VII МІЖНАРОДНИЙ ГЕОЛОГІЧНИЙ ФОРУМ

“Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука й виробництво”

02 - 03 листопада 2020, м. Одеса, Україна

VII INTERNATIONAL GEOLOGICAL FORUM

“Actual problems and perspectives of geology: science and industry”

02 - 03 November 2020, Odesa, Ukraine

ГЕОФОРУМ – 2020

МАТЕРІАЛИ ФОРУМУ

Київ
2020

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів Украни

ГО Геоспадщина. Ноосфера

Державна комісія Україні по запасах корисних копалин

Національна академія наук України

Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова

Наукове видавництво «ПРО»

VII МІЖНАРОДНИЙ ГЕОЛОГІЧНИЙ ФОРУМ

«Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології:

наука й виробництво»

02–03 листопада 2020 року,

м. Одеса, Україна

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Київ
Наукове видавництво «ПРО»
2020

УДК 553.061+550.8

Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології та екології: наука й виробництво.

Матеріали VII Міжнародного геологічного форуму (02-03 листопада 2020р., м. Одеса, Україна). – К.: Наукове видавництво «ПРО», 2020. – 207с.

Наукове видання містить матеріали з актуальних проблем геології, геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин, інноваційних підходів до видобування мінеральних ресурсів та відновлювальної енергетики.
Для широкого кола фахівців у галузі геології та використання природних ресурсів.

Редакційна колегія :

Зур'ян Олег Володимирович (голова)

Гошовський Сергій Володимирович

Зур’ян Олексій Володимирович

Люта Наталія Георгієвна

Лютий Георгій Георгійович

Рудько Георгій Ілліч

Толкунов Андрій Анатолійович

ISBN 978-617-95071-0-6 © Наукове видавництво «ПРО», 2020

ЗМІСТ	стор.
О. Т. Азімов, К. С. Злобіна, С. П. Кармазиненко, І. В. Кураєва, Є. С. Луньов, АНАЛІЗ ГЕОХІМІЧНОГО СТАНУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА В РАЙОНАХ САНКЦІОНОВАНИХ СМІТТЄЗВАЛИЩ	7
М. М. Багнюк, М. А. Фірман, О. С. Гоцинець, В. П. Бодлак, В. М. Владика, О. О. Дмишко, М. В. Дорохов, П. Б. Тиркус, П. М. Бодлак, НЕОБХІДНІСТЬ УНІФІКАЦІЇ СИНОНІМІКИ ГОРИЗОНТІВ САРМАТУ РАЙОНУ КАДОБНЯНСЬКОГО РОДОВИЩА	13
Н. В. Баряцька, Н. Г. Сафронова, ЗАСТОСУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ КЛАСИФІКАЦІЙ ЗАПАСІВ І РЕСУРСІВ – ЗАПОРУКА ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ УКРАЇНСЬКИХ РОДОВИЩ	17
Є. М. Бицань, ПРО ЗВ'ЯЗОК ІНТЕНСИВНОСТІ, МАГНІТУДИ ТА ГЛИБИНИ ЗЕМЛЕТРУСУ	24
Т. А. Василенко, А. К. Кириллов, А. Х. Исламов, Н. М. Белозерова, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРИСТОСТИ УГЛЕЙ СРЕДНЕЙ СТАДИИ МЕТАМОРФИЗМА НЕЗАВИСИМЫМИ МЕТОДАМИ	30
О. Д. Веклич, ОБҐРУНТУВАННЯ ГРАНИЦІ ШИРОКІВСЬКОЇ І ЄЛАНЧИЦЬКОЇ СВІТ ПІВНІЧНОЇ ОКРАЇНИ ДОНБАСУ ЗА ФОРАМІНІФЕРАМИ	36
А. М. Дудик, С. А. Дудик, О ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С УГЛЕВОДОРОДНЫМИ ГЕОХИМИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ	41

Н. Н. Зинчук, ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ КИМБЕРЛИТОВ ГИПЕРГЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ	48
Н. Н. Зинчук, М. Н. Зинчук, О ГИПЕРГЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ ВУЛКАНОГЕННОГО МАТЕРИАЛА В КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ	56
Н. Н. Зинчук, М. Н. Зинчук, ДРЕВНИЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ В СВЯЗИ С АЛМАЗОПОИСКОВЫМИ РАБОТАМИ	65
В. А. Ільєнко, А. М. Кушнір, Є. М. Тонковід, ЗВ'ЯЗОК АНОМАЛІЙ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ З РУДОПРОЯВАМИ КОРИСНИХ КОПАЛИН КОЧЕРІВСЬКОЇ ДІЛЯНКИ УЩ	74
Г. А. Калашник, РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ АЛМАЗОПЕРСПЕКТИВНОСТІ СУБОТЦІВСЬКОЇ СТРУКТУРИ ІНГУЛЬСЬКОГО МЕГАБЛОКА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА	80
Г. А. Калашник, ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ РІДКІСНОМЕТАЛЕВОГО ЗРУДЕНІННЯ В ТИМОШІВСЬКО-ЗНАМ’ЯНСКОМУ ПОТЕНЦІЙНОМУ РУДНОМУ РАЙОНІ ІНГУЛЬСЬКОГО МЕГАБЛОКА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА	86
В. А. Корчин, П. А. Буртный, Е. Е. Карнаухова, ПРОГНОЗ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И ЗОН РАЗУПЛОТНЕНИЯ С ГЛУБИНОЙ ОТДЕЛЬНЫХ БЛОКОВ УЩ ПО МАТЕРИАЛАМ ПТБМ	92
В. А. Корчин, М. В. Кравчук, ПЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ТЕРМОБАРИЧСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЛИТОСФЕРЕ ЗОН НИЗКИХ ПЛОТНОСТЕЙ	99

О.В.Кравченко, Д.О Велігоцький, А.В. Баштовий, УДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ВОДНЕВОГО, ТЕПЛОВОГО ТА ХІМІЧНОГО ВПЛИВУ НА ВІДНОВЛЕННЯ ПРОНИКНОСТІ ПРИВИБІЙНОЇ ЗОНИ ПЛАСТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВОДЕНЬГЕНЕРУВАЛЬНИХ СУСПЕНЗІЙ	106
Н. О. Крюченко, Е. Я. Жовинський, СВИНЦЕВО-ЦИНКОВА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ФЛЮОРИТОНОСНИХ ЗОН СЕРЕДНЬОГО ПРИДНІСТРОВ'Я	111
А. М. Кушнір, Т. К. Бурахович, Б. І. Ширков, Є. М. Тонковид, ПРОЯВИ ВУГЛЕВОДНІВ ТА СЕЙСМІЧНОСТІ В ГЕОЕЛЕКТРИЧНО НЕОДНОРІДНИХ ЗОНАХ ТАРХАНКУТСЬКОГО ПІВОСТРОВУ	116
А. М. Нигматулин, З. Т. Абдрахманова, А. Н. Кан, Р. В. Юн, С. А. Ефименко Ф. М. Исатаева, ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ДОБЫЧИ СЕРЕБРА И МЕДИ НА РУДНИКАХ ТОО «КОРПОРАЦИЯ КАЗАХМЫС»	122
Н. П. Осокина, ВЫНОС ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ С ПОДЗЕМНЫМ СТОКОМ РЕК В ЧЕРНОЕ И АЗОВСКОЕ МОРЯ	127
А. Н. Пономаренко, Е. М. Шеремет, Н.А. Козар, С. Н. Стрекозов, Л. В. Шпилевой, С. Г. Кривдик, Л. Д. Сетая, АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ГОРНОРУДНОГО УЗЛА ПО ДОБЫЧЕ РЕДКОМЕТАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРИАЗОВЬЕ	130
В. О. Привалов, О. А. Панова, ЗОНИ ІНДЕНТОРНИХ ЗСУВІВ ТА ПРИНЦИПОВА ДИСЛОКАЦІЙНА ЗОНА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА: ЇХ РОЛЬ У СИНКІНЕМАТИЧНОМУ МАГМАТИЗМІ	137

М. М. Рой, ЗНАЧЕННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН НА СТАДІЇ РОЗВІДКИ	144
Г. І. Рудько, ПЕРСПЕКТИВИ УКРАЇНСЬКОГО КРИСТАЛІЧНОГО ЩИТА ДЛЯ НАРОЩУВАННЯ ВУГЛЕВОДНЕВОГО ПОТЕНЦІАЛУ УКРАЇНИ	150
Г. І. Рудько, А. М. Гайдін, ГІРНИЧО-ХІМІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ УКРАЇНИ	158
Т. С. Рябоконь, Т. В. Шевченко, Я. С. Курепа, ДО БІОСТРАТИГРАФІІ ПАЛЕОГЕНОВИХ ВІДКЛАДІВ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ (ПІВНІЧНО-ЗАХІДНИЙ РАЙОН УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)	168
І. В. Саніна, Н.Г. Люта, ЩОДО ОЦІНКИ РИЗИКУ НЕДОСЯГНЕННЯ ДОБРОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ВОД ТА НЕОБХІДНОСТІ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕРЕЖІ ЇХНЬОГО МОНІТОРИНГУ У БАСЕЙНІ ДНІПРА	179
Я. М. Тузяк, МЕДОБОРИ-ТОВТРИ (ПОДІЛЛЯ, ЗАХІДНА УКРАЇНА) – ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИРОДНИЧИХ НАУК І РЕСУРС ДЛЯ РОЗВИТКУ РЕКРЕАЦІЇ Й ТУРИЗМУ	185
А. О. Хорольський, В. Г. Гріньов, ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ГЕОЛОГІЧНО-ГІРНИЧИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИЛУЧЕННЯ ТВЕРДОЇ КОРИСНОЇ КОПАЛИНИ З НАДР	193
О. М. Шпак, ВІДНОВЛЕННЯ ПІДЗЕМНОГО СЕРЕДОВИЩА, ЗАБРУДНЕНОГО НАФТОПРОДУКТАМИ	200

УДК (550.4:550.84):628.542(477)

АНАЛІЗ ГЕОХІМІЧНОГО СТАНУ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА В РАЙОНАХ САНКЦІОНОВАНИХ СМІТТЄЗВАЛИЩ

Азімов О.Т.[1], Злобіна К.С.[2], Кармазиненко С.П.[3], Кураєва І.В.[4], Луньов Є.С.[5]

1 – д-р геол. наук, старший науковий співробітник, Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, м. Київ, Україна, azimov@casre.kiev.ua;

2 – канд. геол. наук, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, Україна, ecaterinka@ukr.net;

3 – канд. географ. наук, Інститут географії НАН України, м. Київ, Україна, karmazinenko78@gmail.com;

4 – д-р геол. наук, професор, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, Україна, ki4412674@gmail.com;

5 – канд. геол. наук, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, Україна, Lunev_00@ukr.net

Викладено результати аналітичного узагальнення матеріалів новітніх і попередніх етапів досліджень геохімічних особливостей проб ґрунтових відкладів по території Київського полігона № 5 захоронення твердих побутових відходів та у прилеглих до неї районах. Використано такі основні методи: атомно-емісійний спектральний аналіз, мас-спектрометрія з індукційно зв'язаною плазмою. Встановлено істотне забруднення ґрунтового шару важкими металами, передусім у межах полігона № 5. Виявлено також негативний його вплив на вміст цих полютантів у ґрунтах буферної, прилеглої до нього зони.

ANALYSIS OF GEOCHEMICAL CONDITION FOR THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT IN THE AREAS OF THE AUTHORIZED LANDFILL

Azimov O.T.[1], Zlobina K.S.[2], Karmazinenko S.P.[3], Kuraeva I.V.[4], Lunov Ye.S.[5]

1 – Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of IGS of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, azimov@casre.kiev.ua;

2, 4, 5 – M.P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ecaterinka@ukr.net, ki4412674@gmail.com, Lunev_00@ukr.net;

3 – Institute of Geography of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, karmazinenko78@gmail.com

As a result of the analytical research and result of the previous stages of study it was found the significant contamination of the soil layer by the heavy metals within the Kyiv's Landfill area No 5 for the municipal solid waste disposal and the surrounding areas. It was revealed also the negative its effect on the contents of these pollutants in the soil of adjacent buffer zone.

Вступ й постановка завдання

В Україні за 2019 рік (без урахування даних АР Крим та м. Севастополь) утворилося майже 53 млн м^3 побутових відходів, або понад 10 млн т, які захоронюють на 6 тис. сміттєзвалищах і полігонах загальною площею понад 9 тис. га [1]. Більшість полігонів не мають інженерно-геологічних обґрунтувань. Це призводить до того, що у межах як власне полігонів, так і на прилеглих до них районах значних техногенних змін зазнають ґрунтові відклади, поверхневі води, ґрунтові води неглибокого залягання, а також часто докорінно змінюються рослинні угруповання. При цьому ґрунтові утворення є найбільш важливим біокосним депонуючим середовищем. Важливу роль у фізіологічних, біо- та геохімічних процесах, що протікають у ґрунтах, відіграють важкі метали (ВМ). Вони визначають оптимальні умови існування живих організмів у ґрунті та його біологічну продуктивність.

Зазначене стосується й Київського полігона № 5 захоронення твердих побутових відходів (ТПВ) та прилеглих до нього ділянок.

Отже, у статті на прикладі вказаної території, яка слугуватиме ***районом досліджень***, розглянемо узагальнені дані щодо геохімічних особливостей ґрунтових відкладів за результатами лабораторних аналізів відібраних відповідних проб. Ґрунтові утворення, таким чином, будучи складовою геологічного середовища, є основним ***об'єктом досліджень***.

Матеріали й методи досліджень

Фактичний матеріал для досліджень отриманий нами як у червні 2019 р., так і протягом робіт попереднього року [2–7 та ін.] по декількох площадках спостережень у межах карти складування № 1 (або черги «А») Київського полігона № 5 та у прилеглих до неї з північного сходу та північного заходу районах (рис. 1). Вірогідно, ландшафтні компоненти цих розташованих поза межами полігона буферних стосовно нього районів (або зон) зазнають довготривалого впливу існування і діяльності об'єкта захоронення, оскільки він введений в експлуатацію ще у 1986 році й на теперішній час перевищив свої потужності у контексті накопичених відходів майже удвічі [2–7 та ін.].

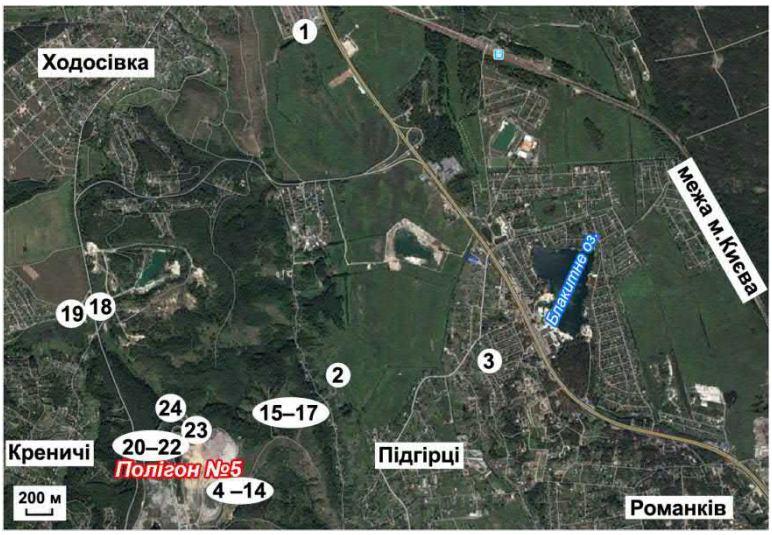


Рисунок 1. Картосхема розташування площадок спостережень (*1–24*) у північному секторі впливу полігона № 5

Для визначення особливостей латерального розподілу ВМ у ґрунтах території досліджень **проби *відібрано*** з поверхневих ґрунтових горизонтів (0–5 та 5–10 см) ***методом конверта*** відповідно до вимог ГОСТ 17.4.4.02−84 [8]. Для вивчення проникнення забруднення на глибину в натурних умовах досліджено ґрунтові профілі глибиною до 1,0 м. Опробування відповідних розчисток проводилось по горизонтах з інтервалом відбору 0,1 м.

Для визначення концентрацій **хімічних елементів** у зразках ґрунтів використано ***атомно-емісійний спектральний аналіз***. Застосовувався також високочутливий ***метод*** ICP-MS (***мас-спектрометрія з індукційно зв'язаною плазмою***) для визначення форм знаходження ВМ у ґрунтах. Фізико-хімічні властивості ґрунтових відкладів визначалися за методикою Є.В. Арінушкіної [9]. Мінералогічний склад фракцій визначався за допомогою ***рентгенофазового аналізу*** на дифрактометрі Дрон-2 (Cuk_α-випромінювання).

Як критерій для кількісної **еколого-геохімічної оцінки стійкості системи** «ґрунт–розчин» та її впливу на утворення мобільних форм ВМ використовувався, відповідно до розробленої групою авторів методики [10], ***коефіцієнт буферності*** ($K_б$) ґрунтів гумусового горизонту.

Вивчення форм знаходження ВМ у ґрунтах проведено ***методом послідовного розчинення***, що розроблений В.О. Кузнєцовим [11] і доповнений та модернізований А.І. Самчуком [10]. Метод базується на одночасному виділенні з ґрунту декількох елементів за допомогою "селективних" екстрагентів.

Отримані за результатами лабораторних досліджень дані стосовно геохімічних особливостей зразків ґрунту району робіт аналітично порівнювалися з аналогічними параметрами фонових ґрунтів, які характерні для території, що розглядається, загалом. При цьому за основу взято дані, наведені у праці [12].

Результат проведених досліджень та їх обговорення

Детальний аналіз морфологічних (забарвлення, структура, гранулометричний склад, вологість, складення, новоутворення, включення, перехід між горизонтами, межа) особливостей **сучасних ґрунтів** у розрізах дозволили встановити **типи** цих відкладів.

Ґрунти у першу чергу відзначаються темно-сірим забарвленням їх профілю, грудкуватою структурою, легким суглинковим гранулометричним складом, з включеннями червориїн і кротовин, новоутвореннями карбонатів у вигляді міцелію, а також поступовими переходами між генетичними горизонтами (H, Hk, PHk, Phk, Pk). За цими ознаками ґрунти є близькими до ***чорноземів типових***, які сформувалися на лесових породах бузького часу.

На підставі узагальнення матеріалів досліджень встановлено такі **геохімічні характеристики** ґрунтових утворень. Зокрема, за ***вмістом мікроелементів*** у пробах ґрунтів, відібраних безпосередньо *на території полігона № 5*, максимальне перевищення фонового, згідно з [12], зафіксовано для таких ВМ: міді, свинцю, цинку, нікелю та олова. Так, вміст цинку у ґрунтах власне полігона досягає 500 г/т (або мг/кг), при фоновому вмісті 71 г/т. Максимальна концентрація міді досягає 600 г/т при фоновому вмісті 30 г/т, тобто реєструється двадцятикратне перевищення фонових показників (рис. 2).

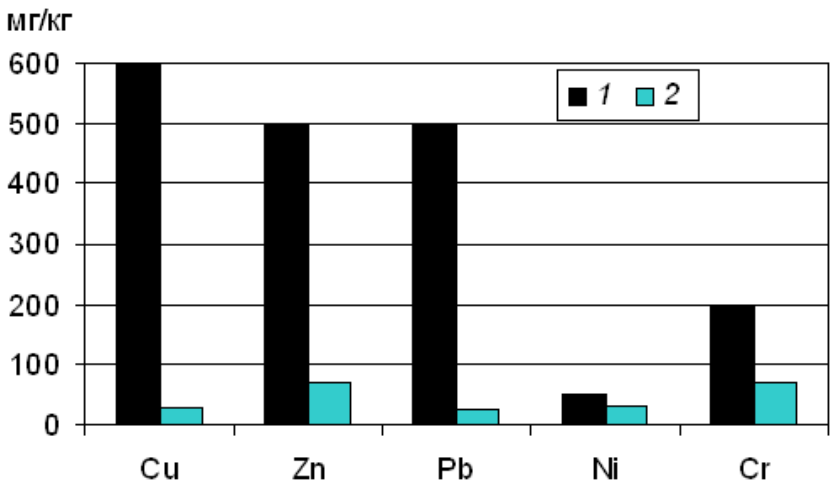


Рисунок 2. Порівняння максимального перевищення вмісту ВМ у техногенно забруднених ґрунтах району карти «А» полігона № 5 над фоновим у ґрунтах території досліджень. *1* – максимальний вміст ВМ у досліджених ґрунтах району карти «А» полігона, *2* – вміст ВМ у фонових (згідно з [12]) ґрунтах

Найбільший вміст свинцю у ґрунтах у межах полігона має значення 500 г/т, що у 20 разів більше за фоновий показник (25 г/т). Тут же зафіксовано високу концентрацію нікелю – 100 г/т при його фоновому вмісті 32 г/т, а також хрому – 200 г/т при фонових значеннях 70 г/т. Відмічено також високий вміст олова, що у понад 20 разів перевищує фонове його значення.

У буферній зоні полігона № 5, тобто в районі поза його межами, але такому, що зазнає його впливу, також відмічаються концентрації мікроелементів у ґрунтах, які у 2–3 рази перевищують фонові значення. Це характерно для міді, свинцю, цинку, нікелю, хрому, олова.

На підставі проведених досліджень одержано результати ***фізико-хімічних властивостей*** ґрунтів гумусового горизонту як на території полігона, так і за його контуром. Зокрема, *за межами полігона* визначено такі показники ґрунтів: $C_{орг.}$ – 6,2%, pH – 6,5; вміст обмінних катіонів, мг-екв./100 г: H^+ – 8,2, Ca^{2+} – 39,0, Mg^{2+} - 12,8, K^+ – 0,7, Na^+ – 0,65; сума обмінних катіонів – 61,35. Натомість, фізико-хімічні властивості ґрунтів, відібраних *у межах полігона*, значно відрізняються від наведених нижчими значеннями, що вказує на їхні зміни: $C_{огр.}$ – 3,6%, pH – 6,3; вміст обмінних катіонів, мг-екв./100 г: H^+ – 3,2, Ca^{2+} – 12,0, Mg^{2+} - 4,9, K^+ – 0,3, Na^+ – 0,4; сума обмінних катіонів – 20,8. Не викликає сумнівів, що зазначені зміни відбулися під дією різноманітних токсикантів, пов’язаних з діяльністю об’єкта захоронення ТПВ.

Отримані дані дозволили розрахувати ***коефіцієнт буферності*** ґрунтів гумусового горизонту. Так, для ґрунтів *поза контуром полігона*, що імовірно зазнають впливу його

північного сектора, одержано значення $K_б$=55. Для техногенно забруднених ґрунтових утворень *карти «А» полігона № 5* $K_б$ зменшується майже удвічі.

Дослідженнями виконано еколого-геохімічне оцінювання впливу полігона захоронення ТВП № 5 на стан ґрунтів у його межах. Для цього встановлено ***форми знаходження ВМ*** у ґрунтовому покриві *полігона*, які найбільше перевищують відповідні фонові значення: свинцю, цинку, міді. У результаті проведених аналітичних робіт визначено, що вміст рухомих форм (водорозчинної та іонообмінної) у ґрунтових утвореннях, які найбільше впливають на екологічну оцінку території, зростає: для міді та цинку – у 2 рази, для свинцю – у 8 разів. Саме вміст рухомих форм здійснює вплив на міграцію ВМ у трофічному ланцюгу «ґрунт–розчин–біота».

Отже, порівняння геохімічних особливостей зразків техногенно забруднених ґрунтів полігона і прилеглих до нього районів з пробами фонових ґрунтів дозволяє зробити такий **основний висновок**. Від часу введення в дію у 1986 р. полігона № 5 захоронення ТВП через порушення в його експлуатації, що зумовлені недотриманням технології пересипки складованих відходів ізоляційним шаром землі, нерегулярною роботою установки з переробки фільтрату, перевищенням потужностей тощо, ґрунти в його межах і навіть у буферній до нього зоні зазнали забруднення різноманітними токсичними речовинами, зокрема, ВМ.

Задача подальших досліджень у цьому напрямі

Для подальшого з’ясування механізму міграції забруднювачів у компонентах довкілля території досліджень (ґрунти – природні води – рослинність) необхідно здійснити еколого-геохімічне їх опробування по регулярній мережі наземних площадок. Потреба також є у спрямуванні зусиль фахівців у плані оцінки сезонного впливу полігона на стан навколишнього природного середовища загалом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2019 рік. Київ: Мінрегіон України, 2020. https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sfery-povodzhennya-z-pobutovymy-vi/ .

2. *Azimov O.T., Bakhmutov V.G., Voytyuk Yu.Yu. et al.* Reconnaissance integrated geoecological study of the disposal region for municipal solid waste with the aim of environmental assessment // Extended Abstr. 12th Int. Sci. Conf. on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (13-16 November 2018, Kyiv, Ukraine). 2018. P. 1–5. DOI: 10.3997/2214-4609.201803142.

3. *Азімов О.Т., Кураєва І.В., Войтюк Ю.Ю. та ін.* Еколого-геохімічна оцінка об'єктів довкілля територій поховання твердих побутових відходів // Пошукова та екологічна геохімія. 2018. № 1 (19). С. 22–26.

4. *Азімов О.Т., Кураєва І.В., Кармазиненко С.П., Злобіна К.С.* Раціональний комплекс геохімічних методів при дослідженні довкілля районів поховання твердих побутових відходів // Матеріали VI Міжнар. геол. форуму «Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука й виробництво» (17-22 черв. 2019 р., м. Одеса, Україна). Київ: УкрДГРІ, 2019. С. 13–16. http://ukrdgri.gov.ua/wp-content/uploads/2019/06/material_geoforum_2019_1.pdf.

5. *Азімов О.Т., Трофимчук О.М., Кураєва І.В., Кармазиненко С.П.* Оцінка вмісту важких металів у ґрунтах та інших компонентах ландшафту в районах захоронення твердих побутових відходів // Екологічна безпека та природокористування. 2019. Вип. 2 (30). С. 5–17. DOI: https://doi.org/10.32347/2411-4049.2019.2.5-17.

6. *Азімов О.Т., Кураєва І.В., Бахмутов В.Г. та ін.* Оцінка розподілу важких металів у ґрунтах районів захоронення твердих побутових відходів. Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Геологія. 2019. Вип. 4 (87). С. 76–80. DOI: http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.11.

7. *Азімов О.Т., Кураєва І.В., Трофимчук О.М. та ін.* Забруднення ґрунтів та інших об'єктів довкілля важкими металами в районах полігонів захоронення твердих побутових відходів // Геоінформатика. 2020. № 1 (73). С. 82–98. http://www.geology.com.ua/.

8. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02−84. [Действующий от 1986−01−01]. Москва: Стандартинформ, 2008. 8 с.

9. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. [2-е изд., перераб. и доп.]. Москва: Изд-во МУ, 1970. 488 с.

10. *Самчук А.И., Бондаренко Г.Н., Долин В.В. и др.* Физико-химические условия образования мобильных форм токсичных металлов в почвах // Минерал. журн. 1998. **20**, № 2. С. 48–59.

11. *Кузнецов В.А., Шимко Г.А.* Метод постадийных вытяжек при геохимических исследованиях. Минск: Наука и техника, 1990. 88 с.

12. *Люта Н.Г.* Про використання геохімічних критеріїв (фонів та сумарного показника забруднення) для оцінки геохімічного стану ландшафтів // Зб. наук. пр. УкрДГРІ. 2004. № 2. С. 162–169.

УДК 553.98.041 (477.7)

НЕОБХІДНІСТЬ УНІФІКАЦІЇ СИНОНІМІКИ ГОРИЗОНТІВ САРМАТУ РАЙОНУ КАДОБНЯНСЬКОГО РОДОВИЩА

Багнюк М.М.[1], Фірман М.А.[2], Гоцинець О.С.[3], Бодлак В.П.[4], Владика В.М.[5], Дмишко О.О.[6], Дорохов М.В.[7], Тиркус П.Б.[8], Бодлак П.М.[9]

1 – канд. геол. наук, Львівське відділення УкрНДІгазу, м. Львів, Україна, bagnyuk.unga@i.ua

2-3 – АТ «Укргазвидобування», м.Київ, Україна

4 – Львівське відділення УкрНДІгазу, м. Львів, Україна, bassoneb@i.ua

5 – Львівське відділення УкрНДІгазу, м. Львів, Україна

6 – Львівське відділення УкрНДІгазу, м. Львів, Україна, bagnyuk.unga@i.ua

7 – Львівське відділення УкрНДІгазу, м. Львів, Україна, domav@i.ua

8 – Львівське відділення УкрНДІгазу, м. Львів, Україна

9 – канд. геол. наук, Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, м. Львів, Україна

Одним з фундаментальних інструментів при вивченні геологічної будови регіону є використання методу аналогій, проте для коректного його застосування необхідно прийняття однакових підходів до розуміння умов формування басейну седиментогенезу. Це в перспективі дозволить виявляти перспективні нафтогазоносні об’єкти та наростити ресурсну базу.

THE NECESSITY FOR UNIFICATION OF THE SYNONIMY OF SARMATIAN HORIZIONS IN THE AREA OF KADOBNIANSKE FIELD

Bahniuk Mykhailo[1], Firman Myron[2], Gotsynetc Oleh[2], Bodlak Vasyl[1], Vladyka Vitalii[1], Oleksandra[1], Dorokhov Maksim[1], Tyrkus Petro[1], Bodlak Petro[3]

1 – Lviv Branch of Ukrainian Research Institute of Natural Gas, Lviv, Ukraine, bagnyuk.unga@i.ua

2-3 – JSC Ukrgasvydobuvannya, Kyiv, Ukraine

4-8 – Lviv Branch of Ukrainian Research Institute of Natural Gas, Lviv, Ukraine

9 – Carpathian Branch of Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

One of the fundamental tools for studying the geology of the region is the analog extension method. However, in order to apply the method correctly, it is necessary to adopt uniform approaches to understanding the conditions of sedimentary basin development. This will allow identifying hydrocarbon prospects and increasing the resource base in the long view.

