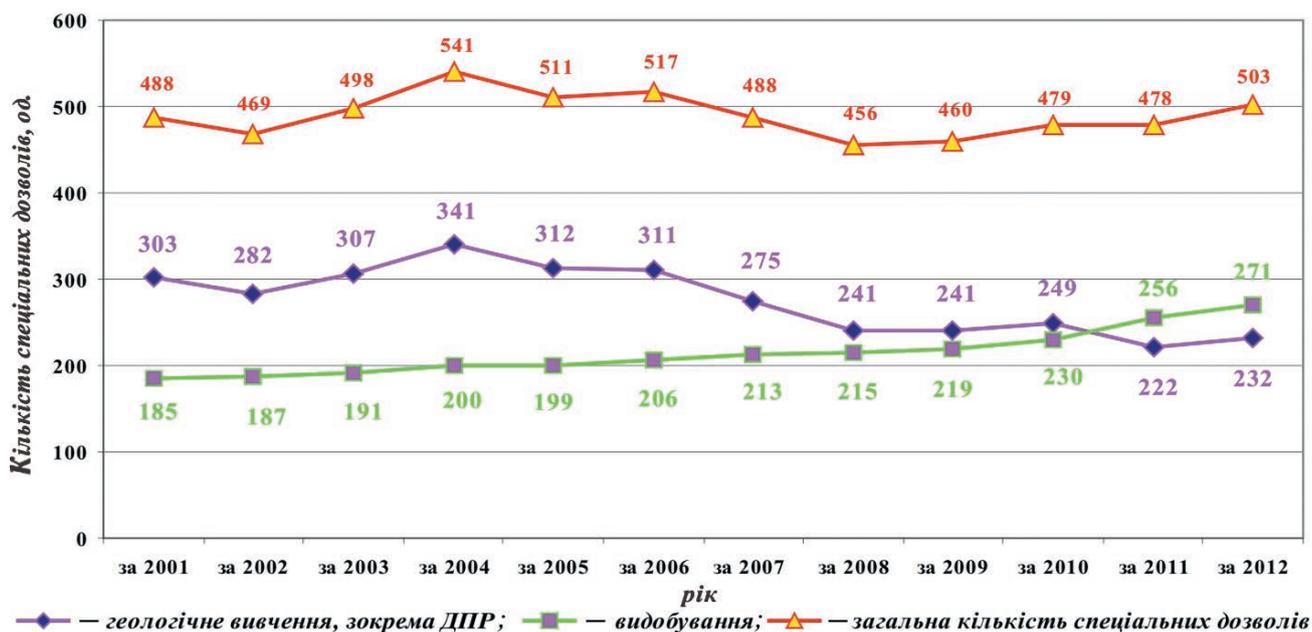


Рис. 2. Динаміка отримання спеціальних дозволів за типами користування нафтогазоносними надрами

– проведення оцінки нафтогазоносного потенціалу базальних верств осадового чохла, кори вивітрювання та розущільнених порід кристалічного фундаменту на Північному, Південному бортах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) та Українського кристалічного щита (УЩ);

– вивчення механізмів формування нетрадиційних (газ сланцевих товщ, центральnobасейновий газ, газ метан вугільних родовищ, газогідрати та ін.) скупчень і пасток вуглеводнів по трьох нафтогазоносних регіонах України за допомогою комплексного вивчення всього нафтогазоперспективного розрізу – вивчення фізичних, літологічних, гідрогеологічних та інших характеристик.

Ці заходи мають стати основою для нарощування ресурсної бази вуглеводнів країни. Такий підхід буде сприяти підвищенню об'єктивності та обґрунтованості оцінок ресурсів і запасів та зниженню геологорозвідувальних ризиків, підвищенню інвестиційної привабливості об'єктів і територій, зацікавленості надрокористувачів до їх розвідки.

Таблиця 1. Вуглеводневий потенціал нафтогазоперспективних об'єктів на 01.01.2013 р.

Виявлені нафтогазоперспективні об'єкти регіонів			Усього по Україні	
Схід	Захід	Південь		
		суша	акваторії	
181	120	42	59	402
			101	
Підготовлені нафтогазоперспективні об'єкти регіонів			Усього по Україні	
Схід	Захід	Південь		
		суша	акваторії	
82	27	8	30	147
			38	

Таблиця 2. Перспективні (С3) та прогнозні (Д1+2) ресурси нафтогазоперспективних об'єктів України (млн т умовного палива) на 01.01.2013 р.