В межах Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину геологічна будова сарматської частини розрізу вивчена в різних районах неоднаково. Очікувано, більш детально вивчені райони родовищ, в меншій мірі – території між ними. Але і в межах родовищ різні підходи до розчленування сарматських відкладів накладають обмеження на вивчення закономірностей поширення порід-колекторів і як наслідок, на пропущення перспективних об’єктів.

Одним з таких районів є центральна частина Зовнішньої зони Передкарпатського прогину, в межах Кадобнянського і Любешівського газових родовищ (**рис. 1**).

Рисунок 1 – Фрагмент карти фонду структур (за даними УкрДГРІ).

Сарматська товща Більче-Волицької зони в об’ємі дашавської світи представлена перешаруванням пластів пісковиків та глин. Характерною особливістю світи є ритмічність її будови. Кожний ритм починається тонкими верствами глинистих порід, які вгору по розрізу поступово збагачуються піскуватим матеріалом і до кінця ритму повністю заміщуються пісковиками. В основі ритмів часто присутні прошарки туфів і туфітів невеликої товщини. Породами-колекторами слугують піщано-глинисті пачки, які розділені між собою пластами глин товщиною від 0,6 м до 6,0 м. Хороші екрануючі властивості зумовлені тим, що на глибинах до 1,2–1,5 км здатність до розтріскування мінімальна і тонкі глинисті прошарки можуть виконувати роль надійних покришок [1].

Найбільшу частину ритму складають піщано-глинисті породи, які на електрокаротажних діаграмах мають досить чітку покрівлю, оскільки кожен ритм закінчується пісковиком. Туфогенні прошарки на каротажних діаграмах відмічаються різкими мінімумами питомого опору, а при високому вмісті піриту – чіткими піками додатних аномалій ПС та можуть служити надійними реперами. Товщина світи змінюється по латералі від 2 км в районі Свидницького газового родовища до 0,6 км в районі Гринівського підняття і її повної відсутності далі на південний схід.

Також у цьому ж напрямку зменшується піскуватість розрізу. В районі Кадобнянського родовища в розрізі переважають глинисті породи, а пісковики залягають у вигляді лінз. Така літологічна неоднорідність відкладів по латералі зумовила різні підходи до моделювання геологічного простору сармату у північно-західній та південно-східній

частинах Косівсько-Угерської підзони. Так в межах від Свидницького до Любешівського родовищ виділено до 14 алевроліто-глинистих горизонтів у верхньо- та до 17 у нижньодашавській підсвітах, тоді як на Кадобнянському виявлено лише 9 лінз, а підсвіти і горизонти не виділені [2].

На **рисунку 2** наведено поперечні розрізи Любешівського та Кадобнянського родовищ, які ілюструють різні підходи до моделювання геологічного простору.

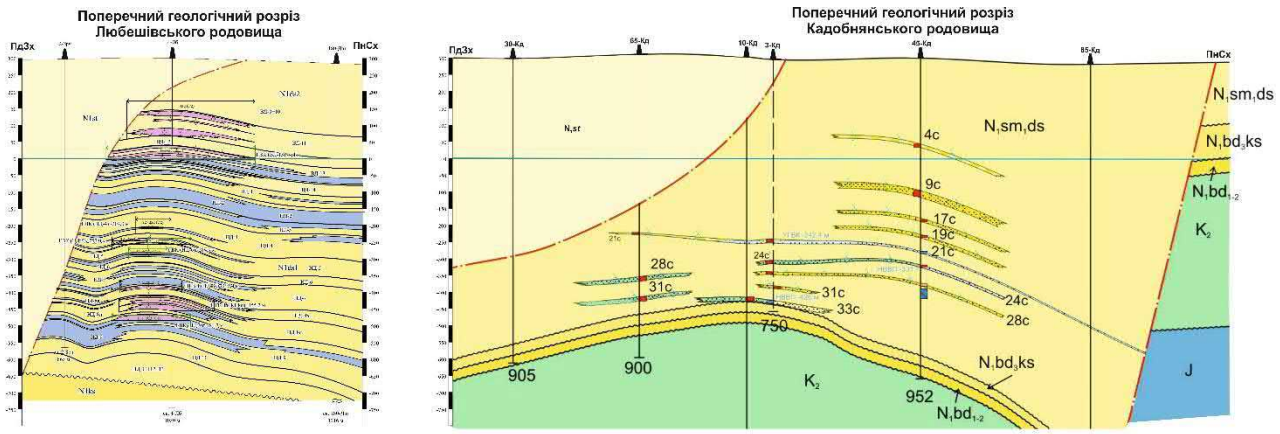


Рисунок 2 – Поперечні геологічні розрізи Любешівського і Кадобнянського родовищ.

Беручи до уваги те, що обидва родовища знаходяться в приблизно однакових умовах і на невеликій відстані одне від одного, проведено кореляцію розрізів свердловин. На **рисунку 3** видно, що каротажні діаграми свердловин 1 Східний Любешів та 34 Дашава Кадобно досить добре зіставляються між собою.

Зважаючи на вищевикладене можна зробити висновок про необхідність повторної кореляції розрізу Кадобнянського родовища та його уніфікації, з метою виділення горизонтів у відкладах нижньо- і верхньодашавської підсвіт. Це дозволить скоригувати геологічну модель Кадобнянського родовища, простежити горизонти по латералі та виділити нові перспективні об’єкти. В перспективі цей вдалий досвід можна екстраполювати на сусідні ділянки району Калуського і Гринівського родовищ.

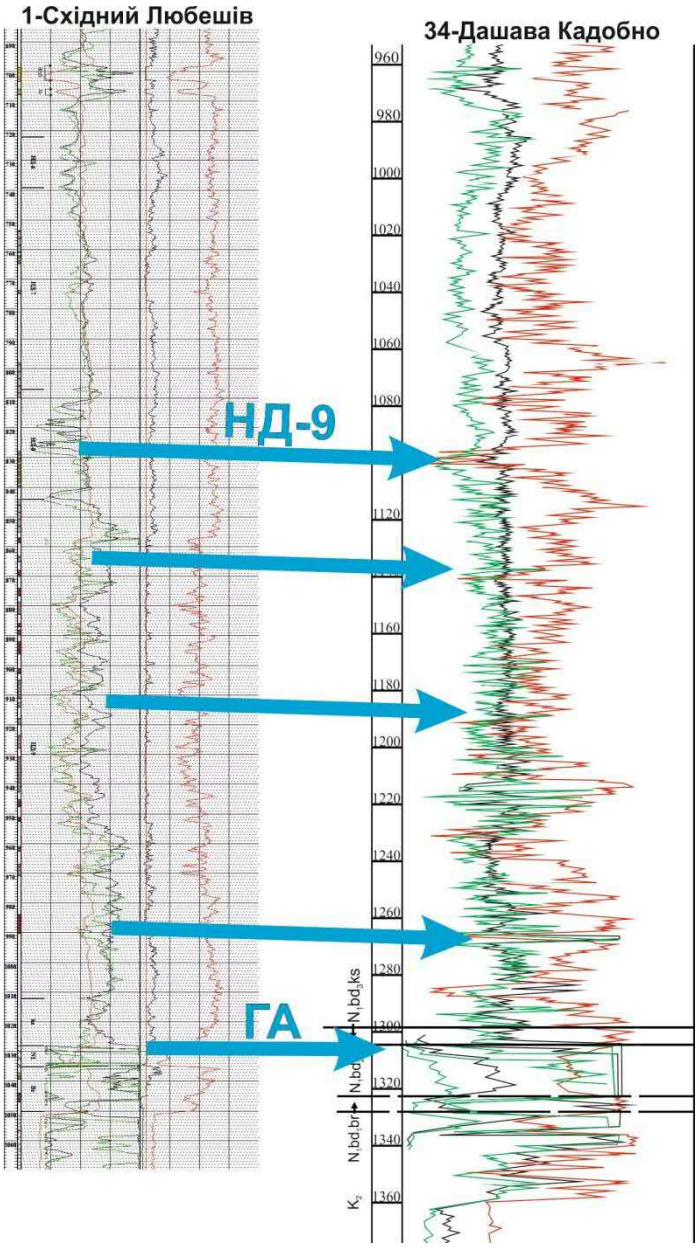


Рисунок 3 – Кореляція фрагментів каротажних діаграм свердловин 1-Східний Любешів і 34-Дашава Кадобно.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Андрейчук М., Дорохов М., Бодлак В., Токарська Г.* Уточнення геологічних моделей родовищ вуглеводнів шляхом детального розчленування продуктивних відкладів на прикладі Свидницького газового родовища // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2017. – № 1–2. – С. 16– 17

2. Атлас родовищ нафти і газу України в 6-ти томах. Том IV. Західний нафтогазоносний регіон. УНГА. Львів, 1998 р., 328 с.

УДК 553.048

ЗАСТОСУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ КЛАСИФІКАЦІЙ ЗАПАСІВ І РЕСУРСІВ – ЗАПОРУКА ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ УКРАЇНСЬКИХ РОДОВИЩ

Баряцька Н.В.[1], Сафронова Н.Г.[2]
1 – доктор геологічних наук, головний геолог, ТОВ «Геологічна сервісна компанія ГСК», Київ, Україна, BariatskaN@gmail.com,
2 – провідний геолог, ТОВ «Геологічна сервісна компанія ГСК», Київ, Україна, safronovan@geoservicecom.com

Міжнародні стандарти (кодекси) розкриття інформації про ресурси і запаси корисних копалин гарантують доцільний рівень достовірності в процесі інвестування. Найбільші світові фондові біржі вимагають звітності відповідно до стандартів JORC Code, NI 43-101, CAMPEK, SME та ін., які використовують класифікацію CRIRSCO. Українську класифікацію запасів і ресурсів корисних може бути гармонізовано з класифікацією CRIRSCO, що підвищить інвестиційну привабливість об’єктів гірничо-видобувної галузі України.

APPLICATION OF INTERNATIONAL RESOURCES AND RESERVES CLASSIFICATIONS – GUARANTEE OF INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF UKRAINIAN DEPOSITS

Bariatska N.[1], Safronova N.[2]
1 – Doctor in Geology, Chief Geologist, Geological Service Company LLC, Kyiv, Ukraine, BariatskaN@gmail.com,
2 – Principal Geologist, Geological Service Company LLC, Kyiv, Ukraine, safronovan@geoservicecom.com

International standards (codes) for the disclosure of information about mineral resources and ore reserves guarantee a reasonable confidence level in the investment process. The world's largest stock exchanges require reporting in accordance with the JORC Code, NI 43-101, SAMREK, SME and others, which use the CRIRSCO classification. Ukrainian classification of reserves and resources can be harmonized with the CRIRSCO classification, which will increase the investment attractiveness of the mining industry in Ukraine.

Для фінансування геологічної розвідки і розробки родовищ гірничодобувним компаніям необхідні чималі кошти, і традиційним джерелом фінансування для таких компаній є фондові ринки. Для прозорості інвестиційного процесу у гірничодобувній галузі в усьому світі застосовуються спеціальні стандарти (кодекси) публічної звітності, які регулюють форму розкриття інформації про об’єкт інвестицій (перш за все про його запаси і ресурси) та гарантують інвесторам розумний рівень її достовірності. Стандарти геологічної звітності на фондовій біржі зазвичай регулюються нормативними документами провідних геологічних організацій країни. Відповідно, результати геологорозвідувальних робіт, ресурси і запаси надаються згідно кодів (кодексів), створених цими провідними організаціями.

За останні роки близько 90% IPO (Initial Public Offering – перший публічний продаж акцій акціонерного товариства необмеженому колу осіб) гірничодобувних компаній було проведено всього на чотирьох фондових біржах – Лондонській, Фондовій біржі Торонто, Австралійській і Гонконгській [15].

Найбільший інтерес для крупних гірничодобувних компаній традиційно представляли Нью-Йоркська і Лондонська фондові біржі. Менш крупні геологорозвідувальні і видобувні компанії, як правило, залучають фінансування на Фондовій біржі Торонто та Австралійській фондовій біржі. Сучасні тенденції вказують на відносне зниження популярності американських ринків для проведення міжнародних лістингів, а також підвищення привабливості азіатських ринків капіталу, зокрема Гонконгської фондової біржі.

Австралійська фондова біржа (Australian Securities Exchange – ASX). Значну частину компаній, зареєстрованих на ASX, традиційно складають невеликі гірничодобувні компанії, але тут присутні і такі гіганти, як Rio Tinto і BHP Billiton. Ресурсні компанії представляють майже половину компаній, які котируються на цій біржі. За кількістю угод лідирують золотодобувні компанії, але загалом представлені усі сектори видобування, найбільш помітні з яких видобування залізної руди, вугілля та міді. З географічної точки зору на ASX досить збалансовано представлені компанії з Північної і Південної Америки, а також Азії. Африканські активи являють собою найбільшу географічну групу, кількість компаній співставна з кількістю африканських компаній, зареєстрованих на канадських ринках, і в два рази перевищує кількість компаній, які мають лістинг в Лондоні. ASX – єдина фондова біржа з одним торговим майданчиком, хоча останнім часом розглядаються пропозиції щодо створення альтернативного майданчика.

Основні правила лістингу Австралійської біржі «ASX Listing Rules. Guidance Note 31» [1] для розкриття інформації про ресурси і запаси корисних копалин регламентують використання JORC Code [9], складений Австралійським Інститутом гірської промисловості і металургії, Інститутом вчених-геологів і Радою з корисних копалин Австралії.

Фондова біржа Торонто (Toronto Stock Exchange – TXS) та Венчурна біржа Торонто (Toronto Stock Exchange Venture – TSXV). Остання обслуговує малі компанії і компанії на початковій стадії розвитку. В кінці 2019 року майже половина усіх публічних гірничодобувних компаній світу були зареєстровані на TSX та TSXV [14]. Особливістю канадського ринку є присутність значної кількості компаній с невеликою капіталізацією, а також наявність інвесторів, які проявляють інтерес до більш ризикованих проектів, пов’язаних з геологорозвідувальними активами. Більшість зареєстрованих гірничодобувних компаній реалізують проекти з видобування золота, срібла та міді. Завдяки своєму географічному положенню, ця біржа особливо приваблива для компаній з Північної і Південної Америки, на які припадає 60% усіх міжнародних лістингів на біржі, 15% складають лістинги компаній з Африки, інші – з Австралії і Океанії, Європи [15].

Регламентуючий документ біржі Торонто щодо стандартів розкриття інформації для компаній, які займаються розвідкою та видобуванням корисних копалин «Disclosure

Standards for Companies Engaged in Mineral Exploration, Development & Production» [4] посилається на NI 43-101 (National Instrument 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Project) [8]. NI 43-101 використовує класифікацію запасів і ресурсів, викладену у відповідному стандарті Канадським інститутом гірничої справи, металургії та нафти «CIM Definition Standards for Mineral Resources & Mineral Reserves» [2].

Лондонська фондова біржа (London Stock Exchange – LSE). За останні роки тут було залучено близько чверті від загального обсягу фінансування в світовому гірничодобувному секторі. В Лондоні зареєстровано понад 500 іноземних компаній з різних країн світу, в тому числі понад 100 компаній з країн СНД і понад 100 компаній з африканського регіону [15]. На LSE розміщені цінні папери найбільших диверсифікованих гірничодобувних компаній світу (Rio Tinto, BHP Billiton, Anglo American, Glencore, Xstrata), а менші компанії залучають фінансування на альтернативному майданчику Лондонської фондової біржі, призначеної для швидкозростаючих компаній, – Альтернативному інвестиційному ринку (Alternative Investment Market – AIM). При зростанні потреб компаній в капіталі існує можливість переходу на основну біржу. На LSE багато виробників дорогоцінних металів, але представлені і виробники усіх інших видів сировини.

Лондонська біржа у примітках для гірничодобувних та нафто-газових компаній «London Stock Exchange. Note for Mining and Oil & Gas Companies» [7] посилаються на стандарти ресурсів і запасів CIM, IMMM, JORC, Russian, SAMREC та SME.

Гонконгська фондова біржа (Hong Kong Stock Exchange – HKSE). На відміну від інших ринків, ця фондова біржа раніше не вважалась фінансовим центром, привабливим для гірничодобувних компаній. Але компанії, що вийшли на біржу за останні роки, залучили більше капіталу в Гонконзі, ніж в Австралії і Канаді. Тут розміщені близько ста публічних гірничодобувних компаній, що робить її провідною біржою в Азії для цього сектора. Зростаючий попит на природні ресурси в Китаї, Японії та інших азіатських країнах може спонукати видобувні компанії увійти до переліку HKSE. Наразі більшість розміщених на цій біржі компаній контролюються або частково належать уряду КНР. Крім основного майданчику HKSE, існує також менш суворий Growth Enterprise Market (GEM) для невеликих компаній, які в міру свого зростання можуть перейти на основний майданчик.

Відповідно до основних правил лістингу Гонконгської біржі «HKES. Main Board Listing Rules» [5] інформація про ресурси і запаси корисних копалин має бути представлена згідно з найбільш визнаними у світі стандартами звітності JORC; NI 43-101; CAMPEK.

Як можемо бачити, лістинг на світових фондових біржах вимагає звітності щодо ресурсів та запасів корисних копалин відповідно до світових стандартів JORC Code, NI 43-

101, CAMPEK, SME та ін. Зауважимо, що усі ці стандарти ґрунтуються на класифікації ресурсів і запасів CRIRSCO [6] (рис. 1).

При залученні інвестиційних коштів не лише на фондових біржах, але й при роботі з інвестиційними фондами, банками, окремими компаніями та приватними інвесторами звіт щодо ресурсів і запасів об'єкту інвестицій є складовою стандартного пакету документів. Останнім часом навіть вітчизняні інвестори бажають отримати такий звіт, вважаючи його певною гарантією об'єктивності представленої інформації.

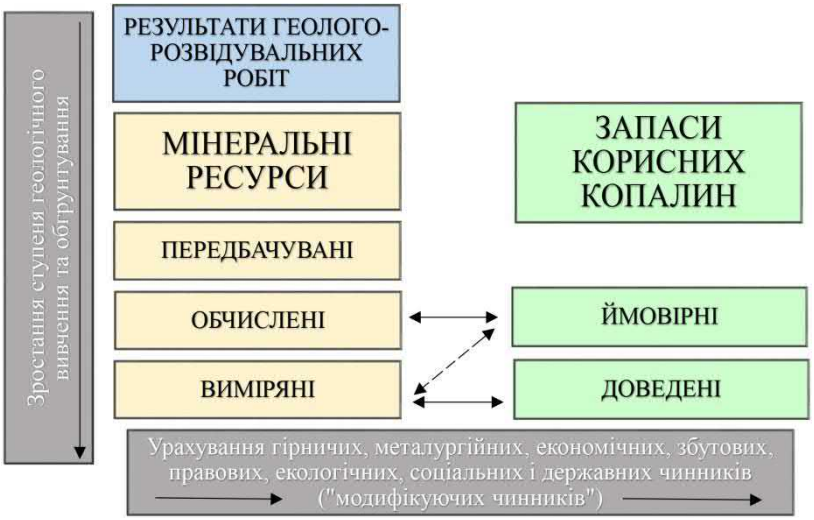


Рис. 1. Класифікація CRIRSCO [3].

В Україні чинною є Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, затверджена постановою Кабінету Міністрів України № 432 від 5 травня 1997 р. [12], яка використовує коди і класи класифікації UNFC (United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources – Рамкова класифікація викопних енергетичних і мінеральних ресурсів Організації Об'єднаних Націй) [10]. Запаси і ресурси корисних копалин, що характеризуються певними рівнями промислового значення і ступенями техніко-економічного та геологічного вивчення, розподіляються на класи та ідентифікуються за допомогою міжнародного трипорядкового цифрового коду (рис. 2).

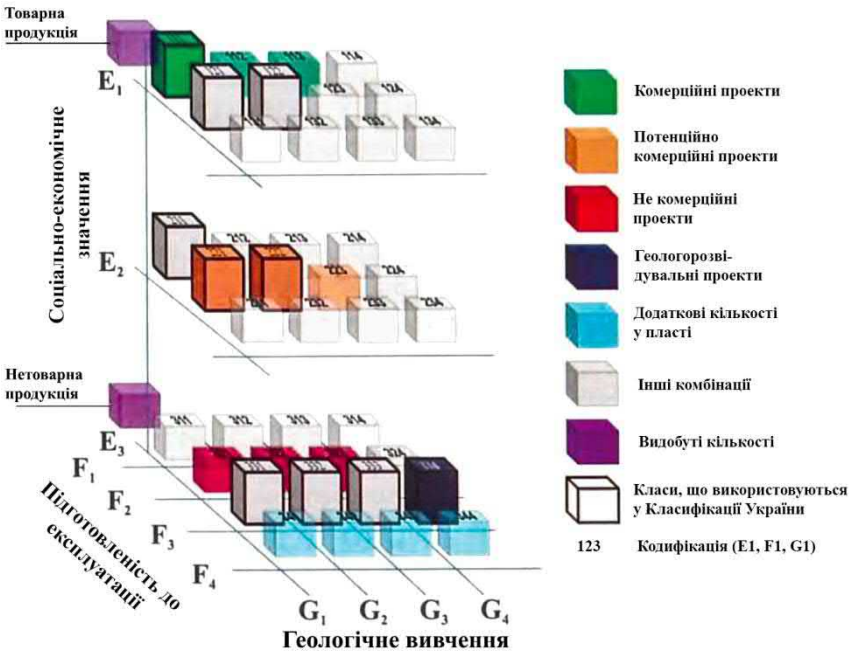


Рис. 2. Зіставлення Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр України та Класифікації UNFC 2009 (РКООН) [13].

Наразі ніякими методичними і нормативними документами не регламентується застосування класифікації і категорій запасів і ресурсів корисних копалин ДКЗ СРСР, вони досі використовуються у державному кадастрі родовищ і проявів корисних копалин та державному балансі запасів корисних копалин, і, відповідно, при експертизі запасів і ресурсів у ДКЗ України.

Як неодноразово відмічалося, класифікації ДКЗ СРСР зазвичай не має однозначного співвідношення категорій запасів та ресурсів з категоріями класифікації CRIRSCO [11], яка є основою найбільш розповсюджених світових класифікацій. В той же час, Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр України має певне співвідношення категорій з категоріями CRIRSCO (рис. 3).

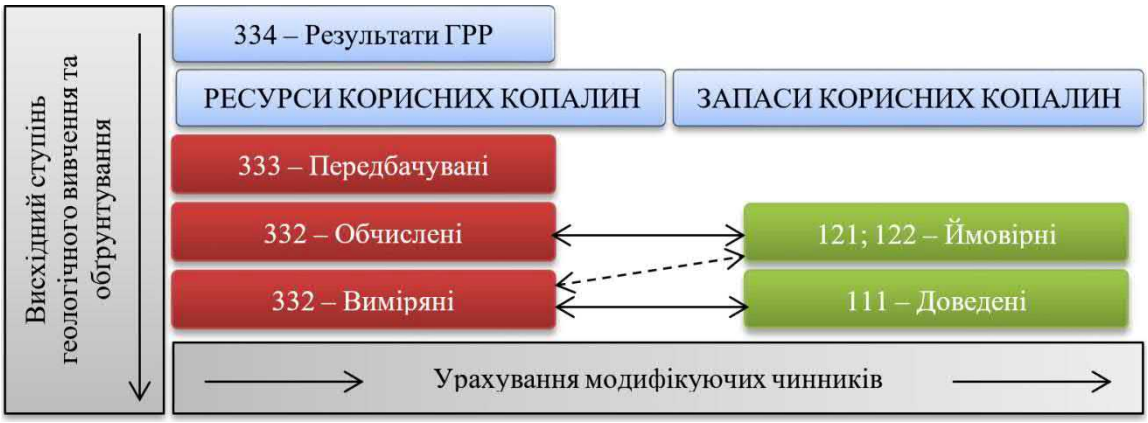


Рис. 3. Схема зіставлення класів запасів Класифікації України з Класифікацією CRIRSCO [13].

Так, за ступенем геологічного вивчення класи UNFC G1, G2, G3, G4 співвідносяться з категоріями CRIRSCO Measured, Indicated, Inferred, Exploration results відповідно (рис. 4).

Шаблон CRIRSCO	Категорії	Клас РКООН-2009

		РКООН-2009			
Запаси корисних копалин	Ймовірні	E1	F1	G1	Комерційні проекти
	Доведені			G2	
Мінеральні ресурси	Передбачувані	E2	F2	G1	Потенційно комерційні проекти
	Обчислені			G2	
	Виміряні			G3	
Результати геолого-розвідувальних робіт		E3	F3	G4	Геологорозвідувальні проекти

Рис. 4. Зіставлення класифікацій CRIRSCO та UNFC за ступенем геологічного вивчення об'єкту [3].

Очевидно, що для підвищення інвестиційної привабливості українських родовищ необхідно надавати інвесторам інформацію щодо ресурсів і запасів відповідно до міжнародних стандартів (розмовляти з інвестором однією мовою). Для цього необхідно:

1. Нормативно та законодавчо закріплена гармонізація Класифікації державного фонду надр України з Класифікацією CRIRSCO.

2. Можливість використання міжнародної класифікації при підрахунку та експертизі запасів і ресурсів в Україні, що передбачає зазначення відповідних категорій (Measured, Indicated, Inferred, Proved, Probably) у офіційних українських документах (Протоколи ДКЗ, Спеціальні дозволи на користування надрами тощо).

3. Також необхідно наближати вимоги до матеріалів, які подаються на експертизу запасів у ДКЗ України до визнаних міжнародних стандартів для того, щоб ресурси і запаси в офіційних українських документах родовища і документах, необхідних для залучення інвестицій співпадали.

ЛІТЕРАТУРА

1. ASX Listing Rules. Guidance Note 31 // https://www.asx.com.au/documents/rules/guidance_note_31_reporting_on_mining_activities.pdf

2. CIM Definition Standards (CIM Definition Standards for Mineral Resources & Mineral Reserves) Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM) // https://mrmr.cim.org/media/1128/cim-definition-standards_2014.pdf

3. CRIRSCO – UNFC Bridging Document. – CRIRSCO, 2013 // http://www.crirsco.com/news_items/crirsco_unfc_bridging_doc.pdf

4. Disclosure Standards for Companies Engaged in Mineral Exploration, Development & Production. Toronto Stock Exchange // https://www.tsx.com/resource/en/97

5. HKES. Main Board Listing Rules // https://en-rules.hkex.com.hk/sites/default/files/net_file_store/new_rulebooks/c/o/consol_mb.pdf

6. International reporting template for the public reporting of exploration results, mineral resources and mineral reserves – Committee for Mineral Reserves International Reporting Standarts, 2013. – 41 p. // http://www.crirsco.com/templates/international_reporting_template_november_2013.pdf

7. London Stock Exchange. Note for Mining and Oil & Gas Companies. – AIM, June 2009. – 16 p. // https://docs.londonstockexchange.com/sites/default/files/documents/guidance-note.pdf

8. NI 43-101 (national instrument for the Standards of Disclosure for Mineral Projects) Canadian Securities Authorities // https://www.osc.gov.on.ca/documents/en/Securities-Category4/ni_20160509_43-101_mineral-projects.pdf

9. The JORC Code. 2012 Edition. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. – Joint Ore Reserves Committee, 2012. – 44 p. // http://www.jorc.org/docs/JORC_code_2012.pdf

10. United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009. – New York and Geneva: United Nations, Economic Commission for Europe, 2010. – 20 p. // https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/unfc2009/UNFC2009_ES39_e.pdf

11. *Баряцька Н.В., Сафронова Н.Г.* Особливості застосування міжнародних класифікацій запасів і ресурсів твердих корисних копалин в Україні // V міжнародна науково-практична конференція “Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування”, (м. Трускавець, 8-12 жовтня 2018 р.) Матеріали конференції. Том I. – Київ, 2018. – С. 28-35.

12. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр (Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 5 травня 1997 р. № 432) – 11 с. // https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF#Text

13. *Рудько Г.І., Нецький О.В., Назаренко М.В., Хоменко С.А.* Національні та міжнародні системи класифікації запасів і ресурсів корисних копалин: стан та перспективи гармонізації // – Київ-Чернівці: Букрек, 2012. – 240 с.

14. *Собокарев М.* ВРЕМЯ ХАОСА: ГДЕ ПОЛУЧИТЬ ФИНАНСИРОВАНИЕ – ВЫБИРАЕМ БИРЖУ Часть 2. – MOORE ST, 2020. https://moore-st.ru/news/GDEPOLUCHITFINANSIROVANIE VYBIRAEMBIRZHU/

15. Успешный листинг на фондовой бирже Площадки для размещения ценных бумаг горнодобывающих компаний. Выпуск второй. – PwC, 2013. – 36 с. // https://www.pwc.com/ua/ru/services/capital-markets/assets/executing-listing-mining-ua-ru.pdf

УДК 550/34

ПРО ЗВ'ЯЗОК ІНТЕНСИВНОСТІ, МАГНІТУДИ ТА ГЛИБИНИ ЗЕМЛЕТРУСУ

Бицань Є.М.,
канд. фіз.-мат. наук, старший наук. співробітник, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна, e-mail: byzan@ukr.net

Було отримано рівняння, що виражають інтенсивність в епіцентрі через магнітуду та глибину землетрусу. Проаналізовано фізичний сенс їх коефіцієнтів.

ON CONNECTION BETWEEN INTENSITY, MAGNITUDE AND DEPTH OF AN EARTHQUAKE

Bytsan Eugene, Institute of Geophysics (IGP) of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, byzan@ukr.net

There were derived equations expressing intensity in the epicentrum through magnitude and depth of an earthquake. There was analyzed the physical content of the equation coefficients.

Вступ. В 1955 р. Н.В. Шебалін [1] отримав такий зв'язок між показником енергії $Э = \lg E$, силою струсу (бальністю) N в епіцентрі та глибиною джерела землетрусу h

$$0{,}9Э - N = 3{,}8\lg h - 3{,}3, \qquad (h < 70km) \qquad (1)$$

$$0{,}9Э - N = 3{,}1\lg h - 4{,}4. \qquad (h > 80km) \qquad (1a)$$

Ч. Ріхтер [2] ці формули записав в такому вигляді:

$$0{,}9\lg E - I = 3{,}8\lg h - 3{,}3 \qquad (h<70км) \qquad (2a)$$

$$0{,}9\lg E - I = 3{,}1\lg h - 4{,}4, \qquad (h>80км) \qquad (2b)$$

де I - інтенсивність землетрусу в епіцентрі.

Ці формули перепишемо таким чином:

$$I = 0{,}9\lg E - 3{,}8\lg h + 3{,}3 \qquad (h<70км) \qquad (3a)$$

$$I = 0{,}9\lg E - 3{,}1\lg h + 4{,}4 \qquad (h>80км) \qquad (3b)$$

Наступним кроком виразимо інтенсивність землетрусу в епіцентрі через магнітуду, виражаючи енергію через магнітуду. Між енергією (точніше її логарифмом) і магнітудою землетрусу існує лінійна залежність, яка записується таким чином [2]

$$\lg E = a + bM, \qquad (4)$$

де E – енергія землетрусу, M – його магнітуда, a і b - константи, отримані на підставі сейсмічних даних. Про величину цих констант можна говорити прив'язуючись до конкретних землетрусів. Далі буде іти мова про їхній фізичний характер.

Інтенсивність і магнітуда

Мається досить багато варіантів для параметрів a і b. Приведемо найвідоміші з них. Найповніший перелік їх можна знайти в роботах [2].і [3]

Установимо далі зв'язок між інтенсивністю землетрусу в епіцентрі і його магнітудою. Підставляємо вираз для логарифма енергії землетрусу (4) в формули (3а, 3б) і одержимо

$$I = 0{,}9(a + bM) - 3{,}8\lg h + 3{,}3 = c_1 + dM, \qquad (h < 70km) \qquad (5a)$$

$$I = 0{,}9(a + bM) - 3{,}1\lg h + 4{,}4 = c_2 + dM, \qquad (h > 80km) \qquad (5b)$$

де

$$c_1 = 0{,}9a + 3{,}3 - 3{,}8\lg h, \quad c_2 = 0{,}9a + 4{,}4 - 3{,}1\lg h, \quad d = 0{,}9b. \qquad (5c)$$

З формул $(5a - 5c)$ випливає, що константи в них виражаються через інтенсивність та магнітуду землетрусу таким чином

$$c_i = I(M = 0) = I_0, \quad d = 0{,}9b = I(M = k + 1) - I(M = k). \qquad (5d)$$

Звідси можна зробити висновок, покладаючи $M = 0$, що вільні члени в виразах для інтенсивностиі мають бути невеликими – менше одиниці. І ще зауважимо, что при збільшенні магнітуди на одиницю інтенсивність збільшується на $0{,}9b$, звідки можна отримати оцінки для граничних значень параметрів b або d. З виразів $(5a, 5b)$ випливає

$$b = (I_{\max} - c_i)/(0{,}9M_{\max}) \approx 1{,}5 - c_i/8 \approx 1{,}5, \quad d = 0{,}9b = 1{,}35. \qquad (5e)$$

Ч.Ф. Ріхтер [2] приводять кілька варіантів формули (4), які досить близькі між собою. Першою треба привести таку формулу

$$\lg E = \lg E_0 + 2M, \qquad (6)$$

де $E_0 = 10^8$ ерг. Потім вони запропонували такі вирази:

$$\lg E = 11{,}3 + 1{,}8M, \qquad (7a)$$

$$\lg E = 12 + 1{,}8M, \qquad (7b)$$

$$\lg E = 11 + 1{,}6M. \qquad (7c)$$

Близьку до них формулу приводить К. Касахара [4]

$$\lg E = 11{,}8 + 1{,}5M. \qquad (8)$$

Дещо відрізняються від них вирази, які отримали Філіппо і Маргелі [2]

$$\lg E = 9{,}15 + 2{,}15M. \qquad (9)$$

та Бат [3]

$$\lg E = 7{,}2 + 2M. \qquad (10)$$

Ще одна формула Бата приводиться в [4]

$$\lg E = 5{,}24 + 1{,}44M. \qquad (11)$$

Н.В. Шебалін [5] вважав, що сейсмічна енергія визначається для слабких землетрусів $(M < 3)$ за такою формулою

$$\lg E = 4 + 1{,}8M, \qquad (12)$$

а для сильних – за наступною:

$$\lg E = 5 + 1{,}5M. \qquad (13)$$

Всі ці формули для енергії землетрусу відрізняються значенням коефіцієнтів a і b в формулі (4). Вияснимо фізичний зміст цих констант. Пропотенціюємо рівняння (4)

$$E = 10^a 10^{bM}. \qquad (14)$$

Покладемо в (1) $M = 0$. Тоді отримаємо

$$E(M=0) = 10^a = E_0, a = \lg E_0, E_k = E_0 10^{bk}, E_{k+1}/E_k = 10^b, b = \lg(E_{k+1}/E_k). \qquad (15)$$

Повернемось до формул (5а, 5в) і проаналізуємо залежність інтенсивності землетрусу в епіцентрі від його магнітуди і глибини для різних варіантів виразів для енергії (6-13).

Спочатку проаналізуємо використання формули Ч.Ф. Ріхтера (6). Підставимо цю формулу в рівняння (5а) і (5в) і отримаємо

$$I = 10{,}5 - 3{,}8\lg h + 1{,}8M, \qquad (h < 70km) \qquad (16a)$$
$$I = 11{,}6 - 3{,}1\lg h + 1{,}8M. \qquad (h > 70km) \qquad (16b)$$

Запишемо формулу (16а) для h=10 км і h=60 км. В підсумку отримаємо

$$\begin{aligned} I &= 6{,}7 + 1{,}8M, \qquad (h = 10). \\ I &= 3{,}75 + 1{,}8M \qquad (h = 60) \end{aligned} \qquad (16c)$$

Підставимо в формулу (16с) крайні значення для магнітуди М=3 і М=6 і отримаємо

$$I_{10}(3) = 12{,}1, \quad I_{10}(6) = 17{,}5, \quad I_{60}(3) = 9{,}15, \quad I_{60}(6) = 14{,}55. \qquad (17)$$

А тепер застосуємо формулу (16в) для глибокофокусних землетрусів з глибинами джерел 100 і 600 кілометрів. Результат запишеться таким чином:

$$\begin{aligned} I &= 5{,}4 + 1{,}8M, \qquad (h = 100). \\ I &= 3 + 1{,}8M \qquad (h = 600) \end{aligned} \qquad (16d)$$

Підставляємо сюди крайні значення для магнітуди М=3 і М=6 і отримаємо

$$I_{100}(3) = 10{,}8, \quad I_{100}(6) = 16{,}2, \quad I_{600}(3) = 8{,}4, \quad I_{600}(6) = 13{,}8. \qquad (18)$$

Далі проаналізуємо застосування формули (7а) для одержання зв’язку між інтенсивністю та магнітудою. Підставляючи формулу(7а) в рівняння (5а, 5в), прийдемо до таких співвідношень

$$I = 13{,}5 - 3{,}8\lg h + 1{,}62M, \qquad (h < 70km) \qquad (19a)$$
$$I = 14{,}6 - 3{,}1\lg h + 1{,}62M. \qquad (h > 80km) \qquad (19b)$$

Запишемо формулу (19а) для h=10 км і h=60 км. В підсумку отримаємо

$$\begin{aligned} I &= 9{,}7 + 1{,}62M, \qquad (h = 10). \\ I &= 6{,}75 + 1{,}62M \qquad (h = 60) \end{aligned} \qquad (19c)$$

Підставимо в формулу (19с) крайні значення для магнітуди М=3 і М=6 отримаємо

$$I_{10}(3) = 14{,}56, \quad I_{10}(6) = 16{,}47, \quad I_{60}(3) = 13{,}06, \quad I_{60}(6) = 15{,}32. \qquad (20)$$

А тепер застосуємо формулу (19в) для глибокофокусних землетрусів з глибинами джерел землетрусу 100 і 600 кілометрів. Результат запишеться таким чином:

$$\begin{aligned} I &= 8{,}4 + 1{,}62\,M, \qquad (h = 100). \\ I &= 6 + 1{,}62\,M \qquad (h = 600) \end{aligned} \tag{21}$$

Підставляємо сюди крайні значення для магнітуди М=3 і М=6 отримаємо

$$I_{100}(3) = 13{,}6, \quad {}_{100}(6) = 18{,}12, \quad I_{600}(3) = 10{,}86, \quad I_{600}(6) = 15{,}32. \tag{22}$$

Наступні три формули для енергії землетрусу близькі до розглянутих.

Далі скористаємося формулами Філіппо і Маргелі.(9). Підставимо цю формулу в рівняння (5а) і (5в) і одержимо

$$I = 11{,}5 - 3{,}8\lg h + 1{,}93M, \qquad (h < 70km) \qquad (23a)$$

$$I = 12{,}6 - 3{,}1\lg h + 1{,}93M. \qquad (h > 70km) \qquad (23b)$$

Запишемо формулу (23а) для h=10 км і h=60 км. В підсумку отримаємо

$$\begin{aligned} I &= 7{,}5 + 1{,}93M, \qquad (h = 10). \\ I &= 4{,}75 + 1{,}93M \qquad (h = 60) \end{aligned} \tag{23c}$$

Підставимо в формулу (23с) крайні значення для магнітуди М=3 і М=6 отримаємо

$$I_{10}(3) = 13{,}3, \quad I_{10}(6) = 19{,}1, \quad I_{60}(3) = 10{,}5, \quad I_{60}(6) = 16{,}3. \tag{24}$$

А тепер застосуємо формулу (23в) для глибокофокусних землетрусів з глибинами 100 і 600 кілометрів. Результат запишеться таким чином:

$$\begin{aligned} I &= 6{,}4 + 1{,}93M, \qquad (h = 100). \\ I &= 4 + 1{,}93M. \qquad (h = 600) \end{aligned} \tag{23d}$$

Підставляємо сюди крайні значення для магнітуди М=3 і М=6 отримаємо

$$I_{100}(3) = 12{,}2 \quad I_{100}(6) = 15{,}8, \quad I_{600}(3) = 6{,}8, \quad I_{600}(6) = 9{,}6. \tag{25}$$

Далі скористаємося формулами Бата (10, 11) які приводяться в [3, 4]. Перша з них дуже близька до формули (6) Ч.Ф. Ріхтера, яку проаналізували трохи вище, а за допомогою другої одержимо

$$I = 8 - 3{,}8\lg h + 1{,}3M, \qquad (h < 70km) \qquad (26a)$$

$$I = 9{,}1 - 3{,}1\lg h + 1{,}3M. \qquad (h > 70km) \qquad (26b)$$

Запишемо формулу (23а) для h=10 км і h=60 км. В підсумку отримаємо

$$\begin{aligned} I &= 4{,}2 + 1{,}3M, \qquad (h = 10). \\ I &= 1{,}25 + 1{,}3M \qquad (h = 60) \end{aligned} \tag{26c}$$

Підставимо в формулу (23с) крайні значення для магнітуди М=3 і М=6 отримаємо

$$I_{10}(3) = 8{,}1, \quad I_{10}(6) = 12, \quad I_{60}(3) = 5{,}15, \quad I_{60}(6) = 9{,}05. \tag{27a}$$

А тепер застосуємо формулу (23в) для глибокофокусних землетрусів з глибинами джерел100 і 600 кілометрів. Результат запишеться таким чином:

$$I = 2{,}9 + 1{,}3M, \qquad (h = 100).$$
$$I = 0{,}5 + 1{,}3M \qquad (h = 600) \tag{26d}$$

Підставляємо сюди крайні значення для магнітуди M=3 і M=6 і отримаємо

$$I_{100}(3) = 6{,}8, \quad I_{100}(6) = 10{,}7, \quad I_{600}(3) = 4{,}4, \quad I_{600}(6) = 8{,}3. \tag{27в}$$

З формули (27а) видно, що інтенсивність неглибоких землетрусів дещо завищена, а вираз (27в) дає непогані дані для глибоких випадків, що говорить про непогане співпадання розрахункових результатів з фактичними.

Проаналізуємо тепер застосування формул Н.В. Шебаліна [4] для сейсмічної енергії, який вважав, що сейсмічна енергія землетрусів визначається за такими формулами:

$$\lg E = 4 + 1{,}8M, \qquad (M < 3), \tag{28а}$$

$$\lg E = 5 + 1{,}5M. \quad (M > 3). \tag{28в}$$

Спочатку розглянемо варіант слабких землетрусів. Підставимо формулу (28а) в вирази (5а, 5в) і отримаємо

$$I = 6{,}9 - 3{,}8\lg h + 1{,}62M, \qquad (h < 70km) \qquad (29a)$$
$$I = 8 - 3{,}1\lg h + 1{,}62M. \qquad (h > 70km) \qquad (29b)$$

Запишемо формулу (29а) для h=10 км і h=60 км. В підсумку отримаємо

$$I = 3{,}1 + 1{,}62M, \qquad (h = 10).$$
$$I = 0{,}15 + 1{,}62M. \qquad (h = 60) \tag{30а}$$

Підставимо в формулу (30а) крайні значення для магнітуди M=1 і M=3 і отримаємо

$$I_{10}(1) = 4{,}72, \quad I_{10}(3) = 7{,}96, \quad I_{60}(1) = 1{,}77, \quad I_{60}(3) = 5. \tag{31а}$$

А тепер застосуємо формулу (29а) для глибокофокусних землетрусів з глибинами 100 і 600 кілометрів. Результат запишеться таким чином:

$$I = 1{,}8 + 1{,}62M, \qquad (h = 100).$$
$$I = -0{,}6 + 1{,}62M \qquad (h = 600) \tag{30в}$$

Підставляємо сюди крайні значення для магнітуди M=1 і M=3 отримаємо

$$I_{100}(1) = 3{,}42, \quad I_{100}(3) = 6{,}66, \quad I_{600}(1) = 1{,}02, \quad I_{600}(3) = 4{,}26. \tag{31в}$$

Далі розглянемо варіант сильних землетрусів з використанням формули (28в). Підставимо її в вирази (5а, 5в) і отримаємо

$$I = 7{,}8 - 3{,}8\lg h + 1{,}35M, \qquad (h < 70km) \qquad (29a)$$
$$I = 8{,}9 - 3{,}1\lg h + 1{,}35M. \qquad (h > 70km) \qquad (29b)$$

Спочатку проаналізуємо випадок неглибоких землетрусів. Запишемо формулу (29а) для крайніх випадків h=10 км і h=60 км. В підсумку отримаємо таку залежність між інтенсивністю і магнітудою, яка дає можливість зробити висновок про характер цієї залежності

$$I = 4 + 1{,}35M, \qquad (h = 10).$$
$$I = 1{,}05 + 1{,}35M. \qquad (h = 60) \tag{30a}$$

Підставимо в формулу (30а) крайні значення для магнітуди M=4 і M=8 і отримаємо

$$I_{10}(4) = 9{,}4, \quad I_{10}(8) = 14{,}8, \quad I_{60}(4) = 6{,}45, \quad I_{60}(8) = 11{,}85. \tag{31c}$$

Далі застосуємо формулу (29в) для глибокофокусних землетрусів з глибинами джерел 100 і 600 кілометрів. Результат запишеться таким чином:

$$I = 2{,}7 + 1{,}35M, \qquad (h = 100).$$
$$I = 0{,}29 + 1{,}35M \qquad (h = 600) \tag{30в}$$

Підставляємо сюди крайні значення для магнітуд M=4 і M=8 і отримаємо задовільні вирази для інтенсивності.

$$I_{100}(4) = 8{,}3, I_{100}(6) = 10{,}8, I_{100}(8) = 13{,}7, I_{600}(4) = 5{,}9, I_{600}(6) = 8{,}4, I_{600}(8) = 11{,}3. \tag{31d}$$

Висновки. Результати розрахунків показують, що інтенсивність землетрусу в епіцентрі, підрахована за виразами (3а, 3b) з використанням формули (4) для сейсмічної енергії має різний характер в залежності від її параметрів. Найкращі результати отримані в вивадку, коли вільна константи в виразах для інтенсивності менші за одиницю. Найкращі результати отримано за допомогою формули Бата (11) і Н.В. Шебаліна. В інших випадках треба провести корегування формул для сейсмічної енергії з врахуванням фізичної природи складових формул (4, 5, 14, 15).

ЛІТЕРАТУРА

1. *Н.В.Шебалин.* О связи между энергией, балльностью и глубиной очага землетрясений / Изв. АН СССР, сер. геофизическая, С. 377-380.

2. *Ч.Ф. Рихтер.* Элементарная сейсмология. - Москва: Иностранная литература, 1963, 671с.

3. *М.Бат.* Соотношение между магнитудой и энергией зеилетрясения. / Слабые землетрясения. Сб. перев. Под ред. Ю.В.Ризниченко. - Москва: Издат. иностр. лит. 1961, 535с.

4. *А.Д. Потапов, И.Л. Ревелис.* Землетрясения. Причины и последствия. - Москва: Высшая школа, 2009. 246с.

5. *Н.В. Шебалин.* Сейсмология - наука о землетрясениях. - Москва: Знание, 1974.

6. *Gutenberg B., Richter C. F.,* Seismicity of the Eart, Princeton: Princeton University Press, 2nd. ed., 1954, 543p.

УДК 622.831.325.3:552.574:539.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРИСТОСТИ УГЛЕЙ СРЕДНЕЙ СТАДИИ МЕТАМОРФИЗМА НЕЗАВИСИМЫМИ МЕТОДАМИ

Т. А. Василенко[1], А. К. Кириллов[2], А. Х. Исламов[3], Н. М. Белозерова[4]
1 – д-р техн. наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет", г. Санкт-Петербург, Россия (tvasilenko@mail.ru),
2 – д-р техн. наук, старший научный сотрудник, Институт физики горных процессов НАН Украины, г. Днепр, Украина, kirillov_ak@ukr.net,
3 – канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник, Лаборатория нейтронной физики им. И.М. Франка, Объединённый институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия
4 – младший научный сотрудник, Лаборатория нейтронной физики им. И.М. Франка, Объединённый институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия

Методами объемного насыщения метаном и малоуглового рассеяния нейтронов определена пористость образцов углей одного из угольных пластов на Юге Кузнецкого бассейна. Полученные значения полной пористости, включающей закрытые, позволило объяснить измеренную газоемкость и транспортные свойства угольных образцов в тектоническом нарушении и невыбросоопасной зоне угольного пласта. Результаты исследования позволяют заблаговременно планировать мероприятия по дегазации пласта до уровней, рекомендованных для безопасной добычи угля на больших глубинах.

DETERMINATION OF POROSITY OF THE MIDDLE STAGE METAMORPHISM COAL BY INDEPENDENT METHODS

[1]Vasilenko T.A., [2]Kirillov A.K., [3]Islamov A.H., [4]Belozerova N.M.
1 – Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia, tvasilenko@mail.ru,
2 – Institute for Physics of Mining Processes, NAS of Ukraine, Dnipro, Ukraine, kirillov_ak@ukr.net,
3,4 – FLNP, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

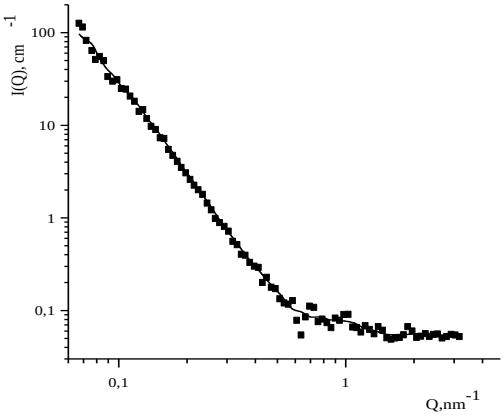
The methane volume saturation method and small angle neutron scattering were used to determine the porosity of coal samples from one of the coal seams in the south of the Kuznetsk Basin. The obtained values of the total porosity, including closed ones, made it possible to explain the measured gas consumption and transport properties of coal samples in a tectonic disturbance and in a non-hazardous zone of a coal seam. The research results allow to plan in advance measures for the degassing of the coal bed to the levels recommended for safe coal mining at great depths.

Поровую структуру образцов углей можно рассматривать, как поверхностные фракталы, (таблица 1). Для пористого вещества, которым является уголь, рассеяние нейтронов происходит на границах раздела пор и твердой матрицы. Потому фрактальная размерность D_f характеризует степень гладкости (изрезанности) поверхности порового пространства. Именно для таких образцов имеет смысл вычислять удельную поверхность.

Поскольку наклон кривой рассеяния к оси абсцисс отличается от значения, следующего из классического закона Порода (α = 4), необходимо при вычислении удельной поверхности пор S/V учитывать фрактальность распределения [1, 2], а также контраст $\Delta\rho$ ($\Delta\rho = \rho_{solid} - \rho_{pore}$), т.е. (SLD), – разность между плотностями длин рассеяния нейтронов для твердой фазы и пор в образце [2]. Поскольку угли пласта имеют выход летучих V^{daf} = 24,4, их

относят к марке К (коксовый). Согласно регрессионной зависимости SLD = 0,0199V^{daf} + 3,22 [3] принято SLD = 2,73·10^{10} см^2.

Исследование методом МУРН образцов углей в виде порошка с размерами частиц 0,2–0,25 мм проводились на малоугловом спектрометре YuMO [4] в интервале векторов рассеяния Q = (0,067 – 4,85) нм$^{-1}$ (рис. 1). В области степенной зависимости интенсивности рассеяния $I(Q) \sim Q^{-\alpha}$ объектами, рассеивающими нейтроны, принято считать границы пор с характерными размерами R = 2,5/Q нм [5], что соответствует интервалу R = (5–37) нм для исследуемых углей. При этом выполняется условие $R >> \lambda$, где $\lambda = 2\pi/Q$.



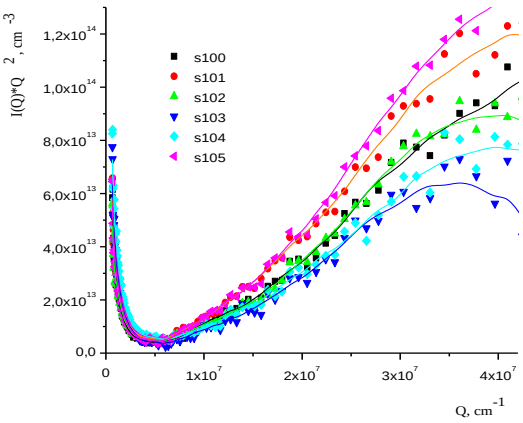


Рис. 1. *Кривая рассеяния нейтронов в двойных логарифмических координатах. Образец S102*
Рис. 2. *График Кратки для образцов S100-S105*

Вычисление пористости (таблица 3 и 4) выполнено на основании инварианта Порода Z, который определяется как площадь под кривой графика зависимости $Q^2I(Q)$ от Q (график Кратки):

$$Z = \int_0^\infty Q^2 I(Q) dQ, \qquad (1)$$

где $I(Q)$ – интенсивность рассеяния нейтронов в абсолютной шкале [см$^{-1}$], Q - модуль вектора рассеяния.

Сравнение графиков Кратки для образцов S100–S105 (рис 2) позволяет оценить вклад пор различного масштаба в рассеяние нейтронов на конечном интервале Q, ограниченном предельными углами рассеяния спектрометра (0,067–4,85) нм$^{-1}$. Действительно, правая часть графика при больших значениях модуля вектора рассеяния Q соответствует вкладу микропор в интенсивность рассеяния, малые значения Q характеризуют рассеяние нейтронов макропорами.

Для двухфазной среды инвариант Порода связан с объемным содержанием фаз равенством:

$$Z = 2\pi^2 \varphi_1 \left(1 - \varphi_1\right) \Delta\rho^2, \qquad (2)$$

где φ_1 – объемное содержание одной из фаз, $\Delta\rho^2$ – контраст двух фаз. В случае пористой среды $\Delta\rho = \rho_f - \rho_s$: разность SLD флюида, заполняющего поры и SLD твердой матрицы. В случае газовой среды при низких давлениях в порах допустимо принять, что $\Delta\rho = \rho_s$.

Согласно равенству (2) для определения пористости необходимо решить квадратное уравнение. Решение примет вид:

$$\varphi_1 = \frac{1}{2}\left(1 - \sqrt{1 - 4C}\right),$$

где

$$C = \frac{Z}{2\pi^2 \Delta\rho^2}$$

– константа Порода [6]. Из рисунка 2 следует, что вклад микропористости в рассеяние нейтронов в образцах существенен (правая часть графиков). Значения пористости, полученные методом МУРН, соответствуют интервалу Q = (0,067 – 4,2) нм$^{-1}$ (Таблица 1).

Удельная поверхность пор $S(R)/V$ вычислена с учетом поверхностной фрактальной размерности $D_f = 6 - \alpha$ [4]. В таблице 1 приведены ее значения для линейного масштаба R, соответствующего максимальному значению Q, для которого выполняется степенная зависимость $I(Q)$.

Таблица 1. – Результаты определения пористости объемным методом и МУРН

N	Зольность	Закрытая пористость	Пористость МУРН	S/V, см^2/см^3	Примечание
S100	4	0,27	0,15	$7{,}92 \cdot 10^3$	нарушение
S101	7,8	0,16	0,16	$1{,}41 \cdot 10^4$	50 м от нарушения
S102	6,5	0,17	0,13	$1{,}32 \cdot 10^4$	-50 м от нарушения
S103	7,6	0,35	0,10	$7{,}73 \cdot 10^3$	100 м от нарушения
S104	-	-	0,13	$1{,}19 \cdot 10^4$	-100 м от нарушения
S105	36,8	0,26	0,23	$9{,}31 \cdot 10^3$	Верхн. слой пласта. Не дегазирован

В отличие от МУРН объемный метод [7] позволяет определить полную пористость углей во всем интервале линейных размеров пор и трещин. Поэтому значения пористости в таблице 1, включающей закрытые поры, превосходят значения, полученные МУРН.

Спектры комбинационного рассеяния при комнатной температуре получены с использованием спектрометра LabRAM (Horiba Gr, France) с диффракционной решеткой 1800 штр/мм и длиной волны возбуждения 633 нм, излучаемой He-Ne-лазером. При обработке спектров определялись положения пиков полос поглощения углерода D и G (ΔK_D и ΔK_G), а также их относительное смещение ΔK_{G-D}. Вычислялись отношения интенсивностей пиков этих полос I_D/I_G и отношения полных интенсивностей полос A_D/A_G (таблица 2). Предварительный анализ этих величин показал, что образец S100 из тектонического нарушения заметно отличается от всех других по параметру A_D/A_G и рамановскому сдвигу ΔK_D. Наибольшее значение ΔK_D = 1350 см$^{-1}$ и наименьшее значение A_D/A_G=0,89 среди исследуемых образцов свидетельствует о том, что уголь в зоне нарушения изменения в структуре происходили по механизму пластической деформации без существенного нарушения связей в алифатической части.

Таблица 2. – Параметры рамановских спектров для исследуемых образцов

Образец	ΔK_D	ΔK_G	ΔK_{G-D}	I_D/I_G	A_D/A_G
S100	1350	1593	243	0,656	0,89
S101	1341	1592	251	0,664	1,04
S102	1344	1590	246	0,806	1,27
S103	1342	1589	247	0,806	1,27
S104	1342	1591	249	0,702	1,07
S105	1344	1590	246	0,794	1,36

Анализ полученных результатов. В таблице 1 представлены значения пористости, полученные объемным методом и МУРН, а также значения удельной поверхности *S*/*V*, полученные МУРН. Прежде всего, обращает на себя внимание корреляция трех значений этих данных для образцов S100, S103 и S105, имеющих наименьшие значения *S*/*V*. Для них получены наибольшие значения полной пористости, которая представлена в столбце «закрытая пористость». Пористость, полученная МУРН, соответствует интервалу размеров пор в области мезо- и микропористости и может характеризовать только относительный вклад пустотности углей в полную пористость. Сравнение этих значений с полной пористостью указывает на то, что вклад этого интервала размеров пор различен для

исследуемых образцов. Действительно, практически при одинаковых значениях пористости из МУРН, относительное содержание макропор в области тектонического нарушения существенно превосходит эту величину для образца S101, где оба значения совпадают. При лабораторном определении остаточной газоносности показано, что в области тектонического нарушения пласта (S100) в угольном веществе выделяются две системы пор, имеющих различные значения коэффициента диффузии D_{eff}. Для области макропор D_{eff} превосходит аналогичную величину в 1,5–2 раза. Для образца S101 D_{eff} в несколько раз меньше, чем для нарушенной зоны, поскольку в нем процессы массопереноса определяются только системой микропор.

Пласт в точке отбора образца S102 предварительно отнесен к выбросоопасной зоне, поскольку согласно МУРН для образца получена наибольшая поверхностная фрактальная размерность D_f=2,85. Образец S103, отобранный на расстоянии 100 м от образца S100, имеет точно такие же значения фрактальной размерности и удельной поверхности, как образец S100 из зоны тектонического нарушения. Поэтому в этой зоне можно ожидать повышенное газовыделение при отработке пласта, что требует предварительную дегазацию.