Регіон	Перспективні (категорія С <sub>3</sub> )	Прогнозні (категорії Д <sub>1</sub> +Д <sub>2</sub> )
Східний	385	1988
Західний	169	658
Південний, у т. ч.	338	2105
	шельф	1896
	суша	209
Усього по Україні	892	4751

## ЛІТЕРАТУРА

1. Клюкин Б. Д. Горные отношения в странах Западной Европы и Америки. М.: "Городец-издат", 2000. 443 с.  
 2. Колдаев С. В. Договорные формы в недропользовании по праву России и зарубежных государств//Некоторые вопросы договорного права России и зарубежных стран: Сб. статей аспирантов и молодых ученых/ Под ред. Т. Е. Абовой. М., 2003. С. 169–175.

3. Фонд об'єктів у нафтогазоносних регіонах України станом на 01.01.2013 р./Л. І. Мартиненко, М. Д. Красножон, Т. М. Пригаріна, В. О. Старинський, Н. В. Юник. Київ: УкрДГРІ, 2013. 49 с.  
 4. Етапи і стадії геологорозвідувальних робіт на нафту і газ/Комітет України з питань геології та використання надр. Київ, 1999. 17 с.  
 5. Нафтогазова галузь України: поступі і особистості. К.: Ло-

гос Україна, 2012, 327 с.  
 6. Рудько Г, Курило М., Радванов С. Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин. К.: АДЕФ-Україна, 2011. 367 с.

УДК 615.838:504.062.2] (477.272)

**М. М. КОСТЯК**, голова (Херсонська облдержадміністрація),

**О. К. ТОЛСТАНОВ**, д-р мед. наук, заступник міністра (Міністерство охорони здоров'я України),

**К. Д. БАБОВ**, д-р мед. наук, директор ДУ "УкрНДІ МР та К МОЗ України",

**О. М. НІКІПЕЛОВА**, д-р хім. наук, керівник Українського державного центру стандартизації і контролю якості природних і преформованих засобів (ДУ "УкрНДІ МР та К МОЗ України"),

**Т. Г. ВОЛИНЕЦЬ**, начальник управління туризму та курортів (Херсонська облдержадміністрація),

**Є. А. ЗАХАРЧЕНКО**, провідний інженер з ГІС-технологій (ДУ "УкрНДІ МР та К МОЗ України")

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ЛІКУВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ ПІВДЕННИХ РАЙОНІВ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Проаналізовано фондові матеріали досліджень ДУ "УкрНДІ МР та К МОЗ України"; складено реєстр природних лікувальних ресурсів та їх проявів у південних районах Херсонської області. Розроблено картосхему з визначеними на сьогодні пунктами ПЛР (мінеральні води, лікувальні грязі (пелоїди), ропа), на яких у різний час проводилися дослідження щодо їх медико-біологічної оцінки якості та цінності.

Analysis of equity research materials PI "Ukrainian Scientific research Institute of MR and RT Ministry of Health of Ukraine care" compiled list of natural medicinal resources and their manifestations in southern Kherson region. A mapped schemes, defined for today paragraphs NCR (mineral water, therapeutic muds (peloids), brine), which at various times conducted research with their medical and biological evaluation of quality and value.

Згідно із Законом України "Про курорти" [1] до природних лікувальних ресурсів (ПЛР) належать мінеральні й термальні води, лікувальні грязі та озокерит, ропа лиманів й озер, морська вода, природні об'єкти та комплекси зі сприятливими для лікування кліматичними умовами, придатні для використання з метою лікування, медичної реабілітації та профілактики захворювань. Ефективність і безпечність ПЛР, можливість їх застосування в санаторно-курортній і позакурортній практиці обґрунтовується за результатами їх медико-біологічної оцінки якості та цінності, на підставі яких надається медичний (бальнеологічний) висновок [2].

Ураховуючи сприятливі фізико-географічні, кліматичні, гідрогеологічні умови,

які визначають велику кількість ПЛР, південне узбережжя Херсонської області було визначено для розробки реєстру проявів ПЛР і картографування.

Азово-Чорноморське узбережжя Херсонської області займає територію загальною площею до 12,7 тис. км<sup>2</sup>. За територіальним розміщенням та різними фізико-географічними умовами узбережжя цей район досліджень поділяється на дві ділянки: західну — від с. Залізний Порт до Перекопського перешийка та східну — Арабатська Стрілка.

Мета роботи: аналіз фондів матеріалів, виявлення найперспективних проявів природних лікувальних ресурсів, визначення напрямів їх подальшого дослідження або застосування.