Образец S105, наиболее удаленный от всех остальных образцов имеет такую систему пор, для которой два метода вычисления пористости дали практически одинаковые значения. Малое значение объема макропор, тем не менее, не означает, что этот участок пласта при газоносности (17–19) м^3/т не требует предварительной дегазации. Согласно рамановской спектроскопии количество дефектов в алифатической структуре угля в этой зоне минимально.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Василенко, Т., Исламов, А., Кириллов, А., Дорошкевич, А.* (2018). Исследование иерархической структуры ископаемых углей методом малоуглового рассеяния тепловых нейтронов. Горный информационно-аналитический бюллетень (сб.научн. трудов), № 11, (спец. Выпуск №49), 33-48. doi:10.25018/0236-1493-2018-11-49-33-48

2. *Snook, I., Yarovsky, I., Hanley, et al.* (2002). Characterization of Metallurgical Chars by Small Angle Neutron Scattering. Energy & Fuels, 16(5), 1009-1015. doi:10.1021/ef010107n

3. *Sakurovs R., Melnichenko Yu. B., He L., et al.* (2012). Pore size distribution and accessible pore size distribution in bituminous coals. Fuel, 100, 51 – 64. doi:10.1016/j.coal.2012.06.005

4. *Kuklin, A.I., Rogachev, A.V., Soloviov, D.V., et al.* (2017). Neutronographic investigations of supramolecular structures on upgraded small-angle spectrometer YuMO. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 848, 012010. doi:10.1088/1742-6596/848/1/012010

5. *Radlinski, A.P., Radlinska, E.Z., Agamalian M., et al.* (2000). The fractal microstructure of ancient sedimentary rocks. J. Appl. Crystallogr. 33, 860–862.

6. *Свергун, Д.И., & Фейгин, Л.А.* (1986). Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние. Москва: Наука.

7. Методические указания по определению содержания сорбированного и свободного метана в ископаемых углях. Макеевка, 1977.

УДК 551.763.32:563.12(477.6)

ОБҐРУНТУВАННЯ ГРАНИЦІ ШИРОКІВСЬКОЇ І ЄЛАНЧИЦЬКОЇ СВІТ ПІВНІЧНОЇ ОКРАЇНИ ДОНБАСУ ЗА ФОРАМІНІФЕРАМИ

О. Д. Веклич, молодший науковий співробітник відділу стратиграфії і палеонтології мезозойських відкладів ІГН НАН України, м. Київ, Україна, e-mail: veklych_od@i.ua

За вертикальним поширенням форамініфер і їх систематичним складом у комплексах прослідковано та обґрунтовано границю місцевих стратиграфічних підрозділів – широківської і єланчицької світ, а також відповідно їх підсвіт – малорязанцівської (верхній коньяк) і білогорівської (нижній сантон) Північної окраїни Донбасу. При дослідженні форамініфер з цих відкладів нами за видами-індексами і характерними видами були визначені дві форамініферові зони: Gavelinella costulata середнього-верхнього коньяку і Gavelinella infrasantonica нижнього сантону. Аналіз форамініфер в асоціаціях дозволив визначити види, які вимирали, або з'являлися нові, а також ті, які продовжили свій розвиток в більш пізній час. Це стало основою для обґрунтування границі коньяцького і сантонського ярусів, на прикладі розрізів верхньоконьяцьких відкладів широківської світи (смт Черкаське, Донецька область) і нижньосантонських утворень єланчицької світи (смт Черкаське, Донецька область; с. Білогорівка, Луганська область; с. Мілова, Харківська область).

SUBSTANTIATION OF THE BOUNDARY OF SHIROKIVSKY AND YELANCHYTSKY SUITES OF THE NORTHERN OUTSKIRTS OF DONBAS BY FORAMINIFERS

O. D. Veklych, junior researcher at the Department of Stratigraphy and Paleontology of Mesozoic Sediments Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: veklych_od@i.ua

According to the vertical distribution of foraminifers and their systematic composition in the complexes, the boundary of local stratigraphic subdivisions – Shirokivsky and Yelanchytsky suits, as well as their subsuites – Maloryazantsivska (Upper Coniac) and Belogorivska (Lower Santon) Northern outskirts of Donbas were traced and substantiated. At research of foraminifers from these sediments, we identified two foraminiferal zones by species-indices and characteristic species: Gavelinella costulata of the Middle-Upper Coniac and Gavelinella infrasantonica of the Lower Santon. The analysis of foraminifers in associations made it possible to determine the species that died out, or the new appeared, and also those that continued the development in later time. This became the basis for substantiating the boundary of the Coniacian and Santonian stage, on the example of sections of Upper Coniac sediments of the Shirokivska suite (urban village Cherkaske, Donetsk region) and Lower Santon formations of the Yelanchytska suite (urban village Cherkaske, Donetsk region; village Belogorovka, Lugansk region; village Milova, Kharkiv region).

Вступ. У відповідності до держбюджетної теми, яка виконується в ІГН НАН України з 2018–2021 рр.: "Обґрунтування границь регіональних і місцевих стратиграфічних підрозділів фанерозою України для геологічних карт нового покоління" нами були досліджені на мікрофауністичний аналіз (форамініфери) верхньоконьяцькі та нижньосантонські відклади з розрізів Північної окраїни Донбасу.

Згідно "Стратиграфічних схем верхньокрейдових відкладів Північної окраїни Донбасу" [Стратиграфія..., 2013] туронські та коньяцькі утворення об'єднані в широківську світу, в якій виділено підсвіти (знизу вгору й надалі): закотненську і гірську – турону, вовчеярівську і малорязанцівську – коньяку. Сантонські відклади цього регіону виокремлені в єланчицьку світу, яка поділена на підсвіти: нижню (білогорівську) і середню (успенську) – нижнього під'ярусу сантону та верхню (лутугинську) – верхнього під'ярусу.

Метою дослідження є виявлення форамініферових видів, присутність яких може слугувати базисом для встановлення границі між коньяцьким і сантонським ярусами на прикладі розрізів верхньокрейдових відкладів Північної окраїни Донбасу.

Матеріали і методика дослідження. Нами досліджено форамініфери з верхньокрейдових розрізів Північної окраїни Донбасу трьох кар'єрів: смт Черкаське (Слов'янський район, Донецька область); с. Білогорівка (Лисичанський район, Луганська область); с. Мілова (Балаклійський район, Харківська область). Зразки були відібрані співробітницею УКРДГРІ Л.П. Гончарук у 1988 р., 2001 р. та люб'язно передані автору для подальшого опрацювання. Виокремлення форамініфер з породи здійснено за традиційною методикою. Визначення їх систематичного складу проведено за допомогою бінокулярного мікроскопа МБС-9. Перш ніж перейти до викладу основних результатів дослідження зауважимо, що детальний опис розрізів і фактичний матеріал наведений в роботах автора [Веклич, 2015а, б, 2016, 2018].

Основні результати. ***Широківська світа****, малорязанцівська підсвіта* (верхній коньяк). У крейді білій писальній щільній кар'єру смт Черкаське (крім останнього уступу) визначений середньо-пізньоконьяцький комплекс форамініфер. Вид-індекс *Gavelinella costulata* (Marie) і характерні види угруповання *Spiroplectammina embaensis* Barysch., *Stensioeina granulata granulata* (Orb.), *Gavelinella infrasantonica* (Balakhm.), *G. thalmanni* (Brotz.) визначають зону Gavelinella costulata верхнього коньяку західних регіонів європейської частини колишнього СРСР (західної частини Східноєвропейської платформи) [Практическое..., 1991]. Дана зона тотожна зоні Gavelinella thalmanni середнього-верхнього коньяку СЄП з тими ж характерними видами (крім виду *Stensioeina granulata granulata*), її вік підтверджено знахідками нанопланктону зони CC14 [Олферьев и др., 2005] тобто, зона Gavelinella costulata є також середньо-верхньоконьяцькою. В Північній окраїні Донбасу форамініферовій зоні Gavelinella costulata відповідають макрофауністичні зони – Volviceramus koeneni (середній коньяк) та Volviceramus involutus (верхній коньяк) окраїн Донбасу [Якушин, 2010, Стратиграфія..., 2013] і виявлена у верхній частині вовчеярівської та малорязанцівській підсвітах широківської світи Північної окраїни Донбасу.

У комплексі присутні види, які вперше з'являються в даній зоні: *Spiroplectammina embaensis* Mjatl., *Gavelinella thalmanni* (Brotz.), *Cibicidoides praeeriksdalensis* (Vass.) та ін. До форамініфер вузького вертикального поширення відносяться види з віковим діапазоном ранній-пізній коньяк – ранній сантон: *Spiroplectammina embaensis* Mjatl., *Gavelinella infrasantonica* (Balakhm.), *Cibicidoides praeeriksdalensis* (Vass.), *Stensioeina emsherica* Baryschn. та ін.

Нижня границя зони визначається по появі виду-індексу: *Gavelinella costulata* (Marie) і характерних видів *Spiroplectammina embaensis* Barysch., *Stensioeina granulata granulata* (Orb.), *Gavelinella infrasantonica* (Balakhm.), *G. thalmanni* (Brotz.). Верхню границю фіксують види, які закінчують свій розвиток: *Gavelinella moniliformis* (Reuss), *G. ammonoides* (Reuss), *G. kelleri* (Mjatl.), *Stensioeina granulata granulata* (Orb.), *S. emsherica* Baryschn. і деякі інші.

Єланчицька світа, *білогорівська підсвіта* (нижній сантон). Ранньосантонські комплекси встановлені в трьох розрізах: кар'єрі смт Черкаське (восьмий уступ, зверху), у крейді білій писальній щільній з висипкою гальки базального шару; Білогорівського кар'єру (перший уступ) Лисичанського содового заводу (с. Білогорівка, Луганська область) у крейді писальній білій; кар'єрі с. Мілова (Балаклійський район, Харківська область) в потужній товщі мергелів світло-сірих, сизуватих, вище за розрізом – крейді білій сильно тріщинуватій щільній. В трьох угрупованнях визначені зональний вид *Gavelinella infrasantonica* (Balakhm.) і характерні види *Eponides concinnus planus* Vass., *Stensioeina exculpta exculpta* (Reuss), *Pyramidina buliminoides* Brotz., які вказують на зону Gavelinella infrasantonica нижнього сантону [Практическое..., 1991]. В Північній окраїні Донбасу форамініферовій зоні Gavelinella infrasantonica відповідає макрофауністична зона Sphenoceramus cardissoides нижнього сантону окраїн Донбасу [Якушин, 2010; Стратиграфія..., 2013] і виявлена в нижній (білогорівській) і в середній (успенській) підсвітах нижної частини єланчицької світи.

Види, які вперше з'являються у нижньому сантоні: *Neoflabellina rugosa* (Orb.), *Stensioeina exculpta exculpta* (Reuss), *Cibicides beaumontianus* (Orb.), *Eponides concinnus planus* Vass., *Valvulineria mariei* Vass., *V. laevis* Brotz., *Pyramidina buliminoides* Brotz. та ін. Аналіз вікового поширення видів у комплексі виявив форамініфери вузького вікового інтервалу (ранній-пізній сантон): *Eponides concinnus planus* Vass., *Valvulineria laevis* Brotz., *Pyramidina buliminoides* Brotz. та ін.

Нижня границя зони визначена масовим розвитком виду-індексу: *Gavelinella infrasantonica* (Balakhm.), одиничні екземпляри якого зустрічаються у верхньому коньяку і характерного комплексу у складі *Eponides concinnus planus* Vass., *Stensioeina exculpta exculpta* (Reuss), *Pyramidina buliminoides* Brotz. Верхня границя – зникненням зонального виду *Gavelinella infrasantonica* (Balakhm.), *Sitella gracilis* (Vass.), *Dicarinella* (*Globotruncana*) *concavata* (Brotz.), *Marginotruncana* (*Globotruncana*) *lapparenti* Brotz. та ін. Фактично це границя між нижнім і верхнім під'ярусами сантону, до неї приурочена заміна коньяк – нижньосантонської групи форамініфер верхньосантонсько – маастрихтською.

Визначення границі між коньяцьким і сантонським ярусами підтверджується спільними формами, виявленими при порівнянні встановлених нами видів форамініфер у розрізах

досліджуваної території з зональними стандартами Бореальної провінції МСШ [Ogg et al., 2008], а саме зональними маркерами *Globorotalites* ? *michelinianus*, *Stensioeina granulata granulata*, *S. exculpta exculpta* та іншими бентосними форамініферами *Gavelinella thalmanni*, *Reussella kelleri*, *Loxostomum* (*Bolivinitella*) *eleyi*, а також планктонними видами – *Dicarinella* (*Globotruncana*) *concavata*, *Heterohelix globulosa* та ін.

Висновки. В Північній окраїні Донбасу границя між малорязанцівською (верхній коньяк) підсвітою широківської світи і білогорівською (нижній сантон) підсвітою єланчицької світи за форамініферами визначається видами, які закінчують своє існування у верхньому коньяку: *Gavelinella moniliformis* (Reuss), *G. ammonoides* (Reuss), *G. kelleri* (Mjatl.), *Stensioeina granulata granulata* (Orb.), *S. emsherica* Baryschn. та ін., а також масовим розвитком виду *Gavelinella infrasantonica* (Balakhm.) і появою групи нових сантонських видів: *Neoflabellina rugosa* (Orb.), *Stensioeina exculpta exculpta* (Reuss), *Cibicides beaumontianus* (Orb.), *Eponides concinnus planus* Vass., *Valvulineria mariei* Vass., *Pyramidina buliminoides* Brotz. та ін. Треба зазначити, що з верхньоконьяцького комплексу до нижньосантонського угруповання переходять такі бентосні види: аглютиновані – *Gaudryina laevigata* Franke, *Ataxopharmium compactum* Brotz., *Verneuilina muensteri* Reuss та ін.; секреційні – *Osangularia whitei whitei* (Brotz.), *Valvulineria praebiconvexa* Lipn., *Globorotalites michelinianus* (Orb.), *G. multiseptus* (Brotz.), *Eponides concinnus planus* Vass., *E. concinnus concinnus* Brotz., *E. biconvexus* Marie, *Gyroidinoides turgidus* (Hagen.), *Praebulimina ventricosa* (Brotz.), *Loxostomum* (*Bolivinitella*) *eleyi* Cushm.; планктонні форми – *Marginotruncana* (*Globotruncana*) *lapparenti* Brotz., *Heterohelix globulosa* (Ehr.) та ін.

Отже, за вертикальним поширенням форамініфер і їх систематичним складом у комплексах прослідковано біозональний поділ відкладів верхного коньяку – нижнього сантону з верхньокрейдових розрізів Північної окраїни Донбасу. В цьому стратиграфічному інтервалі за форамініферами встановлено дві зони: Gavelinella costulata (середній-верхній коньяк) і Gavelinella infrasantonica (нижній сантон). Верхня границя зони Gavelinella costulata та нижня границя зони Gavelinella infrasantonica визначають границю місцевих стратиграфічних підрозділів – широківської і єланчицької світ Північної окраїни Донбасу, а отже і границю між коньяцьким і сантонським ярусами.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Веклич О.Д.* Ранньосантонські форамініфери Північно-Західного Донбасу / О.Д. Веклич // Новітні проблеми геології: Матеріали науково-практичної конференції до 100-річчя від дня народження В.П. Макридіна (21-23 трав. 2015 р.). Харківський нац. ун-т ім. В.Н. Каразіна. 2015а. – С. 37-40.

2. *Веклич О.* До мікропалеонтологічної характеристики білогорівської підсвіти (нижній сантон) північної окраїни Донбасу / О. Веклич // Матеріали VI Всеукр. наук. конф. 24-26 вер. 2015 р. Львівського нац. ун-ту ім. І. Франка: «Проблеми геології фанерозою України». Львів. нац. ун-т, 2015б. – С. 49-52.

3. *Веклич Е.Д.* К характеристике сантонских отложений северной окраины Донбасса по фораминиферам / Е.Д. Веклич // ПАЛЕОСТРАТ-2016. Годичное собрание (науч. конфер.) секции палеонтологии МОИП и Моск. отд. Палеонтол. об-ва при РАН. Москва. 26-28 янв. 2016 г. / Алексеев А.С. (ред.). М.: ПИН РАН. 2016. – С. 20-21.

4. *Веклич О.Д.* Зональний поділ сантонських відкладів Північної окраїни Донбасу за форамініферами / О.Д. Веклич // Тектоніка і стратиграфія, 2018, вип. 45. – С. 146-155.

5. *Олферьев А.Г.* Стратиграфическая схема верхнемеловых отложений Восточно-Европейской платформы. Объяснительная записка / А.Г. Олферьев, А.С. Алексеев // М.: ПИН РАН, 2005. – 204 с.

6. *Практическое* руководство по микрофауне СССР. Т. 5. Фораминиферы мезозоя / Под ред. А.Я. Азбель, А.А. Григялис. Л.: Недра, 1991. – 375 с.

7. *Стратиграфія* верхнього протерозою та фанерозою України у двох томах. Т. 1: Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України / Головний редактор П.Ф. Гожик. К.: ІГН НАН України. Логос, 2013. – 637 с.

8. *Якушин Л.М.* Біостратиграфія осадових утворень, палеогеографія та палеоекологія пізньокрейдового басейну платформної України (за макрофауною): автореф. дис... д-ра геол. наук. – К., 2010. – 43 с.

9. *Ogg J.G.* The Concise Geologic Time scale / J.G. Ogg., G. Ogg, F.M. Gradstein. – Cambridge: Cambridge University Press, 2008. – 177 p.

УДК 553.493:549+552+550+….(477.62)

О ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С УГЛЕВОДОРОДНЫМИ ГЕОХИМИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ

Дудик А.М.,
канд. геол.-мин. наук, старший наук. сотрудник ИГМР НАНУ, г. Киев, Украина, dud-am@ukr.net,
Дудик С.А.,
младший наук. сотрудник ИГМР НАНУ, г. Киев, Украина, dudik81@gmail.com

В докладе приведены результаты прогнозно-геохимического моделирования известных нефтегазовых месторождений и отдельных лицензионных участков, с использованием инновационной поисковой геохимической технологии «GHPKU», определено существование субвертикальных угдеводородных геохимических структур, установлена генетическая и пространственная связь с ними нефтегазовых месторождений всех нефтегазовых областей Украины.

ABOUT THE GENETIC CONNECTION BETWEEN OIL AND GAS DEPOSITS INCLUDING HYDROCARBON GEOCHEMICAL STRUCTURES

Dudik A.M.,
Ph.D. min-min sciences, senior sciences. incumbent of IGMR NASU, Kiev, Ukraine, dud-am@ukr.net,
Dudik S.A.,
Junior Science. incumbent of the IGMR NASU, Kiev, Ukraine, dudik81@gmail.com

The report represents the results of prognostic-geochemical modeling of well-known oil and gas fields and individual license areas using the innovative geochemical search technology – GHPKU, determines the existence of subvertica hydrocarbon geochemical structures, and establishes the genetic and spatial relationship between oil and gas fields in every region of Ukraine.

Вступление. Многолетние комплексные геохимические исследования месторождений и поисковых площадей нефтегазоносных областей Украины привели к созданию и широкому внедрению в производство инновационной геохимической технология «GHPKU», способной, с уровня дневной поверхности, обнаруживать нефтегазовые залежи, залегающие на глубинах до пяти и более километров и устанавливать их местоположение. При этом было определено существование субвертикальных угдеводородных геохимических структур, образование которых связано с глубинными геологическими и приповерхностными эпигенетическими процессами. Во всех нефтегазоносных областях Украины была установлена пространственная и генетическая связь с угдеводородными геохимическими структурами залежей нефтегазовых месторождений.

Прогнозно-геохимическое моделирование данных структур и окружаюжих их территорий показало, что столбоподобные продуктивные углеводородные геохимические структуры, верхние части которых наблюдаются у дневной поверхности, есть составной частью различных масштабов, углеводородных геохимических систем объединяющих:

– глубинные очаги генерации углеводородов;

– структуры транспортирования углеводного вещества от генерирующих его глубинных очагов (газофлюидные зоны, трубы дегазации);

– субвертикальные тела первично-наложенных ореолов рассеяния углеводородов вместе с нефтегазовыми залежами, размещенными на различных гипсометричных уровнях, которые образуются вдоль структур его транспортирования.

В монографии «*Геохимическая технология поисков месторождений нефти и газа «GHPKU»,* изданной в этом году *[LAP LAMBERT Academic Publishing]*, приведены результаты изучения многих месторождений и поисковых площадей Днепровско-Донецкой, Карпатской и Причерноморско-Крымской (акватория Черного моря) нефтегазоносных областей Украины. Они подтверждают пространственную и генетическую связь нефтегазовых месторождений с продуктивными углеводородными геохимическими структурами. Эти структуры устанавливаются с помощью разработанного нами ***«геохимического метода поисков месторождений нефти и газа по наложенным аномалиям углеводородов»***, основного поискового метода геохимической технологии «GHPKU».

Ниже приведены прогнозно-геохимические модели исследованных нами трех поисковых территорий (месторождений) и кратко описаны результаты их исследований.

Южно-Евгенивское газовое месторождение ДДВ
(*Кременской район Луганской области).*

На период проведения нами геохимических работ на исследуемой площади (20 кв.км.) было пробурено 13 скважин, на части их, находящихся в пределах Южно-Евгенивской антиклинали, проводилась промышленная добыча газа с глубин 1450-1650м.

Анализ распределения и корреляционных связей сорбированных углеводородных газов между собой (рис.1), в пределах исследованной поисковой площади, позволяет их классифицировать на следующие две группы: 1. (CH4-C2H6 C3H8) - C2H4; 2. (iC4H10–nC4H10) - C3H6.

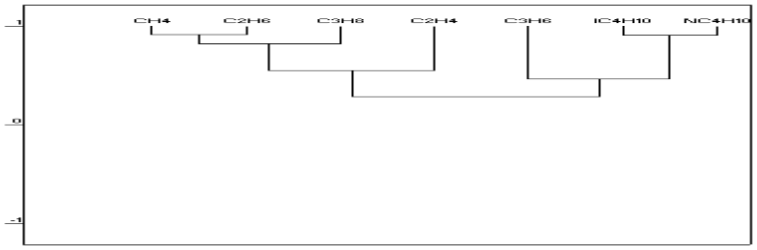
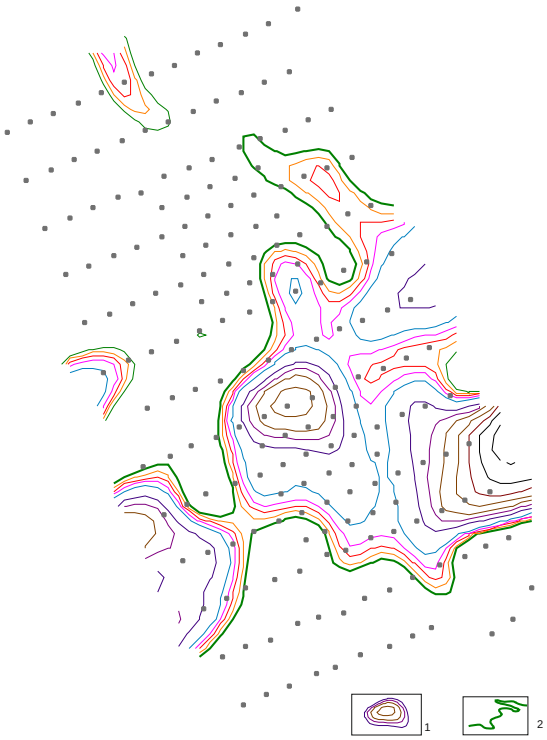


Рис.1. Дендрограмма корреляционных связей между сорбированными углеводородами Южно-Евгенивского месторождения**.**

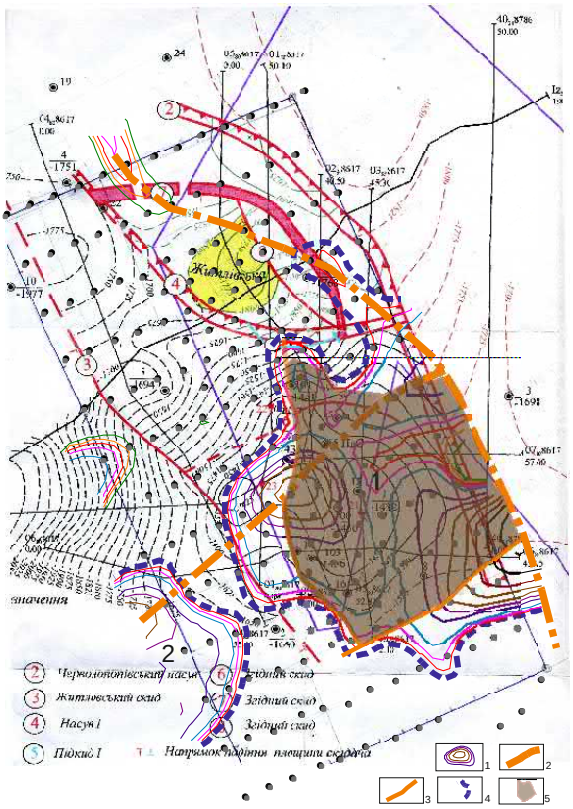
Карта интегрального показателя F1sb демонстрирует комплексную наложенную углеводородную аномалию, составленную с учетом информационного веса каждого из семи изученных сорбированных рыхлыми отложениями углеводородов С1-С4 (рис.2).

На прогнозно-геохимической модели (рис.3) составленной, с помощью показателя F1sb и других признаков, показаны установленные: - *две продуктивные на нефтегазовые залежи углеводородные геохимические структуры*, которые в установленных границах, имеют размеры 7,3 кв.км (Южно-Евгенивская структура) и 0,7 кв.км. (б /н.); -*нефтегазовая залежь Южно-Евгенивской структуры (месторождения)*, которая в прогнозируемых границах имеет размер 3,5 кв. км. - *две газофлюидные зоны субширотного и меридионального простираний,* с которыми связано образование Южно-Евгенивского газового месторождения. С субширотной газофлюидной зоной связаны обе продуктивные углеводородные геохимические структуры. Местоположение прогнозируемой нами газовой залежи Южно-Евгенивской структуры было подтверждено двумя новыми скважинами, пробуренными в 2019г.



1-Изолинии значений интегрального показателя F_1sb- от 0,05 до 4.08 .
2-Граница прогнозируем ых продуктивных структур

Южно-Евгенивская площадь. Карта значений интегрального показателя F_1sb



Прогнозно-геохимическая модель Южно-Евгенивского газового месторождения и окружающей его территории на структурной основе.

1-Наложенные аномалий сорбированных форм углеводородов от С1 до С4, выделенные с помощью интегрального показателя F1sb, при его значениях от 0,05 до 4.08. Прогнозируемые по геохимическим признакам: 2-газофлюидные зоны -транспортирующие углеводороды от глубинных источников разрывные структуры; 3-тектонические нарушения; 4-продуктивные на нефтегазовые залежи структуры: 1-Южно-Евгенивского месторождения; 2-восточная часть новой структуры б/н; 5-нефтегазовая залежь Южно-Евгенивского месторождения, размером 3,5 кв.км.

Рис.2 Южно-Евгенивское месторождение. Карта значений интегрального показателя F1sb.

Рис.3 Южно-Евгенивское месторождение. Прогнозно-геохимическая модель.

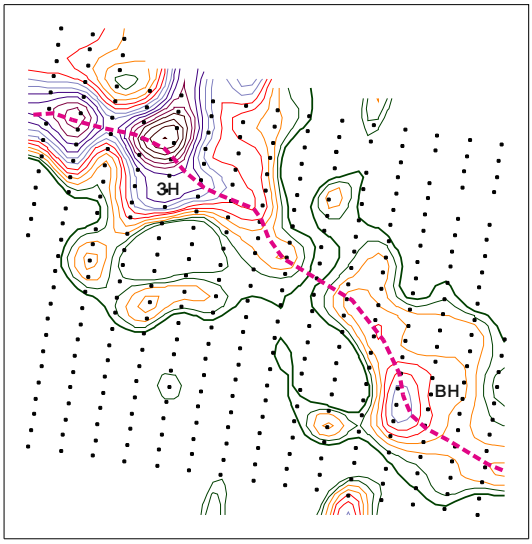
Нижньортищивска площадь

(Чугуевский район Харьковской области)

Представлена на рис. 4 карта значений интегрального показателя F1sb и прогнозно-геохимическая модель иллюстрирует наличие в пределах Нижньортищивской площади двух, сложных морфологических свойств, продуктивных углеводородных геохимических

структур, названых нами Западно-Нижньортищивской (ЗН) и Восточно-Нижньортищивской (ВН). Размеры их в контре нулевой изолинии интегрального показателя F1sb в пределах исследованной площади 16.9 (ЗН) и 13.2 (СН) кв.км. Данные сближенные аномальные углеводородные геохимические структуры представляют собой единый аномальный углеводородный объект, протяженностью более девяти километров, при ширине 3-3,5 км.

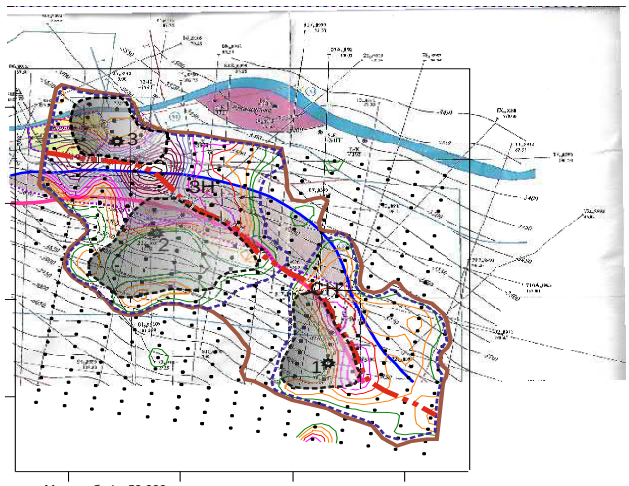
Центральную его часть занимает газофлюидна зона, которая протягивается в юго-восточном направлении более чем на 9 километров. Область рассеивания-локализация углеводородов от транспортирующей их газофлюидной зоны значительно шире чем установленная сейсмическими работами Станичная структура. Рассеяние их состоялось на расстояние до 1,5-2 км в обе стороны от данной зоны.



Изолинии значений интегрального показателя F1sb Газофлюидна зона

0-0.03	0.06	0.9	1.25	1.55	1.85	2,15	2,46

Рис.4 Нижньортищивска площадь. Карта значений интегрального показателя F1sb



1-изолинии наложенных аномалий сорбированных форм углеводородов, в значениях интегрального показателя F1sb от 0 до 2,46; Классификация территории по геохимическими признакам: 2-не перспективна (16 кв.км.); 3-высокой перспективности на нефтегазовые залежи (30 кв.км.). 4-аномальные поля рассеяния-концентрации углеводородов - продуктивные на нефтегазовые залежи геохимические структуры: Западно-Нижньортищивска (ЗН) и Восточно-Нижньортищивска (СН) 5-газофлюидна зона - транспортирующая углеводороды структура; 6- прогнозируются нефтегазовые залежи в Западно-Нижньортищивской (3,9; 3,0 кв.км.) и Восточно-Нижньортищивской (2,2 кв.км.) продуктивных структурах. 7-Рекомендуемые места заложения первоочередных скважин для раскрытия прогнозируемых по геохимическим признакам залежей (1, 2,3). 8- пункты геохимических исследований по сетке 500х250м. Тектонические нарушения, по результатам геофизических работ: 9 несогласный сброс; 10-согласный сброс.

Рис. 5 Прогнозно-геохимическая модель Нижньортищивской площади на структурной основе

Нефтегазовые залежи на уровне дневной поверхности (проекции залежей) отмечаются преимущественно кольцевой формой наложенных углеводородных аномалий. Такие, кольцевой формы, наложенные комплексные углеводородные аномалии, установленные в определенных нами продуктивных геохимических структурах Нижньортищской площади, что позволяет с высокой вероятностью прогнозировать в их пределах нефтегазовые залежи, которые могут присутствовать на многих гипсометрические уровнях.

Таким образом, установленные по геохимическим признакам, продуктивные на углеводороды Западно-Нижньортищивска и Восточно-Нижньортищивска структуры, представляет собой насыщенные углеводородами тектонические блоки, разгрузка которых в наибольшей степени произошла по установленной газофлюидной зоне.

По комплексу полученных геохимических признаков нами прогнозируются в Восточно-Нижньортищивской структуре нефтегазовая залежь размером 2,8 кв.км, а в Западно-Нижньортищивской структуре две нефтегазовые залежи размерами 3.9 кв.км; и 2.2 кв.км. Места расположения их (проекции залежей на уровне дневной поверхности) показаны на прогнозно-геохимической модели. На ней показаны также рекомендуемые места заложения первоочередных скважин, определены их координаты.

Северо-Прикерченская углеводородна геохимическая структура

Разработанный и внедренный в условиях морского шельфа «*метод поисков месторождений нефти и газа по наложенным аномалиям углеводородов»* (основной метод технологии «GHPKU»), позволил получить важные научные и практические результаты, которые привели к открытию в Прикерченском шельфе Черного моря трех крупных продуктивных углеводородных структур, определить в них границы поля рассеяния-концентрации углеводородов и прогнозировать местоположение в них нефтегазовых залежей.

Одной из таких структур является Северо-Прикерченская углеводородная геохимическая структура (СПУГС), установленная в районе Субботинской – Личагинской - Пионерской антиклиналей**.** В ее строении участвуют все изученные сорбированные формы углеводородных газов, весовые нагрузки которых демонстрирует рис.6.

СПУГС, в определенных, с помощью интегрального показателя F1ug границах, занимает площадь около 120 км^2, протягивается в субширотном направлении более чем на 22 км. (рис.7). В западной ее части находится Субботинское месторождение, нефтегазовые залежи которого вскрыты тремя скважинами (1, 2, 403). Скважина №3, которая заложена за северной границей Северо-Прикерченской углеводородной геохимической структуры, теоретически не могла вскрыть углеводородные залежи, что подтвердили результаты ее бурения, она оказалась «сухой». Карта значений интегрального показателя F1ug (рис.7) иллюстрирует геохимические и морфологические особенности первично-наложенных ореолов рассеяния в установленных границах данной углеводородной геохимической структуры.

Особого внимание заслуживают выявленные в Северо-Прикерченской углеводородной геохимической структуре семь кольцевых структур («труб дегазации»), размерами от 0,5 до 2,0 км^2, в которых установлены максимально высокие содержания сорбированных форм углеводородов, распределение которых в них имеет радиально-зональный характер (рис.8). Эти трубы дегазации и сменяющие их линейные газофлюидные зоны контролируются узким жолобоподобным тектоническим блоком № 4, установленным сейсмическими исследованиями. В них могут быть локализованы нефтегазовые залежи.

Северо-Прикерченская углеводородная геохимическая структура обладает потенциалом крупного-гигантского месторождения.

Выводы. Научные и практические исследования доказали, что инновационная геохимическая технология «GHPKU» способна, с уровня дневной поверхности, обнаруживать нефтегазовые залежи, залегающие на глубинах до пяти и более километров и устанавливать их местоположение. Было определено существование субвертикальных угдеводородных геохимических структур, образование которых связано с глубинными геологическими и приповерхностными эпигенетическими процессами. Установлена генетическая и пространственная связь с данными геохимическими структурами нефтегазовых месторождений всех нефтегазовых областей Украины.

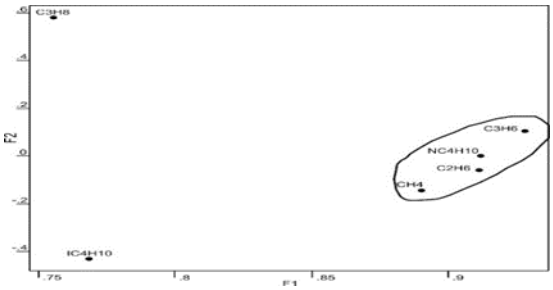


Рис6. Факторные нагрузки геохимических признаков в интегральных показателях F1 и F2 СПУГС

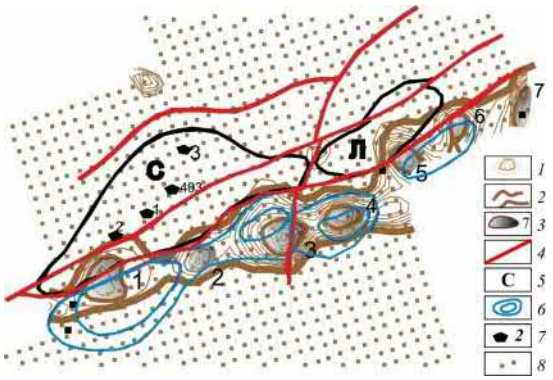


Рис. 8 Транспортирующая углеводороды газофлюидна зона СПУГС.
1–наложенные аномалии углеводородов высокой контрастности (Fug, от 0.6 до 6.8); 2 – граница газо-флюидной зоны: 3 - «трубы дегазации»; 4 – разрыв-ные нарушения; 5 – Субботинская (С) и Личагин-ская (Л) антиклинали; 6 – отрицательная структуры (впадины) 7 – скважины; 8 – пункты геохимических исследований

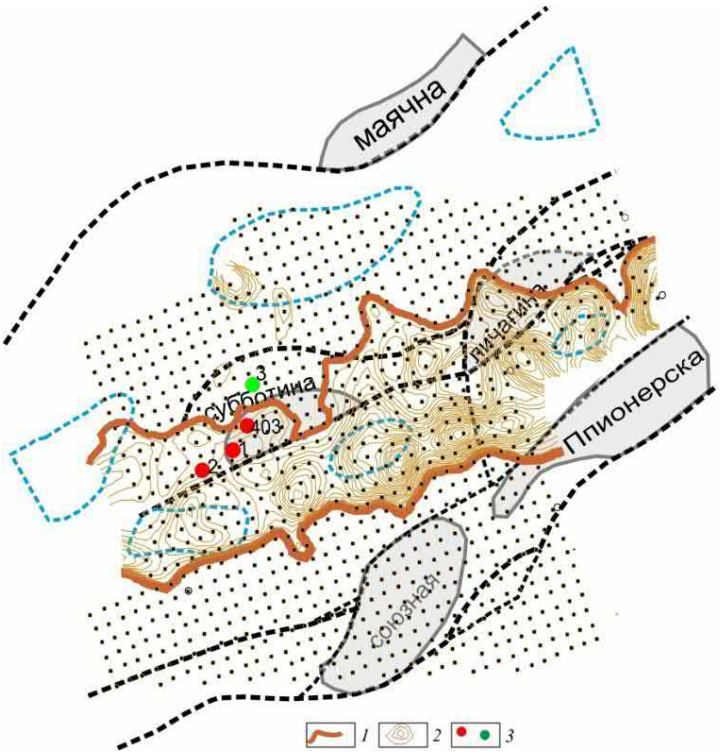


Рис.7 Северо-Прикерченская углеводородна геохимическая структура.Карта значений интегрального показателя F1ug

1 – Внешний контур структуры; 2 – наложенные аномалии углеводородов (С1-С4); 3–скважины (продуктивные №№1,2, 403), «сухая» (№ 3)

Приведенные научные и практические результаты указывают что геохимическая технология «GHPKU», которая способна с уровня дневной повехности обнаруживать продуктивные углеводородные геохимические структуры и установливать в них местоположения нефтегазовых залежей, должна занять приоритетное место среди других

поисковых методов, что неэффективная высокозатратная, антиклинальная поисковая концепция, базирующаяся в основном на сейсмических исследованиях, должна претерпеть существенные изменения. Широкое применение геохимической технология «GHPKU» значительно увеличит открытие новых нефтегазовых месторождений, минимизирует, а в перспективе полностью исключит бурение «сухих» скважин на поисковых площадях и эксплуатируемых месторождениях.

УДК 551.735.9:552.5

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ КИМБЕРЛИТОВ ГИПЕРГЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Зинчук Н.Н., nnzinchuk@rambler.ru
Западно-Якутский научный центр АН РС(Я), г.Мирный

Проведенное комплексное исследование Fe-содержащих минералов кимберлитов (магнетита и ассоиирующего с ним серпентина, а также пикроильменита) из ряда диатрем Сибирской платформы (СП), а также из перекрывающих их верхнепалеозойских осадочных толщ показало специфичность их фазового состава и структурных особенностей. Процесс изменения магнетитов сопровождается окислением ионов Fe^{2+}в октаэдрической позиции минерала и постепенным переходом его в маггемит. Отеченная «нестехиометричность» магнетитов из кимберлитов и вмещающих их пород должна учитываться при количественном определении минерала при их количественных определениях.

ALTERATION OF SOME FERRIFEROUS MINERALS OF KIMBERLITES AT DIFFERENT STAGES OF HYPERGENE PROCESS

Zinchuk N.N.,
West-Yakutian Scientific Centre of the SR (Ya) RA of Sciences, Mirny, nnzinchuk@rambler.ru

Investigation of phase composition and structural specific features of magnetites from kimberlites (at different stages of hypergene process), as well as from hosting kimberlite pipes dolerites revealed relationship of these parameters with the type of bearing these minerals rocks and geological conditions of bedding of the latter ones. The process of magnetites' alteration is accompanied by oxidation of Fe^{2}+ ions in octahedral position of the mineral and its successive transition to maghemite. Lack of isomorphic substitution of Fe^{2}+ to Mg^{2}+ was established, and other ions in octahedral position of magnetite structure indicate that initial occurrence of oximagnetites in kimberlite pipes and dolerites is related with their formation in the result of secondary processes of α-Fe_2O_3 restoration (at decrease of O_2 partial pressure in mineral formation environment). The revealed chrystallochemical features of investigated magnetites have not only important genetic but large practical significance as well.

Результаты изучения кимберлитовых пород показали, что в их тяжелой фракции наиболее характерными минералами являются магнетит и обогащенная магнием разновидность ильменита – пикроильменит. Магнетит и некоторые (в основном менее обогащенные Mg) разновидности ильменита свойственны также породам трапповой формации – долеритам, туфам и туфогенным образованиям. Магнетит широко распространен в кимберлитовых породах многих диатрем [1-4], где зачастую распылен в основной массе пород (рис.1); отмечается в виде неправильных выделений, конкреций и жеод, а также в отдельных серпентиновых псевдоморфозах. Он образует также мелкие (1,0-2,5 мм) или ветвящиеся прожилки (до 5 мм) с нечеткими очертаниями. В жеодах и конкрециях октаэдрические кристаллы этого минерала, ассоциируют обычно с кальцитом, баритом и серпентином. Вокруг вкрапленников и по краям прожилков серпентина обычно также отлагается пелитоморфный магнетит.

С сульфатами железа у магнетита в большинстве случаев наблюдаются взаимные переходы. В отдельных трубках преобладают [5-7] ветвящиеся прожилки магнетит-серпентинового состава мощностью до 3-5 мм. В пироаурит-кальцитовых и кальцитовых прожилках встречаются ряд морфологических простых форм магнетита и продуктов его изменения (гётита, а иногда и гематита). В кимберлитовых породах многих кимберлитовых

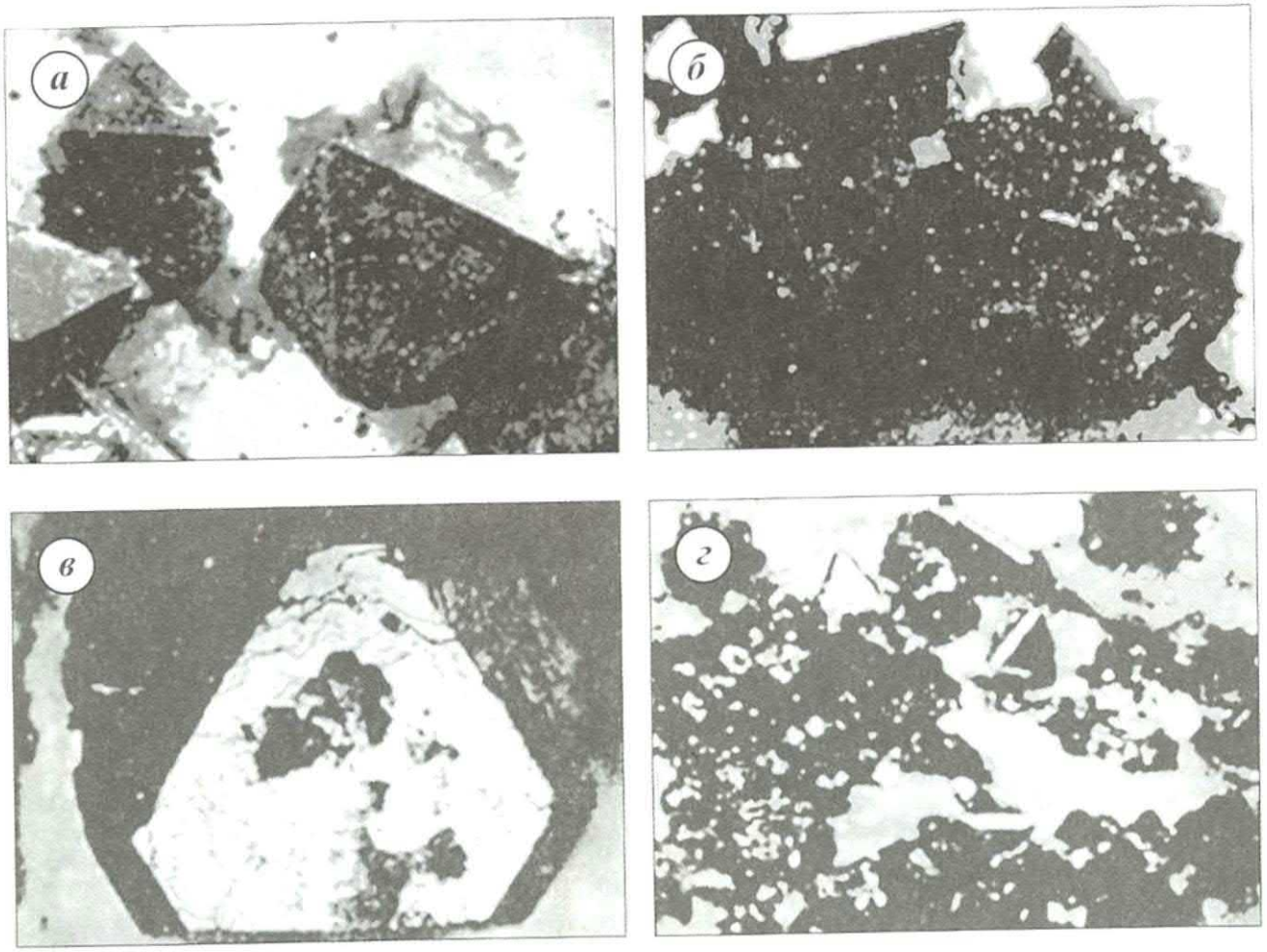


Рис.1. Выделение магнетита в кимберлитах СП:
а-в – кристаллы октаэдрического габитуса, нарастающие на выделения кальцита в кимберлитах трубки Новинка (увеличение 42); г - идиоморфная вкрапленность магнетита в серпофите из кимберлитов трубки Юбилейная (увеличение 42).

полей Сибирской платформы (СП) выделяются [2-3] две важнейшие морфологические разновидности магнетита (рис.2): а) крупнозернистые агрегаты (нередко радиально-лучистого строения) или сростки кристаллов, реже отдельные кристаллы; б) скопления мелкозернистого магнетита, которые либо образуют в породе неправильные гнезда, полосы и линзы, либо равномерно в ней распределены. Рентгеновское изучение магнетита и продуктов его изменения осуществлялось в неориентированных порошковых препаратах на дифрактометре ДРОН-3,0 с использованием медного отфильтрованного излучения: N= 40 кВ, I =15 мА, шкала – 1000 имп/с, скорость вращения счётчика 1 град/мин, а при применении внутреннего стандарта NaCl – 0,125 град/мин (2Ѳ), шаг отметчика на диаграммной ленте - 1°. Магнетит диагностировался по интенсивным рефлексам в области 0.253, 0.1612-0.1615 и 0.1483-0.1484 нм.

Исследование магнетита проводилось либо на материале из мономинеральных крупнозернистых выделений, либо после дробления породы и выделения из неё путём

магнитной сепарации мелкозернистого материала. Полная очистка магнетита от сопутствующих минералов достигалась не всегда. Особенностью рассматриваемого магнетита является разная степень развития по нему маггемита или γ-Fe_2O_3 (0.252, 0,2087 и 0,1606 нм). Минералы когерентно связаны друг с другом и имеют сходную структуру и состав.

Рудные минералы в кимберлитовых породах обычно несут следы наложенных изменений и поэтому диагностика, а также выяснение характера и степени их преобразования возможны только с применением тонких прецизионных методов исследований. Следует отметить, что нередко [5-8] размеры вкраплений минералов могут быть очень малы, находясь за пределами разрешения оптических методов исследований. В связи с этим мы изучали некоторые Fe-содержащие минералы в упомянутых породах с использованием ядерной гамма-резонансной спектроскопии (ЯГРС) в комплексе с рентгеновской дифрактометрией, химическими, оптическими, микрозондовыми, электронно-микроскопическими и некоторыми другими методами. В качестве обьектов изучения были выбраны выделения магнетита и ассоциирующего с ним серпентина в кимберлитах из трубок Удачная и Сытыканская, пикроильменита из диатрем последней и Юбилейная, а также пелитовой составляющей измененных кимберлитов из верхних горизонтов трубки Удачная и обогащенных рудными минералами верхнепалеозойских осадочных толщ, перекрывающих трубку Комсомольская.

Комплексному исследованию подвергались также исходные породы и выделенные из них методом магнитной сепарации мономинеральные фракции магнетита. Кимберлитовая трубка Удачная состоит [2-3] из двух сопряженных тел (западного и восточного) и имеет на дневной поверхности форму искаженной восьмерки. Fe-содержащие минералы распределены в обьеме диатремы неравномерно. Рентгеновское изучение крупных (до 10 см и более) *зеленоватого цвета серпофитовых выделений* в кимберлитах из центральной части западного тела трубки Удачная показало, что они содержат кальцит, серпентин, кварц, а также магнетит, маггемит и следы пикроильменита. В свою очередь, ЯГР-спектры поглощения указанных выделений серпофита представляют суперпозицию ряда лоренцевых линий (многолинейный спектр), соответствующий магнетиту, пикроильмениту, серпентину и следам гематита. Главнейшими минералами черных включений в серпофитах выделенных на дифрактометрических кривых являются магнетит и γ-Fe_2O_3 с незначительной примесью кальцита. Этим образованиям согласно валовому химическому анализу свойственна повышенная концентрация Fe_2O_3 (60,84%) и FeO (25,28%).

Пересчет химического анализа на минеральный состав показал, что в черных включениях резко преобладает магнетит (86,4%), ассоциирующий с кальцитом (9,9%) и серпентином (2,5%).

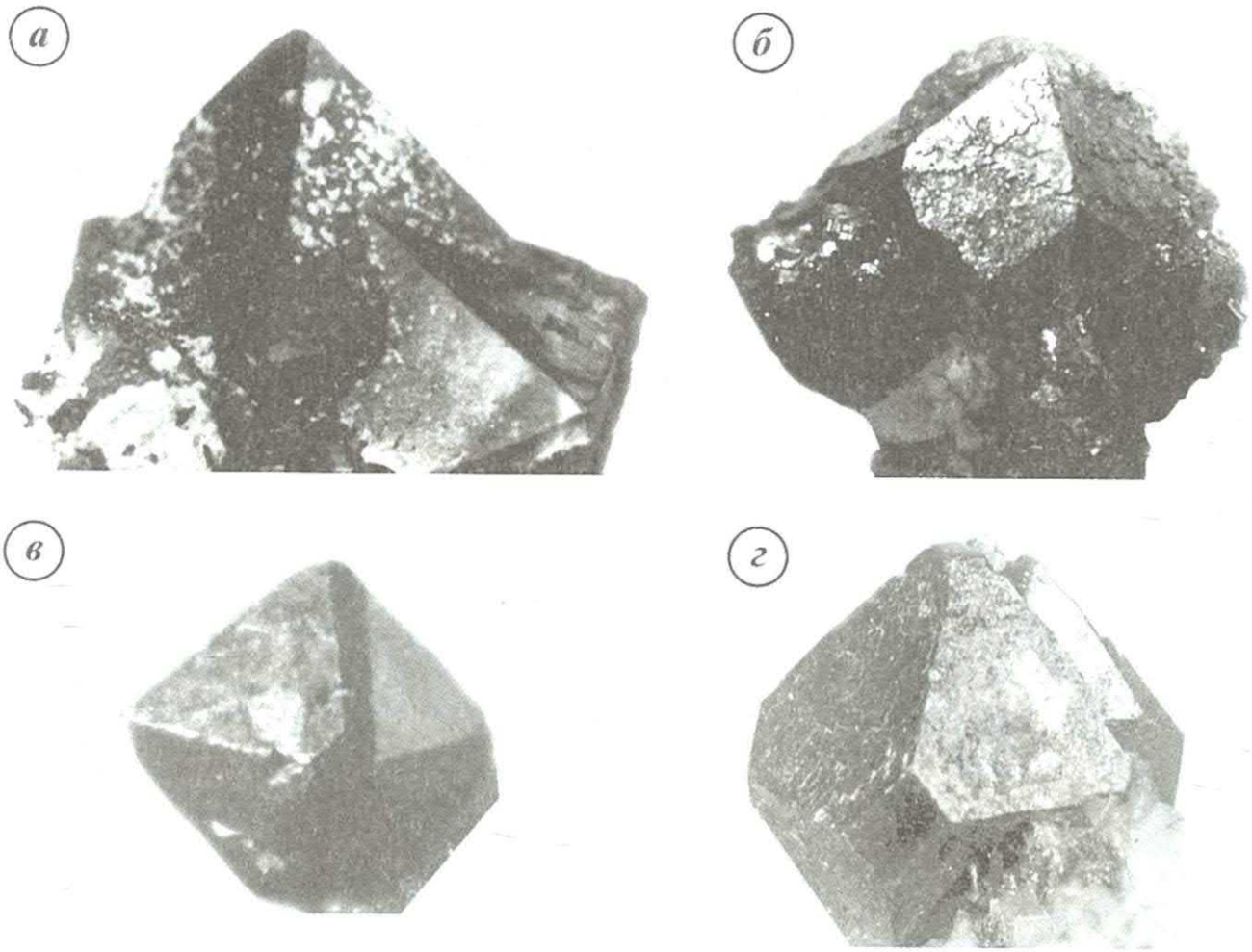


Рис.2.Морфология кристаллов магнетита из кимберлитов СП:
а – сростки октаэдрических кристаллов из кимберлитов трубки Заполярная (обр.14/60, увеличение 12,5); б – комбинированный многогранник из кимберлитов трубки Заполярная (обр.14/60, увеличение 35); в – кристалл ромбододекаэдрического габитуса из кимберлитов трубки Ленинградская (обр.8/250, увеличение 20); г – кристалл октаэдрического габитуса с подчиненными гранями куба из кимберлитов трубки Юбилейная (обр.Ю-12/121, увеличение 10).

В рассматриваемых включениях отмечается также небольшая примесь хлорита (~0,6%), брусита (~0,5%) и апатита (~0,2%).

Пересчет на минеральный состав выполнен в соответствии с химической формулой магнетита и носит приближенный характер, поскольку в расчетах принималась идеальная стехиометрия магнетита $Fe_1^{3+}[Fe_1^{3+}\ Fe_1^{2+}]O_4$, соответствующая 72,4% Fe в его структуре. Наблюдаемое в ЯГР-спектре рассматриваемого магнетита отклонение от идеального соотношения интенсивностей крайних левых резонансных линий спектров поглощения (I_A/I_B) связано, вероятнее всего, с «нестехиометричностью» минерала, обусловленной

частичным окислением, т.е. маггемитизацией его. В соответствии с данными химического анализа в указанных участках породы отмечается повышенная концентрация SiO_2 (39,15%) и MgO (38,35%), что связано с доминирующей ролью в них серпентина (85,5%), ассоциирующего с небольшой примесью кварца (до 3%), хлорита (до 2,8%), магнезита (1,7%), кальцита (1,6%), гипса (1,1%) и флогопита (0,5%). ЯГР-спектр зеленоватых участков характеризуется в основном сильными линиями пикроильменита и серпентина, а также слабыми – «нестехиометрического» магнетита. По данным рентгеновской дифрактометрии, в рассмотренной породе в целом выявлена очень низкая интенсивность (или даже полное отсутствие в отдельных участках) линий пикроильменита, что связано с его микровкрапленностью и худшей (по сравнению с другими фазами) окристаллизованностью этого минерала.

Довольно близкий фазовый состав (с иным количественным соотношением фаз) установлен в серовато-зеленых выделениях серпофита из этой же части западного тела рассматриваемой трубки. В основной массе этих выделений по данным рентген-дифрактометрического анализа, содержится кальцит, магнетит и γ-Fe_2O_3, серпентин, кварц и пикроильменит. В ЯГР-спектре этих выделений присутствуют линии магнетита, аналогичные встреченному в зеленоватых выделениях серпофита, а также пикроильменита и серпентина, причем интенсивность линий пикроильменита в этом случае в 1,5 раза слабее, чем в рассмотренной породе. В *черных прожилках серпофита*, согласно рентгенометрическим исследованиям, установлены [3-5] магнетит и γ-Fe_2O_3 с незначительной примесью кальцита.

Согласно данным химического анализа, этим участкам свойственна повышенная концентрация Fe_2O_3 (60,27%) и FeO (24,34%) с незначительной примесью других оксидов, главными из которых являются CaO (4,42%), MgO (3,32%) и SiO_2 (2,08%). Пересчет этого химанализа на минеральный состав полностью соответствует рентгеновским данным о резком преобладании в образце магнетита (84,7%) и сравнительно небольшой примеси кальцита (7,6%), ассоциирующего с серпентином (2,9%), флогопитом (1,1%), хлоритом (1,4%), гипсом (0,2%) и апатитом (0,2%). Для ЯГР-спектров указанных прожилков характерно преобладание линий «нестехиометрического» магнетита, по которым был произведен пересчет содержащейся в них фактической доли магнетита (до 90,5%).

При этом на нестехиометрию, а не замещение Fe другими элементами, указывает также электронно-зондовый анализ кристаллов магнетита размером 100-200 мкм из этих прожилков, выполненный на приборе MS-46 «Камека». Согласно полученным данным, в рассматриваемом минерале содержится (в %): FeO+Fe_2O_3 (98,89); MnO (0,87); MgO (0,47); Al_2O_3 (0,06); сумма 99,29 (SiO_2 и TiO_2 не обнаружены). *Серовато-зеленая масса серпофита* в

соответствии с дифрактометрическими исследованиями представлена серпентином с незначительной примесью гипса. В этих участках породы установлена повышенная концентрация SiO_2 (38,80%) и MgO (38,75%), входящих преимущественно в состав серпентина (86%). В виде небольшой примеси отмечаются также магнезит (2,1%), флогопит (1,1%), хлорит (2,1%), кварц (1,5%) и гётит (1,4%). Для ЯГР-спектра из этой массы серпофита характерно преобладание сильных линий пикроильменита и серпентина, а также одновременно присутствие примеси «нестехиометрического» магнетита.

Кроме магнетита, ассоциирующего с серпентином в жильных выделениях, нами изучен этот минерал из кимберлитов трубки *Сытыканская*. Породы последней, кроме первичных минералов (пироп, пикроильменит, оливин, хромдиопсид, диопсид и др.) содержат сульфиды (пирротин, пирит, халькопирит и др.), оксиды и гидрооксиды (магнетит, брусит и кварц), силикаты (таумасит, тальк, вермикулит и др.), сульфаты (метабазалюминит, гипс и барит) и карбонаты (кальцит, пироаурит, доломит и арагонит).

При исследовании магнитной фракции, выделенной из пород трубки Сытыканская, в ЯГР-спектре четко идентифицируются линии «нестехиометрического» магнетита, что обычно соответствует так называемому *оксимагнетиту*. Учитывая, что магнетит ассоциирует в кимберлитах с другими рудными минералами, нами проведено сравнительное исследование *монофракций пикроильменита* из трубки Сытыканская. Специфической особенностью изученных нами пикроильменитов, по сравнению с магнетитами, является более высокая степень окисления в них железа. Сравнительный анализ ЯГР-спектров пикроильменитов из рассмотренных выше кимберлитов трубки Удачная и аналогичных пород трубок Сытыканская и Юбилейная показал практически полное совпадение их спектральных параметров.