Методи дослідження: доклінічні (картографічні, гідрогеологічні, фізико-хі-

мічні, мікробіологічні, експериментальні) дослідження та клінічні випробування [3–10].

Головними ПЛР Херсонської області є мінеральні води (МВ), грязі лікувальні (пелоїди), ропа солоних озер, морська вода. Упродовж 2003–2013 рр. проведено науково-експериментальне обґрунтування ефективності та безпечності ПЛР, за результатами яких надано 12 сучасних медичних (бальнеологічних) висновків: шість стосовно мінеральних столових вод ("Синій кит", "Берислав", "Таврія", "Каховка", "Надра Таврії", "Родник"), три щодо лікувально-столових вод ("Херсонська", "Воронцівська", "Станіславська"), один щодо природної лікувальної води ("Гаряче джерело"), на лікувальні грязі (пелоїди) – затока Сиваш (ТОВ "Вігов") та озеро Со-

ляне (санаторій "Гопри"). На сьогодні в області здійснюється фасування тільки мінеральної природної столової води "Каховка" з мінералізацією 0,5–0,9 г/дм<sup>3</sup>. У Чаплинському районі діє підприємство ТОВ "Вігов" з фасування мулових сульфідних пелоїдів західної частини затоки Сиваш. У санаторії "Гопри" в лікувальній практиці використовуються мулові сульфідні пелоїди в разі зовнішнього застосування.

Свердловинами та джерелами, що розкрили водоносні горизонти й комплекси у відкладах неогенової, палеогенової, крейдової та юрської систем, було отримано МВ широкого спектра мінералізації — від 0,1 до 79,0 г/дм<sup>3</sup> та різного хімічного складу.

МВ за хімічним складом можна розподілити на такі:

- слабомінералізовані різного хімічного складу;
- малої мінералізації різного хімічного складу;
- води середньої мінералізації;
- води високої мінералізації;
- розсоли.

### **Слабомінералізовані (до 1 г/дм<sup>3</sup>) мінеральні води різного хімічного складу**

Найширше представлена група підземних вод, які розкривають відклади неогену сарматських, меотичних та понтичних водоносних горизонтів. В основному свердловини розкривають різні за потужністю (10–80 м) відклади вапняків, мергелів. Мінералізація вод змінюється від 0,1 до 1,0 г/дм<sup>3</sup>. Хімічний склад переважно гідрокарбонатно-хлоридний, хлоридно-гідрокарбонатний різного складного катіонного складу. Значна частина свердловин має великі дебіти (м. Херсон, сверд. № 20-1, 20-3 – 1 140 м<sup>3</sup>/д; с. Приозерне, сверд. № 6-70

– 3 640 м<sup>3</sup>/д; м. Гола Пристань, сверд. № 8-494 – 1 224,0 м<sup>3</sup>/д та ін.).

#### Мінеральні води малої мінералізації (1,0–5,0 г/дм<sup>3</sup>)

Основна частина цих вод представлена в Новотроїцькому й Генічеському районах. Серед аніонного складу переважають хлориди та сульфати, катіонного – натрій і магній. Трапляються води складнішого складу (с. Громівка). Дебіти різні – від 59 до 2 289 м<sup>3</sup>/д. У перспективі води подібного типу можна використовувати для промислового фасування й лікування в разі внутрішнього застосування.

#### Мінеральні води середньої мінералізації (5,0–10,0 г/дм<sup>3</sup>)

Представлені двома свердловинами: у м. Хорли з мінералізацією 5,39 г/дм<sup>3</sup> хлоридного натрієвого типу, яка має у своєму складі специфічні біологічно активні компоненти та сполуки (Br, H<sub>2</sub>S). Гідрогеологічні показники по цій свердловині відсутні; в урочищі с. Дружелюбівка – з мінералізацією 5,28 г/дм<sup>3</sup>. Водоносний горизонт представлений вапняками сарматського ярусу в інтервалі 38,5–61,0 м. Свердловина самовиливна.

#### Мінеральні води високої мінералізації (10–35 г/дм<sup>3</sup>)

МВ високої мінералізації на території Генічеського району (с. Стрілкове, Щасливцеве, Генгірка) представлені свердловинами № 11, 8, 6, 38, 7-703, 7-706, 25, 1-Е, які розкрито у відкладах палеогену та крейди на глибинах понад 400 м. Більшість цих свердловин самовиливні та мають значні дебіти.