Особый интерес представляет вопрос о минеральном составе пелитовой составляющей выветрелых кимберлитов, содержание которой в отдельных участках достигает до 97 %. При этом изучение сформировавшегося на кимберлитовых трубках элювия и типоморфных особенностей присутствующих в нем Fe-содержащих минералов может быть непосредственно использовано для повышения эффективности поисков кимберлитовых трубок и совершенствования технологического процесса отработки месторождений. Согласно рентген-дифрактометрическим данным, преобладающими минералами *продуктов выветривания кимберлитовых пород* верхних горизонтов трубки Удачная являются преимущественно тонкодисперсные карбонаты (кальцит, доломит и реже анкерит), а также серпентин, ассоциирующий с кварцем, магнетитом, γ-Fe_2O_3 и пикроильменитом.

Спектры ЯГР также указывают на присутствие в исследованных образцах пикроильменита и серпентина, близких по кристаллохимическим особенностям (в частности по повышенному содержанию Fe^{3+} в пикроильмените) к исследованным однотипным минералам из неизмененных кимберлитов. Проведено также изучение черных осадочных пород позднепалеозойского возраста, перекрывающих трубку Комсомольская, в которых доминируют магнетит и γ-Fe_2O_3, ассоциирующие с кварцем, серпентином и реже с кальцитом. ЯГР-спектры образцов из обогащенных рудными минералами участков этой породы содержат линии магнетита, пикроильменита и серпентина.

Таким образом, изучение фазового состава и структурных особенностей магнетитов из кимберлитов (на разных стадиях гипергенного изменения указанных пород), а также из вмещающих кимберлитовые трубки долеритов показало связь данных параметров с типом содержащих эти минералы пород и геологическими условиями залегания последних. Процесс изменения магнетитов сопровождается окислением ионов Fe^{2+} в октаэдрической позиции минерала и последовательным переходом его в маггемит. Для всех исследованных магнетитов отношение Fe^{3+} в *A*-позиции к Fe^{3+}, Fe^{2+} в *B*-позиции, составляющее в «идеальном» магнетите ~0,5 в кимберлитах увеличивается до 1,05, а в продуктах переотложения последних и вмещающих кимберлитовые тела долеритах соответственно до ~1,1 и 1,1 и ~1,5. Полученные данные об отсутствии изоморфного замещения Fe^{2+} на Mg^{2+} и другие ионы в октаэдрической позиции структуры магнетита показывают, что первоначальное возникновение оксимагнетитов в кимберлитовых трубках и долеритах связано с образованием их в результате вторичных процессов восстановления α-Fe_2O_3 (при уменьшении в среде минералообразования парциального давления O_2).

Одновременно с этим взаимодействие других магнийсодержащих минералов с Fe_2O_3 было невозможно вследствие относительно низких термобарических условий, свойственных среде минералообразования. Указанные кристаллохимические особенности изученных магнетитов имеют не только важное генетическое, но и большое практическое значение. Так, они показывают, что установленная «нестехиометричность» магнетитов из кимберлитов и вмещающих их пород обязательно должна учитываться при количественном определении содержания магнетита в них с помощью химического анализа. Необходимо также отметить, что значительно меньшие значения размеров кристаллов, идентифицируемых ЯГРС, по сравнению с необходимыми для рентгеновских исследований, позволяют изучать в этом случае более мелковкрапленные Fe-содержащие фазы, что существенно расширяет круг типоморфных признаков вторичных минералов в кимберлитах и ассоциирующих с ними породах.

Отсутствие изоморфных замещений и повсеместная «нестехиометричность» магнетита в кимберлитах указывают на образование его при относительно низких термобарических параметрах среды в постмагматическую стадию изменения пород. Первичный гипогенный нестехиометрический магнетит возникает, согласно фазовой диаграммы Fe – O, при температуре свыше 1200°С. Приведенные данные о кристаллохимических особенностях магнетитов с учетом стадийности их изменения можно рекомендовать для практического использования как при картировании кимберлитовых диатрем и приуроченных к ним коренных месторождений алмазов, так и при поисках вторичных коллекторов и связанных с ними алмазных залежей россыпного типа. При выяснении типоморфных признаков Fe-содержащих минералов в кимберлитах следует иметь в виду, что верхние части диатрем на многих древних платформах Мира существенно изменены и представляют собой типичную кору выветривания и влияние гипергенных процессов на них может прослеживаться на значительные глубины от поверхности. Поэтому особый интерес представляет вопрос о минеральном составе пелитовой составляющей выветрелых кимберлитов. Изучение сформировавшегося на кимберлитовых диатремах элювия и типоморфных особенностей присутствующих в нём Fe-содержащих минералов может быть использовано как для повышения эффективности поисков таких трубок, так и совершенствования технологического процесса отработки месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зинчук Н.Н.* Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы.-Новосибирск:НГУ. – 1994. – 240 с.

2. *Зинчук Н.Н.* Постмагматические минералы кимберлитов. – М.:Недра. – 2000. – 538 с.

3. *Зинчук Н.Н., Мельник Ю.М., Харькив А.Д.* Магнетит из кимберлитов Якутии // Минералогический сборник Львовского ун-та. – 1984. – № 38. – Вып.2. – С.81– 84.

4. *Зинчук Н.Н., Харькив А.Д., Мельник Ю.М., Мовчан Н.П.* Вторичные минералы кимберлитов. – Киев: Наукова думка. – 1987. – 284 с.

5. Милашев В.А. Вторичные изменения кимберлитов / Труды НИИГА. 1962. Т.121. С.165 – 185.

6. Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. – М.: Недра. 1998. 555 с.

7. Харькив А.Д., Зуенко В.В., Зинчук Н.Н. и др. Петрохимия кимберлитов. – М.: Недра. 1991. 304 с.

8. Чернышева Л.В., Смелянская Г.А., Зайцева Г.И. Типоморфизм магнетита и его использование при поисках и оценке рудных месторождений. – М.: Недра. – 1981. – 235с.

УДК 551.735.9:553.04

О ГИПЕРГЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ ВУЛКАНОГЕННОГО МАТЕРИАЛА В КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Н. Н. Зинчук, М. Н. Зинчук,
ЗЯНЦ АН РС (Я), Мирный, nnzinchuk@rambler.ru

По результатам комплексного исследования особенностей геодинамического и гипергенного изменения вулканогенного материала как в его коренном залегании, так при переносе в различных континентальных водоёмах построена схема преобразования минералов в процессе выветривания этого типа образований. Особое внимание при этом уделено поведению в упомянутых процессах тонкодисперсных глинистых минералов, характерных для различных типов пород. В умеренных климатических поясах (особенно при неполных профилях выветривания) часто размыву подвергался элювиальный материал, который в зависимости от степени преобразования обладает специфическими структурно-минералогическими особенностями, сохраняющимися при недалеком и спокойном переносе, а также при накоплении в бассейнах седиментации и при последующих незначительных диагенетических изменениях.

ABOUT HYPERGENE ALTERATION OF VOLCANOGENIC MATERIAL IN CONTINENTAL CONDITIONS

Zinchuck N.N., M.N.Zinchuk;
West-Yakutian Scientific Centre of RS (Y) AS, Mirny, nnzinchuk@rambler.ru

Subsequent to the results of complex investigation of geodynamic and hypergene alteration features of volcanogenic material both in its primary bedding and during its transportation in various continental basins conversion diagram of minerals of this rocks type in the course of weathering was plotted. Special attention at this was paid to behavior of fine-dispersed clay minerals in the said processes, representative of various types of rocks. In moderate climate belts (especially at incomplete profiles of weathering) eluvial material frequently underwent washout, though it possesses specific structural-mineralogical specific features depending on conversion degree, which preserve during short and smooth transportation, as well as during accumulation in sedimentation basins and subsequent insignificant diagenetic changes.

Региональные исследования древних платформ Мира свидетельствуют о весьма длительном развитии процессов денудационного выравнивания и глубоком срезе ряда обширных территорий, в том числе и Сибирской платформы (СП), неоднократно проявлявшихся на протяжении всей геологической истории Земли [1-6]. При этом устанавливается синхронность во времени регионального выравнивания, а также обогащения переотложенными элювиальными продуктами континентальных, прибрежно-морских и морских толщ в широком возрастном диапазоне. Мощные коры глубокого химического выветривания образовались в эпохи длительного тектонического покоя земной коры и господствовавшего в это время климата, благоприятного для прохождения гипергенных процессов.

На СП в домезозойское время выделяются своей продолжительностью и широким развитием на обширной территории позднепротерозойский (дорифейский) и средне-позднепалеозойский (поздний девон – ранний карбон) этапы выравнивания рельефа и эпохи корообразования. В мезозое и кайнозое в основном три денудационные поверхности выравнивания несут достаточно мощные покровы коры выветривания (КВ), глубоко

переработанные химическими процессами: раннемезозойская (средний триас – ранняя юра), позднеюрская – раннемеловая и мел – палеогеновая (поздний мел – эоцен).

На денудационных поверхностях более молодого возраста мощные КВ обычно отсутствуют. Глубокое и широкое проявление корообразования в эпохи развития глобальных пенепленов (при наличии благоприятных палеогеоморфологических условий и удобного для гипергенного изменения субстрата) приводило к возникновению целого ряда месторождений остаточного типа, располагающихся на поверхности выравнивания, и осадочных, образованных в разных фациальных условиях за счет размыва КВ. В основных алмазоносных районах СП, судя по сохранившимся КВ и продуктам их перемыва и переотложения, наиболее мощные эпохи корообразования также существовали в позднедевонское-раннекаменноугольное и средне- позднетриасовое время [2-4].

Учитывая среднепалеозойский возраст кимберлитовых тел региона, указанные эпохи являлись решающими для формирования древних россыпей алмазов. Более молодые КВ сохранились от размыва в единичных разрезах малой мощности и практического интереса не представляют, а более древние на исследуемой территории не установлены. Следует отметить, что в фанерозое, кроме общих черт в геологическом развитии и структурной позиции, отмечаются и существенные различия, приводящие к специфическим особенностям размыва и захоронения продуктов КВ. Так, в позднем девоне – раннем карбоне породы ДААР были размыты существенно меньше (до первых десятков метров), чем в МБАР. Всё это привело к различным условиям аккумуляции в терригенных отложениях эродированного алмазоносного материала. Поэтому в ДААР при незначительном размыве пород этот материал образовывал первичные ореолы рассеяния (обычно без повторного размыва и переотложения), затем захоронялся.

В отличие от этого, в МБАР при значительном (до 300 м) размыве сначала формировались первичные ореолы рассеяния кимберлитового материала, которые затем перемывались и переотлагались в средне-верхнекаменноугольных отложениях. Наряду с широко развитыми на этой территории площадных КВ на терригенно-карбонатных породах, для упомянутых алмазоносных районов довольно характерны элювиальные образования трапповой и кимберлитовой формаций. Трапповые покровы, интрузии и силлы представлены долеритами, а также туфами, туфобрекчиями и туфогенными образованиями. *Трубки взрыва пород трапповой формации* наиболее характерны для различных частей МБАР, т.е. разных его позднепалеозойских и мезозойских структурно-формационных зон. Меньшая устойчивость туфов и туфобрекчий к процессам корообразования, по сравнению с вмещающими их породами, позволяет наиболее рельефно проследить на них закономерность более интенсивного развития (независимо от типов пород субстрата) и лучшей сохранности

КВ в пределах денудационной поверхности выравнивания, территориально совпадающей с конседиментационными палеоподнятиями и их склонами, по сравнению с денудационно-аккумулятивными и аккумулятивными поверхностями, соответствующими палеовпадинам. Поэтому туфобрекчии трубчатых тел на Мирнинском палеоподнятии (А-48, А-49, А-50 и др.) подверглись выветриванию на значительную глубину.

Здесь под нижнеюрскими осадочными толщами и породам трапповой формации (долеритам) вскрыта КВ значительной мощности (до 90 и более метров). В таких разрезах установлены и более зрелые её горизонты (рис.1). В отличие от этого, в центральных частях Кюеляхской верхнепалеозойской впадины и Ангаро-Вилюйского мезозойского прогиба на туфах и туфобрекчиях трубок взрыва (А-200, А-220, А-400 и др.) устанавливаются только самые нижние горизонты (зоны дезинтеграции и начального выщелачивания) КВ мощностью в несколько метров. Стоит также отметить, что в пределах Мирнинского палеоподнятия, наряду с трубками взрыва, выветрелыми на значительную глубину, встречены трубчатые тела (А-88, А-103 и др.) со слабо выраженными процессами корообразования. Такое положение можно объяснить [1-3] различной степенью переработки агломератовых туфов и туфобрекчий трубчатых тел гидротермально-метасоматическими процессами как в период их становления, так и в дальнейшем при гипергенном преобразовании. Чем интенсивнее эти породы подверглись подобной переработке, тем менее устойчивыми они становились к процессам выветривания. Ярким примером этого является трубка А-49 (рис.1,а), по сильно измененным гидротермально-метасоматическими процессами породам которой в позднедевонское-раннекаменноугольное время интенсивно и на значительную глубину развивались процессы корообразования. Так, скважина глубиной около 100 м в центре трубки не вышла из измененных пород. Перекрывается это тело долеритами и нижнеюрской осадочной толщей мощностью до 17 м.

Кора выветривания на туфогенных образованиях корвунчанской свиты нижнего триаса, по сравнению с другими гипергенными площадными образованиями этих же территорий (КВ на терригенно-карбонатных породах и долеритах) имеет ограниченное распространение [1-6]. Такие туфогенные породы нижнего триаса сохранились от размыва в виде относительно больших полей лишь в самой северо-западной части МБАР. На остальной территории траппового плато отмечаются [1, 5] мелкие разобщенные сложных очертаний останцы этих пород, выполняющие отрицательные формы раннетриасового рельефа. Сохранившаяся мощность КВ туфогенных образований корвунчанской свиты составляет первые метры, реже достигая до 27 м. Повышенная мощность профилей такой КВ отмечается только в случае перекрытия её нижнеюрскими осадочными толщами. На породах корвунчанской свиты обычно сохранилась от размыва лишь нижняя зона (дезинтеграции и

начального выщелачивания) КВ и только в отдельных разрезах большей мощности отмечается её более зрелая часть.

Наиболее детально изучена средне-позднетриасовая КВ на туфогенных образованиях корвунчанской свиты в северной части МБАР, где мощность достигает 13 м. Перекрываются они осадочными нижнеюрскими породами мощностью до 5 м. Выветрелые породы представлены зеленовато- и желтовато-серыми или коричневыми агломератовыми туфами и туфобрекчиями. Обломочный материал (включения алевролитов, терригенно-карбонатных пород, долеритов, гравия кремнистых пород и др.) в отдельных участках составляет до половины обьема туфогенных образований. Структура материнских пород преимущественно кристалло-литовитрокластическая, псефито-псаммитовая, участками до псаммитовой. Цементирующая масса сложена изотропным пепловым материалом (бурой и грязно-бурой окраски) с обломками различных пород (траппов, алевролитов и кварцитов) и некоторых минералов (кварца, полевых шпатов, биотита и др.). Нередко в этих довольно плотных туфогенных породах отмечаются следы вторичных изменений — ожелезнения, пиритизации и кальцитизации. По мере выветрелости пород изменяется их окраска. Реликты структур исходных туфогенных образований отмечены по всему изучаемому разрезу.

Результаты проведенной нами [2-6] обработки с помощью кластер-анализа данных о химическом составе различных петрохимических типов пород подчеркнули, что резкие различия в их химизме наблюдаются, с одной стороны, у ультраосновных и основных разностей, а с другой – у средних и кислых. Соответственно, выветривание первично минералов первой группы (меланократовых) сопровождается выносом щелочных (Na,K) и щелочно-земельных элементов, а также избытка Si и окислением подавляющей части Fe^{2+}, приводит к повышению лейкократовости [2].

С другой стороны, элювиальные продукты второй (лейкократовой) группы пород характеризуются увеличением их меланократовости, что связано с опережающим выносом Si по сравнению с накоплением Al. В результате этого происходит своеобразное сближение как химического состава, так и минералогических особенностей элювиальных продуктов, развитых на породах различного состава. Специфическими являются особенности гипергенного и геодинамического изменения вулканогенного материала, входящего в состав различных пород. Так, вулканические компоненты, слагающие существенную часть дискретного и лавообразного материала, в открытой системе минералообразования (на континенте) первоначально кристаллизуются в минералы группы смектита. Различный химический состав поступающего из эруптивных аппаратов и накапливающегося в континентальных водоёмах вулканического материала различного состава обуславливает вынос указанных выше элементов и гетеровалентные превращения. Заполнение

октаэдрических позиций в структуре отдельных разновидностей смектитов, возникающих за счет выветривания различных петрохимических типов пород, заимствуется от химического состава последних и изменяется от Mg-Fe^{2+}- до Al-Fe^{3+}-типа. Природа межслоевых катионов этой группы минералов определяется характером среды минералообразования [3].

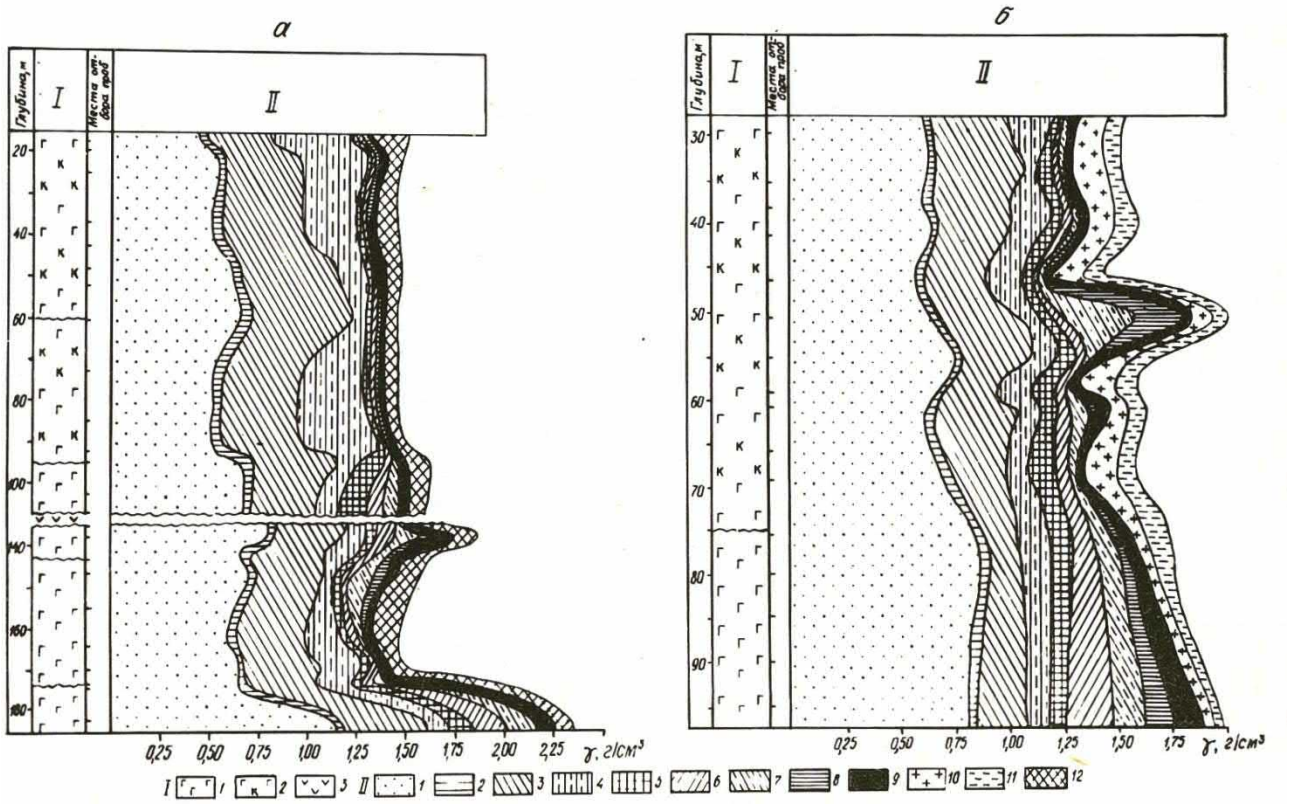


Рис.1.Геохимические диаграммы коры выветривания туфов и туфобрекчий трубчатых тел А-49 (а) и А-50 (б).
1 – Петрографическая колонка: 1 – туфы и туфобрекчии; 2 – кора выветривания туфов и туфобрекчий; 3 – прослои долеритов; П – Оксиды (в г/см³): 1 – SiO_2; 2 – TiO_2; 3 – Al_2O_3; 4 – Fe_2O_3; 5 – FeO; 6 – MgO; 7 – CaO; 8 – CO_2; 9 – $Na_2O + K_2O$; 10 – H_2O^+; 11 – H_2O^-; 12 – $H_2O_{(общ)}$).

По активности главнейших обменных катионов при их взаимном замещении, они располагаются в следующем порядке: Li<Na<K<Mg<Ca<H. Это обусловливает тенденцию последовательного вытеснения из межслоевых позиций в структуре первично возникающего смектита слабо устойчивых элементов и обогащение указанных позиций по мере развития гипергенного процесса наиболее устойчивым из щелочных и щелочно-земельных катионов – Ca. Так, подвергшиеся выветриванию эффузивные трапповые покровы долеритов в северной части МБАР СП представлены [1-2] серыми и темно-серыми разнозернистыми образованиями, содержащими в исходном состоянии плагиоклазы (лабрадор и битовнит), моноклинные пироксены (авгит), ильменит, магнетит, оливин, биотит, иддингсит и стекловатый мезостазис. Процесс гипергенного изменения долеритов начинается с развития в массивных отдельностях породы системы трещин с выделением на образованных ими поверхностях частиц основных плагиоклазов зародышей новых фаз в виде кристаллитов.

Последние являются начальными фазами возникающего позднее по ним Mg-Fe^{2+}-содержащего монтмориллонита, который, как неустойчивый в зоне гипергенеза минерал, быстро подвергается частичной диоктаэдризации с образованием ди-триоктаэдрической фазы Mg-Fe^{3+}-типа. Выделяющиеся при этом избытки окисного железа обуславливают возникновение гидрогётита. За счёт Na^{+}, выделяющегося при разложении плагиоклазов, образуется Na-монтмориллонит, который в богатой Ca среде последовательно переходит в Ca-разновидность. По биотиту в окислительных условиях развивается вермикулит, который в гипергенных условиях переходит в ассоциацию вермикулита и ди-триоктаэдрического монтмориллонита, а также вермикулит-монтмориллонитовое смешанослойное образование. По мере дальнейшей диоктаэдризации последней фазы и прогрессирующего выноса щелочей и щелочных земель из продуктов деструкции Al-Fe^{3+}-монтмориллонита синтезируется каолинит.Близкий механизм гипергенного преобразования исходного материала свойственен также эксплозивным породам, которые нами комплексно изучены на примере туфов и туфобрекчий трубок взрыва этого же алмазоносного района СП. Однако иной агрегатный характер этих пород, по сравнению с массивными долеритами, обусловливает повышенную интенсивность промывного режима вулканогенного материала и соответственно более высокую скорость его преобразования. Это обьясняется быстрым течением процесса диоктаэдризации первично возникающих слоистых силикатов, а также ранним появлением в профиле коры выветривания (КВ) каолинита. По близкому к долеритам основного состава направлению происходит гипергенное преобразование кимберлитов ультраосновного состава, с одной стороны, и туфогенных – с породами кислого состава [1, 2].

Сравнение кинетики как преобразования минералов группы смектитов и смешанослойных образований, так и возникновение каолинита в профилях КВ различных петрохимических типов пород показывает [3-4], что в элювии ультраосновных и основных пород смектит и смешанослойные образования сохраняются более длительное время, чем в средних и кислых. Это связано с необходимостью выноса из профилей КВ первой группы Mg, перехода Fe^{2+} в оксиды и гидроксиды Fe^{3}, преобразования первичного триоктаэдрического смектита в диоктаэдрическую разновидность. Одновременно с этим сапонит, возникающий по Mg-Fe-минералам, а также монтмориллонит, образующийся по относительно гомогенным плагиоклазам ультраосновных и основных пород, обладает более высокой степенью упорядоченности структуры, по сравнению с одноименными минералами, развивающимися по более гетерогенным плагиоклазам, свойственным средним и кислым породам.

При этом, соответствующая степень упорядоченности структуры три- или диоктаэдрического смектита наследуется также и в процессе дальнейшего преобразования по

нему каолинита. Следует заметить, что в субтропических и в тропических климатических поясах как метастабильная фаза широкое развитие получают каолинит-монтмориллонитовые смешанослойные образования с подчиненным содержанием разбухающих слоев [2]. Эти фазы приурочены к продуктам гипергенного изменения различных в гетерогенном отношении основных и средних изверженных пород как интрузивного, так и эксплозивно-эффузивно-экструзивного типа. В этом случае при условии интенсивного промывного режима по образовавшимся в профилях выветривания реакционно активным, преимущественно разбухающим минералам, особенно с триоктаэдрическим мотивом заполнения октаэдрических позиций в их структуре, возникает указанная смешанослойная фаза.

При выветривании туфов и туффитов, начиная с нижних горизонтов, нередко возникает смектит Al-Fe^{3+}, т.е. монтмориллонит. Значительно меньшее содержание в средних и кислых породах Mg и Fe^{3+} определяет более развитие в профилях выветривания по монтмориллониту каолинита, вплоть до полного исчезновения разбухающего минерала в верхних горизонтах элювиальной толщи. Существенное значение в областях нивального климата имеет также биохимическое изменение вулканических пород. Отмеченное выше сближение как химического состава [4], так и минералогических особенностей гипергенных продуктов к верхам элювиальных толщ показывает, что диагностическими являются их средние горизонты. Поэтому по резко различным ассоциациям в них гипергенных минералов можно определять петрохимический тип исходных, т.е. подвергшимся выветриванию пород. Образующийся в профилях КВ элювий при перестройке тектонического плана территории подвергается денудации. Переотлагающиеся в таком случае продукты в зависимости от тектоно-морфологического и гидрохимического характера областей осадконакопления в дальнейшем могут входить в состав различных осадочных формаций (главным образом терригенная – платформенная и геосинклинальная субформации, а также терригенно-карбонатная формации), в которых элювиальный материал накапливается либо в разуплотненном состоянии, либо в виде формации переотложенных КВ.

Таким образом, анализ полученных данных по результатам изучения КВ на туфах и туфобрекчиях трубчатых тел, а также туфогенных образованиях корвунчанской свиты показал отсутствие четкой зональности и их строения даже в профилях большой мощности. Несмотря на кажущуюся однородность этих толщ, рентгенографические, электронографические и электронно-микроскопические исследования позволили существенно детализировать установленные закономерности формирования продуктов выветривания. Так, в отличие от КВ на таких полнокристаллических и монолитных породах как долериты (которые близки по составу с туфогенными брекчиями) в КВ туфов и

туфогенных пород отмечается значительно большая дисперсность глинистых образований, что можно обьяснить дискретностью материнских пород, представленных агрегатами мелких обломков пород и вулканического стекла. Это обеспечивало интенсивное промывание (особенно в трубчатых телах) и вынос уже на первых стадиях выветривания Ca и Mg, а также окисление Fe^{2+}.

Обеднение пород Mg и Fe^{2+} связано в основном с разложением хлорита. При этом в нижних частях профилей выветривания (т.е. на ранней стадии преобразования пород) по первичным железистым минералам (магнетит и др.), содержащим в основном двухвалентное железо, развиваются псевдоморфозы в виде безводного оксида Fe – гематита. Выше по разрезу последний переходит в наиболее устойчивый в гипергенных условиях гидроксид Fe – гётит. При окислении Fe^{2+} в структуре хлорита и разложении последнего вначале возникает гематит, который по мере усиления выветрелости пород также переходит в гётит. Биотит последовательно трансформируется в парагенетическую ассоциацию вермикулита и монтмориллонита. Последний на ранних этапах выветривания в связи с наличием в структуре преимущественно Mg и Fe^{3+} близок к ди-триоктаэдрическому типу. Проведенными исследованиями показано, что первичный вулканогенный материал, испытывающий существенное изменение в полных профилях КВ под действием гипергенных процессов, в значительной мере теряет присущие ему специфические свойства, сближаясь с продуктами изменения пород самого различного генезиса. Однако в умеренных климатических поясах, при неполных профилях КВ, нередко геодинамическим воздействиям и размыву подвергается элювиальный материал, соответствующий средним (и даже нижним) горизонтам элювиальных толщ, которые четко отражают физико-химическую и минералогическую природу исходных пород. Вследствие этого, поступающие из областей снова вулканогенный материал, попадая в пресные континентальные водоёмы, обычно сохраняет первичные структурно-морфологические свойства первичных минералов, особенно при недалеком и спокойном их переносе. Размыв и перенос временными водными потоками и постоянными речными артериями первичного пирокластического материала приводит к определенной его деградированности, позволяющей уверенно отличать такие продукты от вновь образованных аутигенных выделений, возникших под действием седиментационных и диагенетических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Домышев В.Г.* Пирокластические толщи, трапповый вулканизм и тектоника юго-востока Тунгусской синеклизы. Новосибирск: Наука, -1974.- 118 с.

2. *Зинчук Н.Н.* Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской плат формы.-Новосибирск: НГУ.- 1994.- 240 с.

3. *Зинчук Н.Н.* Постмагматические минералы кимберлитов.-М.: Недра.- 2000. -538 с.

4. *Зинчук Н.Н.*, Котельников Д.Д., Соколов В.Н. Преобразование туфов и туфогенных пород Якутии в процессе выветривания // Бюлл. МОИП. Отдел геол., -1982.- Т.57.- Вып.6. С.65-80.

5. *Феоктистов Г.Д.* Петрология и условия формирования трапповых силлов. Новосибирск: Наука,-1978. -168 с.

6. *Хитров В.Г., Зинчук Н.Н., Котельников Д.Д.* Применение кластер-анализа для выяснения закономерностей выветривания пород различного состава // Докл. АН СССР.- Т.296.- №-5. -С.1228-1233.