Макрокомпонентний склад вод усіх свердловин подібний. Води хлоридні натрієві з умістом хлорид-іонів від

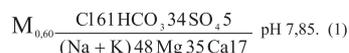
61 до 99 мг-екв. %, іонів натрію – від 87 до 97 мг-екв. %. Переважає мінералізація вод понад 20 г/дм<sup>3</sup>, свердловини № 7-703 – від 30,4 до 34,4 г/дм<sup>3</sup>, свердловини № 25 – 33,0 г/дм<sup>3</sup>. Води мають у своєму складі біологічно активні компоненти та сполуки (I, Br, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>). Особливо варто відзначити, що більша частина цих вод має підвищену температуру (30–70 °С).

#### Розсоли (35–150 г/дм<sup>3</sup>)

Води з мінералізацією понад 35 г/дм<sup>3</sup> розкрито у Голопристанському районі свердловинами в м. Залізний Порт в інтервалі глибин 382–396 м, в с. Облої – сверд. № 6 – в інтервалі глибин 1 396–1 430 м. Також ці води представлені двома свердловинами в Генічеському районі. За хімічним складом це хлоридні натрієві води з мінералізацією 61–79 г/дм<sup>3</sup> і в основному з умістом специфічних біологічно активних компонентів і сполук (I, Br, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) та підвищеною температурною активністю.

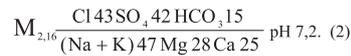
Також було проведено прогнозну оцінку якості підземних вод шести свердловин, які розміщені на території смт Лазурне (Скадовський район), сс. Сергіївка, Громівка, Дружелюбівка (Новотроїцький район), смт Стрілкове (Генічеський район) та м. Генічеськ (Генічеський район).

**Смт Лазурне, сверд. № 16-221.** За хімічним складом підземні води характеризуються як слабомінералізовані, гідрокарбонатно-хлоридні магнієво-натрієві слаболужні, склад яких виражається формулою

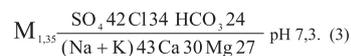


**С. Сергіївка, джерело.** Водопункт розміщений на узбережжі затоки Сиваш. За хімічним складом підземні

води характеризуються як маломінералізовані, сульфатно-хлоридні кальцієво-магнієво-натрієві слаболужні, склад яких виражається формулою



**С. Громівка, сверд. № 10330025.** За хімічним складом підземні води характеризуються як маломінералізовані, гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатні магнієво-кальцієво-натрієві слаболужні, склад яких виражається формулою



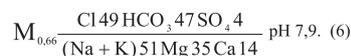
**С. Дружелюбівка, свердловина.** Водопункт розміщений в урочищі, неподалік населеного пункту. За хімічним складом підземні води характеризуються як середньомінералізовані, хлоридні натрієві слаболужні, склад яких виражається формулою



**С. Стрілкове, сверд. № 38.** Водопункт розміщений на Арабатській Стрілці. За хімічним складом підземні води характеризуються як високомінералізовані, хлоридні натрієві слаболужні, склад яких виражається формулою



**М. Генічеськ, сверд. № 7.** За хімічним складом підземні води характеризуються як слабомінералізовані, гідрокарбонатно-хлоридні магнієво-натрієві слаболужні, склад яких виражається формулою



Ділянки водозаборів водопунктів розміщені на незабруднених територіях. Свердловина у м. Лазурне розміщена на базі відпо-

чинку. Проведена робота дала змогу визначити перспективність використання ПЛР у промисловому фасуванні та залучення їх у санаторно-курортну галузь.

Більшу частину підземних вод регіону недостатньо вивчено або не отримано їх повної медико-біологічної оцінки, деякі води потребують проведення польових робіт (визначення гідрогеологічних показників, концентрацій компонентів та сполук, які під час транспортування зазнають змін, мікробіологічні дослідження).

Унаслідок природних умов, геологічного формування в межах території півдня Херсонської області утворилася велика кількість водойм, донні відклади та ропа яких становлять інтерес для санаторно-курортної галузі.

Результати багаторічних, дані нових досліджень було застосовано для розробки картосхеми найперспективніших проявів ПЛР та ввійшли до її легенди (рисунки).

На карті наведено об'єкти (МВ, лікувальні грязі (пелоїди), ропа), які в різний час досліджувалися в ДУ “Український НДІ МР та К МОЗ України”. Це різні ділянки затоки Сиваш та заток Джарилгацької, Каркінітської, оз. Салькове, Генічеське, Зяблівське та ін., протоки, які з'єднують Сиваш з Азовським морем. Низка озер розміщена на Кінбурнському півострові – Топке, Кругле, Байдакове.