УДК 551.311.231:550.8

ДРЕВНИЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ В СВЯЗИ С АЛМАЗОПОИСКОВЫМИ РАБОТАМИ

Зинчук Н.Н., Зинчук М.Н.,
Западно-Якутский научный центр АН РС (Я), Мирный, nnzinchuk@rambler.ru

На основании комплексных исследований проведен анализ особенностей развития и сохранения древних кор выветривания (КВ) на терригенно-карбонатных породах, образованиях трапповой (долериты, туфы, туфобрекчии и туфогенные образования) и кимберлитовой формаций основных алмазоносных районов Сибирской платформы (СП). Вместе с установленными типоморфными особенностями продуктов КВ на различных породах, важное значение имеет установление условий размыва и переотложения в перекрывающих кимберлитовые диатремы верхнепалеозойских и мезозойских осадочных толщах. Установленные особенности накопления продуктов выветривания в бассейны седиментации указанных возрастов в основные эпохи континентального корообразования успешно можно распространить на обширные соседние территории, которые в будущем могут являться новыми алмазоносными провинциями.

ANCIENT CRUSTS OF WEATHERING IN CONNECTION WITH DIAMOND PROSPECTING WORKS

Zinchuck N.N., Zinchuk M.N.,
West-Yakutian Scientific Centre of RS (Y) AS, Mirny, nnzinchuk@rambler.ru

Basing on complex investigations analysis of specific features of development and preservation of ancient crusts of weathering (CW) was carried out for terrigenous-carbonate rocks, generations of trap (dolerites, tuffs, tuff-breccias and tuffaceous formations) and kimberlite formations of basic diamondiferous regions of the Siberian platform (SP). Together with specified typomorphic features of CW products on various rocks, establishing conditions of washout and redeposition in Upper Paleozoic and Mesozoic sedimentary thicknesses, overlapping kimberlite diatremes, is of great significance. Specified features of weathering products' accumulation into sedimentation basins of mentioned ages during basic epochs of continental crust formation could be successfully extended onto vast neighboring territories, which may be new diamondiferous provinces in future.

В процессе выветривания изверженных, метаморфических и осадочных пород происходит, с одной стороны, трансформация исходных минералов в новые фазы, с другой – синтез новых соединений из растворов. Первый способ минералообразования свойствен остаточным корам выветривания (КВ), второй характерен для фильтрационных образований. Возникновение силикатных породообразующих минералов, начиная от магматического и кончая экзогенным процессами, зависит главным образом от активности Na, K, Ca и Al. Поведение последнего находится в прямой зависимости от содержания в системе трех первых компонентов. Крупные атомы, легко отдавая свои электроны кислороду, обеспечивают ковалентные связи с алюминием с образованием алюмосиликатов.

Скорость выветривания слоистых силикатов в значительной степени зависит от совершенствования их структуры, а также от размера чешуек. КВ возникают при благоприятных соотношениях следующих основных факторов: интенсивности выветривания, глубины возможного корообразования и скорости размыва. Интенсивность выветривания резко возрастает с увеличением температуры и количества выпадающих осадков. Большое значение имеет также обилие гумусового вещества, обладающего кислотными свойствами [1-3]. Мощность КВ также сильно зависит от глубины залегания

грунтовых вод. Наиболее интенсивная денудация элювиальных продуктов происходит вдоль эрозионной сети, тогда как на плоских водоразделах, наоборот, наблюдается минимальный размыв при наиболее интенсивном дренаже. На таких водоразделах обычно и формируется мощная КВ.

Однако она сохраняется от размыва только при стечении благоприятных факторов, в первую очередь, в понижениях древнего рельефа денудационной поверхности и в тектонически опущенных блоках [4-7]. На пенеплене или первичной аккумулятивной равнине дренаж был слаб, отчего здесь обычно не образуются мощные КВ. На древних платформах Мира (Сибирской, Африканской, Восточно-Европейской, Китайской и др.) остаточные КВ на различных породах имеют широкое распространение. Наиболее детально они изучены нами и другими исследователями на Сибирской платформе (в частности в Малоботуобинском и Далдыно-Алакитском алмазоносных районах), где благоприятные

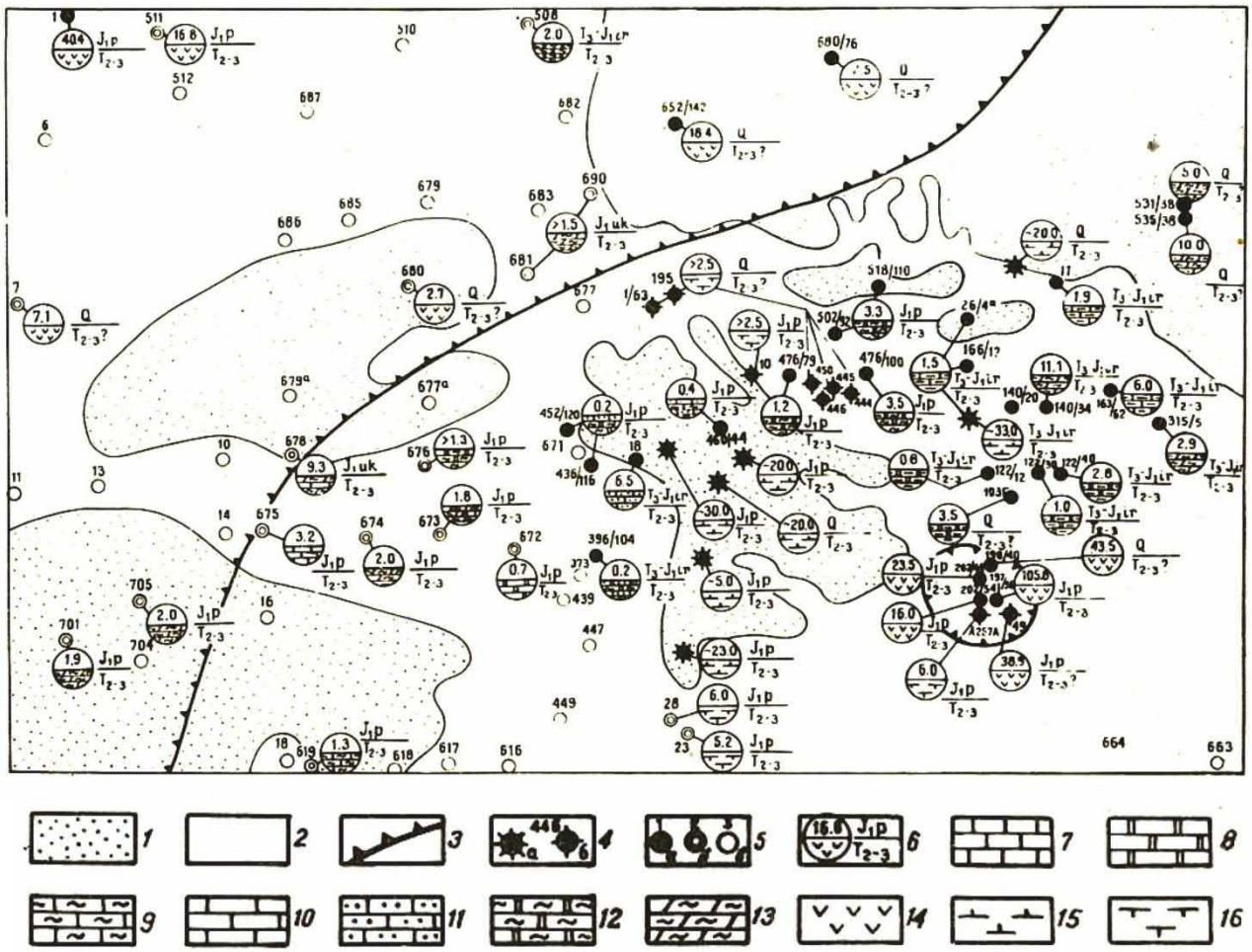


Рис.1. Карта изученности (фрагмент) КВ среднего-верхнего триаса Малоботуобинского алмазоносного района (МБАР):

Условные обозначения: Терригенно-карбонатные породы: 1 – устькутской свиты нижнего ордовика, 2 – илгинской свиты верхнего кембрия, 3 – область максимального распространения пород трапповой формации нижнего триаса; 4 – трубки взрыва: а – кимберлитов, б – пород трапповой формации; 5 – скважины (цифры сверху – их номера), по которым кора выветривания: а – изучена, б – не изучена, в – не установлена; 6 – обозначения: у круга в числителе – индекс возраста перекрывающих кору выветривания отложений, в знаменателе – индекс возраста коры выветривания; в верхнем секторе круга – мощность коры выветривания в метрах, в нижнем – породы субстрата; 7 – известняки; 8 – доломиты; 9 – известняки глинистые и глины

известковистые; 10 – известняки алевритистые, алевролиты известковистые; 11 – известняки песчанистые; 12 – доломиты глинистые; 13 – мергели; 14 – долериты; 16 – агломератовые туфы и туфобрекчии основного состава.

условия для формирования существовали в позднедевонское-раннекаменноугольное и средне-позднетриасовое время [7-10].

Так, на рассматриваемой территории в конце девона произошло сокращение морского бассейна. На северо-западе и северо-востоке Тунгусской верхнепалеозойской синеклизы (ТВС) сформировались прибрежные низменные равнины, а на юге ТВС и Вилюйской мезозойской синеклиз (ВМС) возникли равнины с континентальным осадконакоплением. Они разделялись более высокими денудационными плато. Каменноугольному периоду активизации общего воздымания Сибирской платформы (СП) предшествовала эпоха относительного покоя, в течение которой дифференцированных тектонических движений практически не происходило. Рельеф суши в рассматриваемое время был сильно пенепленизирован. При этом выравнивание рельефа и образование элювия на исходных породах протекали постепенно на протяжении всего периода формирования поверхности выветривания, при котором продукты КВ поступали в коррелятивные толщи равномерно, что связано с весьма незначительными в это время изменениями тектонического режима и палеорельефа.

В основных алмазоносных районах СП благоприятные палеогеографические условия для формирования мощных КВ существовали в позднедевонское-раннекаменноугольное и средне-позднетриасовое время [3-6]. Выветриванию в этот период подвергались: терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя, долериты, туфы и туфобрекчии трубочных тел, туфогенные образования корвунчанской свиты и кимберлиты. В структурном плане древние КВ приурочены преимущественно к конседиментационным палеоподнятиям, в пределах которых в период формирования перекрывающих их отложений развивались обстановки денудационных и денудационно-аккумулятивных равнин.

В конседиментационных палеовпадинах, служивших местами аккумуляции переотложенного материала КВ, наоборот, были неблагоприятные условия для интенсивного корообразования. В Малоботуобинском алмазоносном районе (МБАР) относительно наиболее полные и мощные (до 15 м) площадные остаточные КВ ***на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя*** развивались (а затем сохранились от размыва) на Улу-Тогинском, Мирнинском, Джункунском и Чернышевском палеоподнятиях, обрамлявщих Кюеляхскую, Улахан-.Ботуобинскую и Ахтарандинскую впадины. В отдельных разрезах устанавливаются верхние горизонты КВ, свидетельствующие о формировании в них полных профилей [4-6].

Для легкой фракции продуктов выветривания этого типа характерны кварц и халцедон, а также обломки опала. Для тяжелой фракции характерны полуокатанные и окатанные зерна апатита, альмандина, турмалина, циркона и эпидота, а также повышенные концентрации пирита, сидерита, барита и ярозита. Особенностью глинистой составляющей из разрезов КВ терригенно-карбонатных пород следует считать повсеместное присутствие в её составе диоктаэдрической гидрослюды $2M_1$ в ассоциации с $1M$ и неупорядоченной монтмориллонит-гидрослюдистой смешанослойной фазой. Д

ля верхних горизонтов профилей этого типа характерен также каолинит с полубеспорядоченной структурой. В ряде алмазоносных районов СП отмечено развитие КВ на ***породах трапповой формации***, где детально она изучена [5-9] в пределах юго-восточной окраины Тунгусской синеклизы (МБАР). Трапповое плато, занимающее северо-западную часть района, и развитая на нём площадная остаточная КВ средне-позднетриасового возраста вместе с породами субстрата в послераннеюрское время сохранилась от размыва только в понижениях плато или в тектонически опущенных блоках. Мощность КВ на долеритах обычно составляет первые метры и лишь в отдельных разрезах достигая 50 м и более. Обычно от размыва сохраняется лишь нижняя часть КВ – зона дезинтеграции. Характерными минералами выветрелых ***долеритов*** являются в разной степени измененные плагиоклазы (от андезина до биотита) и гейландит.

В целом такие же минералы легкой фракции отмечены и для КВ ***туфов и туфобрекчий*** трубок взрыва трапповых пород, установленных в различных частях района, а также ***туфогенных образований*** корвунчанской свиты нижнего триаса, характерных для северо-западной части района. Вверх по разрезам в породах трапповой формации обычно увеличивается содержание олигоклаза, что связано с меньшей устойчивостью средних и основных плагиоклазов. Типоморфным минералом тяжёлой фракции выветрелых пород трапповой формации является ильменит. В КВ долеритов обычно доминируют толстотаблитчатые и пластинчатые кристаллы ильменита с хорошо развитыми гранями и угловатые обломки с реликтами огранки. В отличие от этого, в КВ туфов и туфогенных образований зерна минерала преимущественно неправильной формы со сглаженными краями, реже – остроугольные обломки. Довольно характерными для тяжелой фракции из выветрелых пород трапповой формации являются переменные концентрации амфиболов, моноклинных пироксенов, эпидота, клиноцоизита, цоизита, турмалина, циркона, дистена и вулканического стекла.

Отличительной особенностью глинистых минералов в слабо изменённых профилях КВ долеритов является сохранение Mg-Fe^{3+}-монтмориллонита до тех пор, пока в породах фиксируется собственно вермикулит. Для нижних горизонтов выветрелых туфогенных

образований трубок взрыва наиболее характерными слоистыми силикатами являются вермикулит и низкотемпературный хлорит. Последний быстро разлагается вверх по разрезам. На основе вермикулита здесь, как и в КВ долеритов, возникает сначала ассоциация вермикулита и Mg-Fe^{3+}-монтмориллонита, которые в верхних частях профилей в результате гомогенизации переходят в неупорядоченную вермикулит-монтмориллонитовую смешанослойную фазу. В виде переменной примеси в наиболее зрелых профилях отмечается каолинит**.**

Особый интерес представляет вопрос о типоморфных особенностях ***продуктов выветривания кимберлитов***, в которых в различной степени сохраняются [6-10] устойчивые минералы этих пород (алмазы и их парагенетические спутники – пироп, пикроильменит, хромшпинелиды и др.). Как в плотных, так и в выветрелых кимберлитах нередко отмечаются келифитовые каймы, являющиеся продуктом реакции пиропа с расплавом. Внешняя поверхность их обычно покрыта бугорчатыми образованиями, повторяющими рельеф зерна по келифитовой каймой, которая часто имеет радиально-лучистое строение. Между основанием каймы и поверхностью пиропа, как и по трещинам в нем, отмечаются пелитоморфные новообразования, в составе которых преобладает хлорит с незначительной примесью флогопита и кальцита. В глинистой составляющей продуктов выветривания кимберлитов, кроме содержащихся и в легкой фракции серпентина, хлорита и вермикулита, присутствует также монтмориллонит, монтмориллонит-гидрослюдистая смешанослойная фаза и гидрослюда. В октаэдрических сетках структуры разбухающих минералов, судя по b=0,893 нм, содержатся главным образом Fe^{3+} и Al [5]. В нижних и средних частях коры КВ кимберлитов эта смешанослойная фаза характеризуется тенденцией к упорядоченному чередованию пакетов.

К верхам профилей в ней появляются явные элементы разупорядочения структуры и в лабильных межслоевых промежутках, как и в монтмориллоните, преобладают Mg и Ca. По кристаллохимическим особенностям указанная смешанослойная фаза рассматриваемого типа КВ существенно отличается от аналогичной в изменённых терригенно-карбонатных породах. Это связано с иными природой и химизмом исходного материала, за счёт которых в кимберлитах возникло указанное образование, представленное продуктами диоктаэдризации флогопита и дальнейшей его деградации, что обусловливает свойственный указанным продуктам высокий отрицательный межслоевой заряд, который наследуется от исходной слюдистой структуры.

Такие особенности смешанослойной фазы, характеризующейся специфической неоднородностью слагающих её пакетов, являются важным типоморфным признаком продуктов выветривания кимберлитов. Кроме того, для продуктов выветривания этих пород

характерен пластинчатый серпентин, структура которого состоит из слоёв типов *A* и *B*. Серпентин сохраняется вплоть до самых верхов профилей КВ, где характеризуется политипом *A*. При этом для частиц новообразованного политипа (*A*) вначале характерна округлая глобулярная форма (размер глобул до 0,5 мкм). Глобулы образуются иногда на острых гранях других минералов. Они сочленяются в вытянутые червеподобные сростки длиной в несколько микрометров. Вверх по разрезу профилей выветривания обычно увеличиваются размеры новообразованного серпентина и их сростков.

Следует отметить, что морфологические выделения серпентина в породах, не затронутых выветриванием, существенно отличаются от его форм в продуктах гипергенного изменения кимберлитов и родственных им пород. Характерная для этих продуктов выветривания гидрослюда связана в основном с изменением флогопита и наследует свойственный ему политип 1*M*, что также является важнейшим её типоморфным признаком. КВ на кимберлитах отмечена на многих диатремах СП. Так, в МБАР КВ развита на трубках имени XXIII съезда КПСС, Дачная, Таёжная, Амакинская и Интернациональная. Широким развитием пользуется КВ на кимберлитовых диатремах Далдыно-Алакитского (ДААР), Средне-Мархинского (СМАР) и других районов СП.

Продолжительность периодов корообразования, протекавших при теплом влажном климате и относительно хорошем дренаже территории, существенно влияет на мощность элювиальных толщ и, соответственно, на количество алмазов, высвобождающихся из этих толщ при их образовании, либо непосредственно на кимберлитах, либо в продуктах их ближнего переотложения во вторичных коллекторах. Оценивая с этих позиций материалы о древних корах выветривания на территории СП как в целом, так и в наиболее богатых алмазами МБАР, ДААР и СМАР можно отметить, что в позднедевонское-раннекаменноугольное и средне-позднетриасовое время здесь существовали благоприятные условия для интенсивного корообразования. Об этом свидетельствуют сохранившиеся от размыва мощные КВ с высокозрелыми верхними горизонтами. Однако непосредственно в КВ россыпи алмазов фиксируются только над кимберлитовыми трубками, что приводит к резко ограниченным их размерам.

На других породах россыпи алмазов не образуются, за исключением случаев, когда субстратом являются вторичные коллекторы алмазов (например, верхнепалеозойские отложения). Поэтому важное значение имеет [7-10] установление условий размыва и переотложения продуктов выветривания при накоплении верхнепалеозойских и мезозойских осадков. Так, если формирование этих отложений (и в первую очередь их грубообломочных нижних горизонтов) происходило в условиях накопления делювиально-пролювиальных, пролювиально-аллювиальных и озерных фаций (т.е. за счёт преимущественно ближнего

сноса местного материала), то тогда вблизи кимберлитовых тел формировались россыпи алмазов. И, наоборот, обильный привнос чуждого району терригенного материала и развитие аллювиальных фаций происходили при размыве КВ на кимберлитах и приводили к выносу обогащенных алмазами продуктов за пределы локальных участков и сильному разубоживанию их за счёт «транзитного» неалмазоносного аллювия. В такой ситуации образование россыпей алмазов становилось практически не возможным, что затрудняет и поиски здесь коренных алмазных месторождений.

Переотложение продуктов выветривания вблизи областей денудации и накопление их в основном в пресноводных континентальных водоёмах, а также небольшая мощность сформировавшихся осадочных толщ и незначительные погружения их определили, в частности, слабое гидрохимическое воздействие среды на аллотигенные минералы, а также отсутствие наложенных на них процессов каталитического преобразования [4-6]. Эти условия привели к тому, что глинистые минералы верхнепалеозойских и мезозойских отложений алмазоносных районов СП, связанные в основном с процессами переотложения различных продуктов КВ, определённым образом наследуют структурные и кристаллохимические особенности минералов из элювиальных толщ. Это позволяет использовать изложенные выше типоморфные признаки отдельных минералов легкой, тяжелой и глинистой фракций, а также геохимические особенности выветрелых пород для идентификации в осадочных толщах продуктов, поступивших из различных источников снова и связанных с гипергенными изменениями пород различного химического и минералогического составов.

Комплекс исследований, использованный нами при изучении отложений верхнего палеозоя и мезозоя, позволил восстановить палеогеографические условия формирования на рассматриваемой территории каждого стратиграфического горизонта этих периодов (особенно базальных слоёв) и более детально проанализировать особенности накопления местного (в том числе и кимберлитового) материала в пределах выделенных перспективных участков и зон (или определенных горизонтов). Необходимо подчеркнуть, что установленные особенности накопления продуктов выветривания в позднепалеозойское время в пределах МБАР и ДААР, учитывая схожесть тектонического развития и геологического строения их с остальной территорией восточного борта ТВС, а в мезозойское время сходство указанных условий в МБАР в целом со всей зоной Ангаро-Вилюйского прогиба и северо-западного борта ВМС позволяют распространить полученные закономерности на обширные соседние территории, которые в будущем могут явиться новыми алмазоносными провинциями.

Сравнительный анализ рассмотренных выше КВ показывает, что наряду с минералогическими особенностями исходных пород и гидрогеохимическими условиями среды важное значение в формировании элювиальных продуктов имеют также три следующих фактора. Первый – это степень структурной упорядоченности первичных минералов. Второй связан с унаследованностью этих свойств вновь возникающими фазами. Третий включает универсальность процесса преобразования гипогенных и образования гипергенных минералов в профилях выветривания, развитых на различных типах пород. Установленные по результатам комплексных исследований различного типа древних КВ на различных породах позволили установить типоморфные признаки минералов легкой, тяжелой, глинистой фракций и геохимических особенностей элювия этих образований и получить новые данные об особенностях и закономерностях их преобразования в гипергенных условиях.

В продуктах выветривания различных по химическому составу и минералогическим особенностям пород развиты специфические разновидности смешанослойных образований, что также можно рассматривать как типоморфные признаки соответствующих КВ. Указанные особенности позволяют дифференцировать на структурном уровне одни и те же видовые разновидности первичных минералов, а также идентифицировать вторичные слоистые силикаты, различающиеся в последнем случае либо характером заселения октаэдрических позиций в их структуре (т.е. ди- или триоктаэдрическим мотивом кристаллической решетки), либо способом взаимного наложения отдельных силикатных слоев в структуре этих минералов или их политипией. Успешное использование сформулированных закономерностей изменения различных пород может основываться только на комплексном оптико-электронно-микроскопическом и структурно-кристаллохимическом их изучении.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акульшина Е.П., Аксенова Т.П., Фомин А.М., Писарева Т.М.* Позднепалеозойский литогенез алмазоносных районов Якутии.-Новосибирск: ИГГ СО РАН.-1983.- 201 с.

2. *Давыдов Ю.В., Мишнин В.М.* Древние коры выветривания бассейнов рек Малой Ботуобии и Мархи (Западная Якутия) // Кора выветривания и гипергенное рудообразование.- М.: Наука.-1977.- С.272-276.

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

4. *Зинчук Н.Н.* Коры выветривания и вторичные изменения кимберлитов Сибирской платформы.-Новосибирск: НГУ.-1994.-240 с.

5. *Зинчук Н.Н.* Постмагматические изменения кимберлитов.-М.:Недра.-2000.-538 с.

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

7. *Зинчук Н.Н., Тараненко В.И., Борис Е.И. и др.* Коры выветривания бассейна р. Вилюй // Известия АН СССР. Серия геологич., -1978.- №-8.- С.108-121.

8. *Рожков И.С., Харькив А.Д., Мельник Ю.М.* Древняя кора выветривания кимберлитов трубки им. XXIII сьезда КПСС (Якутия) // Докл. АН СССР.-1969.-Т.188.-№-5.-С.1130-1133.

9. *Файнштейн Г.Х.* Коры выветривания и их роль в россыпном рудообразовании осадочного чехла Сибирской платформы // Рудоносные коры выветривания.-М.:Наука.-1974.- С.271-277.

10. *Шамшина Э.А.* Коры выветривания кимберлитовых пород Якутии.-Новосибирск: Наука.-1979.-185 с.

УДК 550.372/373+551.24.055

ЗВ'ЯЗОК АНОМАЛІЙ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ З РУДОПРОЯВАМИ КОРИСНИХ КОПАЛИН КОЧЕРІВСЬКОЇ ДІЛЯНКИ УЩ

Ільєнко В.А.[1], Кушнір А.М.[2], Тонковід Є.М.[3]
1 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна, ivageophysicist@gmail.com
2 – канд. геол. наук, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна, antonn@ukr.net
3 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна.

Основним результатом інтерпретації даних магнітотелуричного зондування і магнітоваріаційного профілювання є виявлення областей високої електропровідності в земній корі Кочерівської ділянки, які характеризуються різною провідністю і глибиною залягання, конфігурацією і по-різному відображають геологічні структури. Було проведено аналіз зв'язку аномалій електропровідності з рудопроявами корисних копалин Кочерівської ділянки. Вона є перспективною на низку корисних копалин, у північній частині, в межах Волинського мегаблоку – на золото, срібло, вольфрам, нікель, кобальт, мідь, графіт, у південній частині, в межах Подільського та Росинського мегаблоків – на залізо, титан, нікель, цирконій, уран, ітрію. Більша частина аномалії електропровідності приурочена до видовжених зон метасоматозу і районів поширення графітизованих порід, частина поверхневих аномалії приурочена до областей кори вивітрювання гірських порід. Виділені при тривимірному моделюванні аномалії тяжіють до зон поширення метасоматитів і метасоматично змінених порід, які є перспективними на ендогенне зруденіння, у Волинському мегаблоці це скарни; в Кочерівському – синклінорії грейзени і зони епідотизації, окварцювання; зон окварцювання і мікроклінізації в Звіздаль-Заліській зоні розломів; зон хлоритизації, мікроклінізації, епідотизації і гідротермально змінених порід в Брусилівській зоні розломів; загалом у Росинському мегаблоці зон мусковітизації, епідотизації і окварцювання.

ELECTRICAL CONDUCTIVITY ANOMALIES CONNECTION WITH MINERALS OF THE KOCHERIVSK SECTION OF THE USh

Ilyenko V.A.[1], Kushnir A.M.[2], Tonkovid E.M.[3]
1 – Institute of Geophysics NAS of Ukrane, Kyiv, Ukraine, e-mail: ivageophysicist@gmail.com
2 – Institute of Geophysics NAS of Ukrane, Kyiv, Ukraine, e-mail: antonn@ukr.net
3 – Institute of Geophysics NAS of Ukrane, Kyiv, Ukraine

The main result of interpretation of magnetotelluric sounding and magnetovariational profiling data is the identification of areas of high electrical conductivity in the earth's crust of the Kocheriv area, which are characterized by different conductivity and depth, configuration and differently reflect geological structures. An analysis of the connection between electrical conductivity anomalies and ore occurrences of minerals in the Kocheriv area was performed. It is promising for a number of minerals, in the northern part, within the Volyn megablock - for gold, silver, tungsten, nickel, cobalt, copper, graphite, in the southern part, within the Podolsk and Rosin megablocks - for iron, titanium, nickel, zirconium, uranium, yttrium. Most of the conductivity anomalies are confined to elongated areas of metasomatosis and areas of distribution of graphitized rocks, part of the surface anomalies is confined to areas of weathering crust of rocks. The anomalies identified in the three-dimensional modeling tend to the zones of distribution of metasomatites and metasomatically altered rocks, which are promising for endogenous mineralization. In the Volyn megablock they are skarns; in Kocherivsky - synclinoriums of greisen and zones of epidoticization, quartzation; zones of quartzization and microclinization in the Zvizdal-Zaliska fault zone; zones of chlorination, microclinization, epidoticization and hydrothermally altered rocks in the Brusyliv fault zone; in general in the Rosinsky megablock of zones of muscovitation, epidoticization and quartzification.

Вступ. В основу системи критеріїв регіонального прогнозу покладено ідею, що умови і області формування корисних копалин, а також їх мінералогенічна спеціалізація, визначаються не тільки глибинною геологічною будовою, хімічним складом і фізичним станом елементів літосфери, але і динамікою земної кори і верхньої мантії. Саме границі глобальних літосферних плит, блоків земної кори і міжблокові системи часто контролюють

промислові концентрації корисних копалин. На основі аналізу реконструйованих геодинамічних обстановок в протерозої [Анциферов, 2009; Шеремет и др., 2013] і розташування родовищ і рудопроявів корисних копалин в визначених частинах геодинамічних структур Українського щита (УЩ) виділено металогенічні зони зокрема для Кочерівської ділянки (рис. 1) [Анциферов, 2009].

У роботі [Шеремет и др., 2013] наведено комплексні геолого-геофізичні критерії рудоносності. До геоелектричної частини необхідно віднести: а – наявність низькоомних геоелектричних неоднорідностей, як регіонального характеру, так і локальних; б – наявність низькоомних геоелектричних глибинних аномалій уздовж протяжних зон розломів (ЗР); в – наявність низькоомних геоелектричних аномалій, приурочених до зон метасоматичного перетворення гірських порід; г – зв'язаність низькоомних геоелектричних аномалій з металогенічними рудними вузлами і геохімічними аномаліями.

Інакше кажучи, наявність аномалій високої електропровідності уздовж протяжних зон розломів, що приурочені до зон метасоматозу, та їх відповідність металогенічним рудним та нерудним полям є геоелектричними критеріями для пошуків рудопроявів корисних копалин.

Зв'язок аномалій електропровідності з рудопроявами корисних копалин. Глибинні розломи в межах Кочерівської ділянки зумовлюють блоковий поділ земної кори, є транспортними каналами, якими з мантії транспортуються флюїди, які несли тепло і рудні компоненти.