Окремо варто відзначити наявність упродовж усього узбережжя Чорного та Азовського морів різних за шириною пляжних зон, які потребують детальнішого фізико-географічного й курортологічного дослідження: визначення морфометричних і гранулометрич-



**Рисунок. Прояви підземних мінеральних вод і донних відкладів південних районів Херсонської області**

них показників, вивчення екзогенних процесів, які відбуваються на узбережжі, дослідження кліматичних і метеорологічних особливостей прибережної ділянки, дослідження фізико-хімічного стану вод тощо.

Отже, Херсонська область володіє достатнім рекреаційним потенціалом і має перспективу для створення курортів як місцевого, так і державного значення, необхідною умовою яких є наявність медико-біологічної оцінки ПЛР. На сьогодні існує об'єктивна необхідність проведення курортологічного обстеження перспективних територій Херсонської області, передусім прибережних, для ревізійної оцінки сучасного стану ПЛР та розробки рекомендацій щодо їх

використання в лікувальній практиці.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Закон України “Про курорти”. Електронний ресурс// Режим доступу:<http://zakon.rada.gov.ua>
2. Наказ МОЗ України “Про затвердження Порядку здійснення медико-біологічної оцінки якості та цінності природних лікувальних ресурсів, визначення методів їх використання”, затв. МОЗ України 02.06.2003 р. № 243, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 29.08.2003 р. № 752/8073.
3. Відбирання, консервування, транспортування та зберігання проб мінеральної води/О. Нікіпелова, Л. Солодова, Х. Коева, С. Ніколенко, Н. Алексеєнко// Методичний посібник. Державна установа “Укр. наук.-досл. ін-т мед. реаб. та курорт. МОЗ України”. Одеса, 2011. 44 с.
4. Нікіпелова О. М. Посібник з методів контролю природних мінеральних вод, штучно-мінералізованих вод та напоїв

- на їх основі. Ч. 1. Фізико-хімічні дослідження/МОЗ України, УкрНДІМР та К/О. М. Нікіпелова, Т. Г. Філіпенко, Л. Б. Солодова. Одеса: Спеціалізоване вид-во “ЮНЕСКО-СОЦІО”, 2002. 96 с.
5. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые. Правила приемки и методы отбора проб: ГОСТ 23268.0-91 (чинний від 1992.07.01). М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. 4 с. (Міждержавний стандарт).
6. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения органолептических показателей и объема воды в бутылках: ГОСТ 23268.1-91 (чинний від 1992.07.01). М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. 4 с. (Міждержавний стандарт).
7. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые. Методы анализа: ГОСТ 23268.2-91, ГОСТ 23268.18-78 (чинні від 1980.01.01). М.: ИПК Изд-во стандартов, 1978. 94 с. (Міждержавні стандарти).
8. Установки дистилляци-

- онные опреснительные стационарные. Методы химического анализа солевых вод. ГОСТ 26449.1-85 (чинний від 1987.01.01). М.: ИПК Изд-во стандартов, 1985. С. 41–46. (Міждержавний стандарт).
9. Посібник з методів контролю природних мінеральних вод, штучно-мінералізованих вод та напоїв на їх основі. Ч. 2. Мікробіологічні дослідження/С. І. Ніколенко, С. М. Глуховська, М. Л. Померанц. МОЗ України, УкрНДІМР та К, м. Одеса, 2002. 38 с.
10. СТП 2012125-220.002.12 Порядок здійснення гідрогеологічних досліджень при медико-біологічній оцінці мінеральних вод/Л. П. Горбач, С. А. Захарченко, О. В. Новодран, А. Л. Погребний. Одеса, 2013. 16 с.

Рукопис отримано 12.08.2013.



Завідувач редакції — С. О. НЕКРАСОВА  
Літературні редактори-коректори —  
Р. В. КОРНІЄНКО, Л. Г. МОРГУН  
Технічний редактор — І. О. НАГОРНИХ  
Комп'ютерна верстка — Б. І. ВОЛИНЕЦЬ  
Художній редактор — Б. І. ВОЛИНЕЦЬ

Реєстраційне свідоцтво – серія КВ № 4530  
Здано до набору 4.11.2013  
Підписано до друку 24.12.2013  
Формат 60x90 1/8  
Папір крейдовий  
Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 6.  
Обл.-вид. арк. 9,8. Тираж 300 прим.  
Зам. № 263

---

Адреса редакції та п/п: Київ-114, вул. Автозаводська, 78  
Тел. редакції: 206-35-18, 206-35-20  
E-mail: mru@ukrdgri.gov.ua