За даними [Гошовський, 2003] точки Ti-Zr - рудопроявів і Ta-Nb -зруденіння тяжіють, головним чином, до глибинних розломів: Віленського, Центрального, Погребищенського, Брусилівського, Великоєрчиківського. Прояви золоторудної мінералізації приурочені до зони Центрального розлому, радіоактивних металів, до області перетину Немирівської та Центральної ЗР [Белявский и др., 2004]. Усі глибинні розломи характеризуються проявами прирозломного метасоматозу, який виражається проявами кварц-сульфідних жил у вміщуючих породах, утворенням польовошпатових метасоматитів, проявом зон грейзенізації. Цілий ряд рудопроявів і точок мінералізації Ta і Nb, Be, Sn і W пов’язаний із польовошпатовими метасоматитами, зонами скарнування і грейзенізації, приуроченими до субмеридіональних ЗР: Кочерівської, Брусилівської і Центральної та Віленського розлому. Значна частина рудопроявів Be, Sn і W пов’язана зі скарнами і кварц-польовошпатовими метасоматитами, молібдену – з окварцюванням у комплексі з аномаліями золота, міді, цинку, срібла.

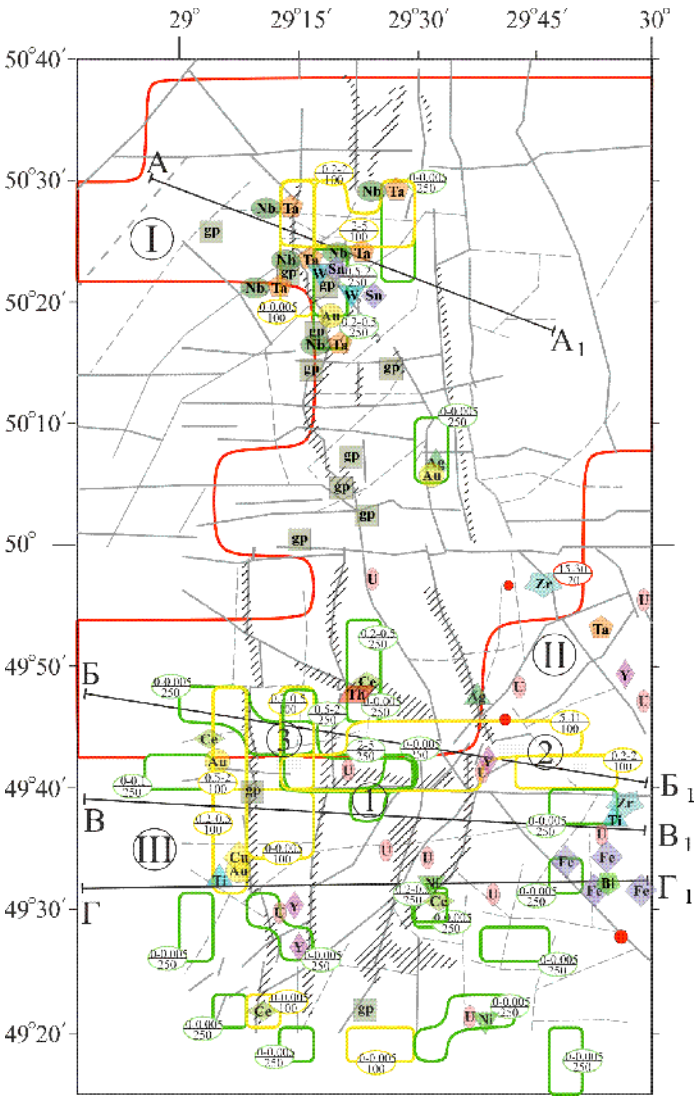


Рис. 1. Тектонічна схема Кочерівської ділянки УЩ з винесеними на неї аномаліями низького питомого електричного опору тримірної геоелектричної моделі земної кори і родовищами та рудопроявами корисних копалин [Державна..., 2003, 2005]. Корисні копалини показано буквами: залізо (Fe), титан (Ti), вольфрам (W), мідь (Cu), нікель (Ni), олово (Sn), цирконій (Zr), вісмут (Bi), ніобій (Nb), тантал (Ta), золото (Au), срібло (Ag), церій (Ce), ітрій (Y), уран (U), торій (Th), графіт (gp). Штриховкою позначені зони метасоматозу. Мегаблоки: I – Волинський; II – Росинський; III – Подільський. Арабськими цифрами у колах позначені перспективні ділянки на пошуки рудних корисних копалин.

У докембрійському фундаменті відомо ряд точок мінералізації і окремі рудопрояви чорних, кольорових та благородних металів (Fe, Ti, Cu, Ni, Co, Zn, Mo, Cr, Pb, Au), рідкісних елементів (Ta, Nb, W, Sn, Bi, Y, Li, Rb, Cs, Be), радіоактивних елементів (Th, U), прояви керамічного пегматиту, мусковіту, графіту та інші. В осадовому чохлі розміщуються розсипні прояви цирконію, титану, золота, рідкісноземельних елементів, керамзитових глин, мергелю. Із магматичними та метасоматичними породами, що їх супроводжують, пов’язані рудопрояви рідкісних металів, молібдену.

На південному сході області відомі Володарське та Північно-Березнянське родовища заліза (Рис. 2 в, г), що пов’язані з покладами залізистих кварцитів володарсько-білоцерківської товщі, Тарасівське родовище титану та цирконію, Північно-Березнянське родовище урану. Кочерівська ділянка вважається перспективною для розвідки нових рудопроявів і родовищ цілого ряду корисних копалин.

Ділянку з огляду на її рудопрояви можна поділити на дві частини: північну та південну, які розділяє Андрушівська ЗР. Поверхневі аномалії електропровідності північної

ділянки [Ilyenko, 2020], які знаходяться на глибинах до 5 м мають меридіональне простягання та провідність ρ = 100 – 250 Ом·м, вони відповідають декільком закартованим рудоносним полям рідкіснометальних пегматитів, а саме: Папірнянському і Городському (Рис. 2 а), які містять ніобій, тантал, берилій, літій, рубідій і церій. Також тут розташовані Корнинське рудоносне поле прогнозних площ на золото та срібло [Державна ..., 2003].

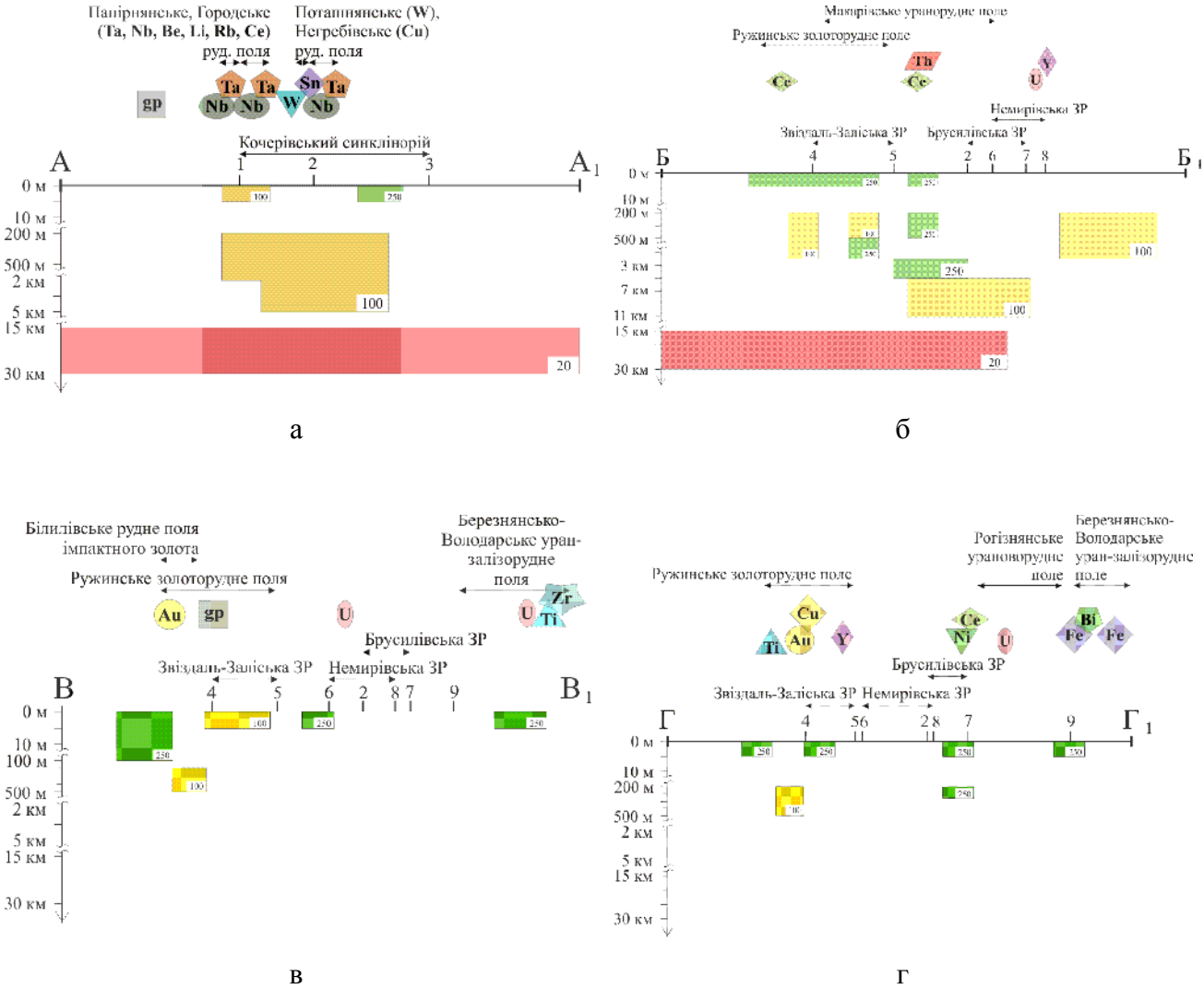


Рис. 2. Розріз отримані за результатами тривимірного моделювання (цифрами на розрізі позначений питомий електричний опір в Ом·м). Буквами позначені корисні копалини: залізо (Fe), титан (Ti), вольфрам (W), мідь (Cu), нікель (Ni), олово (Sn), вісмут (Bi), ніобій (Nb), тантал (Ta), золото (Au), берилій (Be), літій (Li), рубідій (Rb), церій (Ce), ітрій (Y), уран (U), торій (Th), графіт (gp) Розломи: 1 –Віленський, 2 – Кочерівський, 3 – Брусилівський, 4 – Огіївський, 5 – Погребищенський, 6 – Таборівський, 7 – Великоєрчиківський, 8 – Павлівський, 9 – Варварівський.

Зона високої електропровідності просторово розташована в межах Кочерівського синклінорію на глибинах 200 м - 5 км у вигляді великого об’ємного провідника з ρ = 100 – 250 Ом·м (Рис. 1, 2 а) відповідає серії рудоносних та прогнозних полів, які розташовані вздовж Віленського розлому, таких як: Кочерівське з рудопроявами ніобію, танталу, берилію, літію, рубідію, церію і золота; Красилівське і Віленське рудоносні поля золота та

срібла [Державна ..., 2003]. Також тут розташовані Поташнянське рудне поле, яке характерне рудопроявами вольфраму, і Негребівське рудне поле з проявами міді.

У південній частині ділянки поверхневі аномалії високої електропровідності ρ = 100 – 250 Ом·м і глибинами до 5 м (Рис. 1, 2 б, в, г) в більшості випадків приурочені до кори вивітрювання над глибинними розломами і знаходяться в межах декількох мінералогенічних зон, таких як: Брусилівська уран-благороднометальна тектон-метасоматична мінерагенічна зона з наступними рудними полями: Ружинське золоторудне, Макарівське урановорудне; Немирівській уран-рідкіснометальній тектон-метасоматичній мінерагенічній зоні з Погребищенським рідкіснометально-рідкісноземельним рудним полем. Також тут розташований Білоцерківський уран-рідкоземельний район (не пов'язаний з тектон-метасоматичними зонами) з Березнянсько-Володарським урановорудним і залізорудним полем і Тетіївським урановорудним полем [Державна ..., 2005].

Висновки. Аномалії електропровідності земної кори Кочерівської ділянки УЩ в своїй основі проявляються у глибинних розломах, також підвищеною електропровідністю характеризується Кочерівський синклінорій (глибинами 0–5 м і 200 м – 5 км, ρ = 100 Ом·м), Самгородський розлом (глибинами 200 м – 11 км, ρ = 250 - 100 Ом·м) і земна кора на глибинах 15 - 30 км (Чернівецько-Коростенська аномалія, ρ = 20 Ом·м).

Виділені при тривимірному моделюванні аномалії тяжіють до зон поширення метасоматитів і метасоматично змінених порід, які є перспективними на ендогенне зруденіння, у Волинському мегаблоці це скарни; в Кочерівському – синклінорії грейзени і зони епідотизації, окварцювання; зон окварцювання і мікроклінізації в Звіздаль-Заліській ЗР; зон хлоритизації, мікроклінізації, епідотизації і гідротермально змінених порід в Брусилівській ЗР; загалом у Росинському мегаблоці зон мусковітизації, епідотизації і окварцювання.

Кочерівська ділянка є перспективною на низку корисних копалин, у північній частині, в межах Волинського мегаблоку – на золото, срібло, вольфрам, нікель, кобальт, мідь, графіт, у південній частині, в межах Подільського та Росинського мегаблоків – на залізо, титан, нікель, цирконій, уран, ітрію. Більша частина аномалії електропровідності приурочена до видовжених зон метасоматозу і районів поширення графітизованих порід, частина поверхневих аномалії приурочена до областей кори вивітрювання гірських порід.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Анциферов А. В.* (Ред.) (2009). Геолого-геофизическая модель Немировско-Кочеровской шовной зоны Украинского щита. Донецк: Вебер.

2. *Белявский В. В., Бобров А. Б., Гошовский С. В., Чуприна И. С., Шумлянский В. А.* (2004). Геоэлектрические модели золоторудных месторождений Украинского щита и Донбасса. Киев: Логос.

3. *Гошовський С. В.* (Ред.) (2003). Комплексна металогенічна карта України масштабу 1:500 000 та пояснювальна записка до неї. Київ: УкрДГРІ.

4. Державна геологічна карта України масштабу 1:200000 аркуша M-35-XVIII (Фастів) (2003). Київ: Геоінформ України.

5. Державна геологічна карта України масштабу 1:200000 аркуша M-35-XXIV (Сквира) (2005). Київ: Геоінформ України.

6. *Шеремет Е. М., Кривдик С. Г., Бурахович Т. К.* (2013). Критерии поисков руды в областях субдукции Украинского щита. ISBN 978-3-8383-7600-4 электр. версия. pdf (50086443). Saarbruken: LAP LAMBERT Academic Publishing.

7. *Ilyenko V.* (2020). Three-dimensional model of the Kocheriv section of the western part of the Ukrainian Shield. XIXth International Conference «Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects» 11-14 May 2020, Kyiv.

УДК 553.495:550.83

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ АЛМАЗОПЕРСПЕКТИВНОСТІ СУБОТЦІВСЬКОЇ СТРУКТУРИ ІНГУЛЬСЬКОГО МЕГАБЛОКА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Калашник Г. А.,
доктор геологічних наук, старший науковий співробітник, Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна, kalashnik_anna1@ukr.net

Представлено результати досліджень алмазоперспективності Суботцівської структури Інгульського мегаблока Українського щита. За результатами досліджень визначено, що Суботцівська структура виповнена породами кратерних, в окремих випадках і проявами жерлових фацій з ознаками прояву кімберліт-лампроїтового магматизму. За ступенем прояву комплексу пошукових критеріїв виділені п’ять потенційних експлозивних структур на Субоцький ділянці. Розроблено рекомендації для проведення подальших досліджень в межах Суботцівської ділянки.

RESULTS OF DIAMOND PROSPECTING STUDIES OF THE SUBOTSKA STRUCTURE OF THE INGULSKYI MEGABLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD

Kalashnyk G. A.,
Doctor of Geological Sciences (Sc.D.(Geol.)), Senior Research Fellow (S.R.F.), Flight Academy of National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine, kalashnik_anna1@ukr.net

The results of diamond prospecting studies of the Subotska structure of the Ingulskyi megablock of the Ukrainian Shield are presented. For the results, it is indicated that the Subotska structure is mimicked by crater rocks, and in some cases by manifestations of the vent facies with signs of kimberlitic-lamproitic magmatism. According to the degree of manifestation of the complex of criteria five potential diamond-prospective structures are discovered on the Subotska area. There were developed recommendations for further research on the Subotska area.

Вступ. Прагнення України подолати економічне відставання із подальшою інтеграцією у світове співтовариство зумовлює необхідність розвитку мінерально-сировинної бази держави. Прояв у Інгульському мегаблоці Українського щита багатостадійного лужно-ультраосновного магматизму в платформенних умовах у вигляді дайкової фації в докембрії і повторно у вигляді вибухових кратерних структур із проявами лужно-ультраосновного магматизму, які фіксуються у кратерах у вигляді вулканогенних ксенотуфобрекчий, зближує цей мегаблок з алмазоносними провінціями древніх платформ та щитів. Це дало вагомі підстави вважати Інгульський мегаблок УЩ перспективним на відкриття алмазоносних кімберлітів. Це стосується і вирішення проблеми пошуку й прогнозу нетрадиційних некімберлітових джерел алмазів, пов'язаних з проявами експлозивних утворень (брекчій, туфів, флюїдизитів, лампроїтів), що є сьогодні новим пріоритетним напрямом для геологічної науки та практики. Усе це спонукало до розробки системи науково обґрунтованих і практично результативних методів металогенічного прогнозування

алмазоносності цього перспективного регіону Українського щита і подальшої локалізації алмазоперспективних структур [1-6].

Мета досліджень. Метою досліджень є вдосконалення критеріїв і методів прогнозу та пошуку алмазоносних структур для умов центральної частини Українського щита з метою підвищення ефективності проведення геологорозвідувальних робіт, спеціалізованих на алмази й подальшого нарощування мінерально-сировинної бази України.

Методи досліджень. Для досягнення поставленої мети нами використовувався комплекс геологічних, геофізичних, мінералого-петрографічних, геохімічних та структурно-геологічних методів досліджень.

Результати досліджень. На сьогодні Український щит розглядається як потенційно алмазоносна субпровінція. На території Українського щита і його схилів на цей час виявлені кімберлітові трубки, лампроїтові трубки, кімберлітопрояви дайкової фації, прояви алмазів кімберлітового, метаморфогенного і лампроїтового типів, розсипи дрібних алмазів у відкладеннях чохла [1]. Проте родовищ алмазів на цей час в Україні не виявлено.

Інгульський мегаблок УЩ відповідно виділеним глибинним передумовам та критеріям прогнозування алмазоносних структур [1], а також ряду прямих ознак алмазоносності є єдиним літосферним сегментом на УЩ, який можна віднести до перспективних на виявлення алмазоносних структур, незважаючи на палеопротерозойський вік стабілізації фундаменту.

В цілому, Кіровоградський урановорудний район Інгульського мегаблоку УЩ однозначно визначився також як кімберлітовий район. Однак питання про віднесення цього району в розряд алмазоносного мінерагенічного вимагає впевненого підтвердження алмазоносності виявлених кімберлітів та автолітових брекчій кімберлітів і лампроїтів. Обсяг виконаного на цей час опробування недостатній для оцінки рангу алмазоносності. Але в цілому, Інгульський мегаблок може оцінюватися як перспективний на виявлення корінних родовищ алмазів в кімберлітах і лампроїтах [1, 3].

До прямих пошукових ознак алмазоносності в межах Інгульського мегаблоку відноситься виявлення природних алмазів у дайках кімберлітів палеопротерозойського віку на ділянці Лелеківська та у ксенотуфобрекчіях райгородської товщі нижнього палеогену на ділянках Грузька, Лісова, Північно-Оситняжська [2, 3].

До пошукових критеріїв алмазоносності в Інгульському мегаблоці нами віднесено [3]:

–прояви могутнього дайкового комплексу порід представленого серією субвулканічних (діабази, трахіти) і гіпабісальних (від сублужних габроїдів до сиєнітів) різновидів, які розвинені вдовж глибинних розломів північно-західного і північно-східного простягання і січуть всі відомі породи кристалічного фундаменту. Крайнім меланократовим членом

сублужних габроїдів є сублужні пікритоїди калієвій гілки, слюдяні залізисті кімберліти, лампроїти, для яких характерна виразна порфірна структура і брекчієвидна текстура;

– наявність ореолів тектонічних і вулканогенно-осадових брекчійованих порід райгородскої товщі нижнього палеогену, яка представлена грубобрекчійованими породами кристалічного фундаменту на глинисто-карбонатному цементі в межах північно-східної частини Інгульського мегаблоку УЩ. Ці ореоли тяжіють до південного, східного і північно-східного облямування Корсунь-Новомиргородського плутону габро-рапаківі, інтерпретуються як продукт «маарового» вулканізму;

– розповсюдження усередині райгородскої товщі серед порід раннього палеогену більш локальних ореолів уламкових порід – ксенотуфобрекчій буро-червоного кольору, що інтерпретуються як окислені туфи «кілець викиду» вулканічних кратерів, завдяки наявності в них мінералів індикаторів алмазу – хромшпінелей, хромдиопсидів і реліктів сапоніту в глинистій фракції цементу брекчій;

–поєднання негативних гравіметричних аномалій близької до ізометричної форми (діаметром 0,5 км і більш) з ореолами туфобрекчій. Вказані групи аномалій обумовлені зонами разущільнення кристалічних порід внаслідок їх брекчіювання, яке виникло в результаті експлозивних процесів.

На Суботцівській ділянці, розташованій поблизу с. Суботці Знам’янського району Кіровоградської області в області поширення райгородської товщі за геофізичними даними (гравірозвідка, магніторозвідка) нами було виділено п'ять потенційних експлозивних структур. З геолого-структурного погляду вони локалізовані в північно-західній частині Приінгульської синкліналі у складному тектонічному вузлі перетину Мар’ївського регіонального розлому північно-східного простягання, Інгуло-Кам’янського регіонального розлому меридіонального простягання з широтною Суботцівсько-Мошоринського зоною розломів. Зазначений вузол вміщує Знам’янський та Дмитрівський уран-торієві рудопрояви, що несуть значні концентрації ітрію, рідкісних земель та фіксуються аномальними геохімічними ореолами цих елементів та берилію.

За результатами гравімагнітних зйомок масштабу 1:10000 спочатку була виділена комплексна гравімагнітна аномалія трубкового типу – Суботцівська структура. Після проведення детальної гравімагнітної зйомки масштабу 1:5000 було уточнене положення епіцентрів гравітаційної та магнітної аномалій [6].

Суботцівська структура фіксується близькою до ізометричної форми негативною гравіаномалією інтенсивністю – 0,5 мГл (рис. 1) і ізометричною в плані позитивною магнітною аномалією інтенсивністю 113 нТл зі зсувом епіцентру на північний схід відносно гравіаномалії на 400 м (рис. 2). Просторово з ними асоціюють контрастні лінійно-вузькі

гравімагнітні аномалії переривчасто-поясної будови, що позначають дайки лужно-ультраосновних (до 15–35 нТл) або/та основних помірнолужних порід з магнітною сприйнятливістю (до 80–170 нТл) завдовжки до десятків кілометрів.

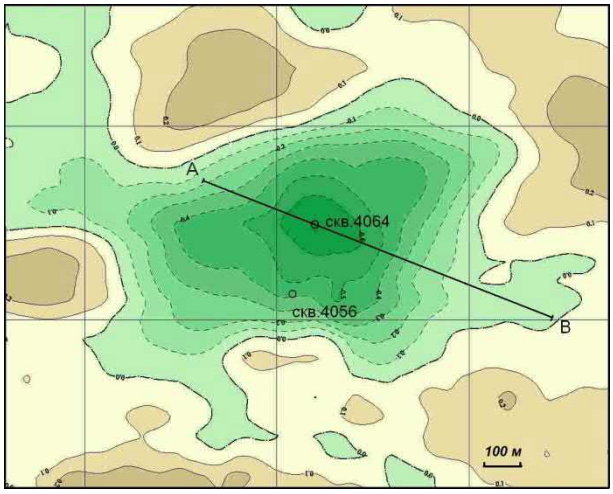


Рисунок 1 - Прояв Суботцівської структури у полі сили тяжіння

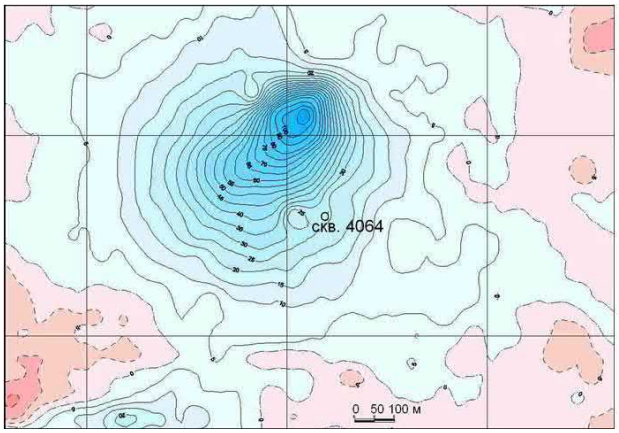


Рисунок 2 - Прояв Суботцівської структури в геомагнітному полі

Почате буріння картувальних свердловин по з'ясуванню природи аномалій Суботцівської структури і деталізації розрізу дозволило підтвердити наявність в інтервалі глибин 40,0-4505 м могутньої товщі звалової брекчії на глинистому цементі. На глибинах більш 100 м (106,8-107,1 св. 99-95) була зустрінута щільна на спеченому цементі туфобрекчія. Схожі породи були відзначені і по свердловинах 99-94, 99-93, 99-92.

Дані рентгеноструктурного аналізу пелітової фракції свідчили про наявну механічну суміш, головним складником якої є кальцієвий монтморилоніт, а також сапоніт, нонтронит, гідрослюда та каолініт. Наявність нонтроніту та сапоніту підтверджена результатами електронно-мікроскопічних досліджень.

Свердловина 4056 була закладена в межах епіцентру гравітаційної аномалії Суботцівської структури. З глибини 40 м свердловина увійшла в ксенотуфобрекчії потужністю 189,0 м. Свердловина 4064 була закладена в епіцентрі гравіаномалії, з глибини

40 м увійшла в ксенотуфобрекчіі, подібні до розкритих в свердловині 4056, але більш карбонатизованих, з численними уламками ультраосновних порід брудно-зеленого кольору, місцями інтенсивно отальковaних, з включеннями карбонатів типу магнезиту. Цемент сірувато-зелений, слюдоподібний, обсяг цементу в ксенотуфобрекчіях до 80 %, в уламках – гранітоїди різного складу, дрібнозернисте амфіболове габро і включення ультраосновних порід.

Рентгенографічне вивчення глинистої фракції "піщано-гравійних" туфів в свердловині 4064 (знаходиться в 100 м від св. 4056) з глибини 139,1 м, 157,1 м. 159,9 м показало, що вона складена монтморилонітом, вермикулітом, гідрослюдою, хлоритом, серпентином і незначною кількістю сапоніту. Серед мінералів важкої фракції встановлені ільменіт, циркон, гранат, мінерали заліза. У немагнітної фракції концентратів проб свердловини 4056 класу крупності –02 мм в пробах з глибин 142,3 – 147,4м, 155,5 – 176,0 м встановлені хромшпінеліди. У пробі № 81 (гл. 151,4 м) відзначений олівін, представлений форстеритом.

У св. 4064 у пробах № 108 (77,6 – 81,2 м), № 144 (203,1 – 204,1 м) діагностовано кристали хромшпинелидів класу крупності -02 мм. У практично всіх мінералогічних пробах свердловини 4064 виявлені рутили. Свердловина 4064 була пробурена до глибини 308,2 м. Зупинена в зоні інтенсивного дроблення, катаклазу і тріщинуватості по біотитовим гранітам.

За результатами петрографо-мінералогічного вивчення кернового матеріалу пошукових свердловин на Суботцівській структурі було встановлено ознаки наявності вулканічного матеріалу, який зазнав інтенсивних змін, але з великою імовірністю належить кімберлітам, а можливо і лампроїтам. Найбільш поширеними є породи типу «піщаних» та «піщано-гравійних» туфів. Вказані різновиди є характерними для кратерної фації та можуть належати до позакратерних викидів.

Наукова новизна та основні напрями подальших досліджень.

Розробка критеріїв виділення алмазоперспективних структур на ґрунті аналізу фізичних полів, супроводжувана аналізом прямих ознак та критеріїв алмазоносності дозволила встановити п’ять потенційних локальних експлозивних структур мезо-кайнозойського етапу активізації глибинних розломів. На цей час тільки одна з них - Суботцівська вивчена бурінням. За результатами петрографо-мінералогічного вивчення кернового матеріалу пошукових свердловин на Суботцівській структури було встановлено ознаки наявності вулканічного матеріалу, який зазнав інтенсивних змін, але з великою імовірністю належить кімберлітам, а можливо і лампроїтам.

Суботцівська ділянка має потребу в подальшому дослідженні алмазоперспективності глибоким бурінням в межах усіх виділених експлозивних структур.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Калашник А.А.* Предпосылки формирования и критерии прогнозирования алмазоносных структур на Украинском щите / А.А. Калашник, Ю.И. Федоришин, А.В. Кузьмин, Н.Н. Кирьянов // Науковий вісник НГУ. – 2016. – №6. – С.22-40.

2. *Калашник А.А., Палкина Е.Ю., Кирьянов Н.Н.* Алмазоперспективные структуры Ингульского мегаблока Украинского щита «Наукові праці УкрНДМІ НАН України» Т. 10. – Ч. II. – 2013. – С.39-48.

3. *Калашник А.А., Палкина Е.Ю., Макивчук О.Ф., Кирьянов Н.Н., Хренов А.Я.* Результаты поисковых работ по выявлению алмазоносных объектов в северо-восточной части Кировоградского блока УЩ// Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2010. – № 3-4. – С. 44-60.

4. *Калашник Г.А.* Основні результати геолого-геофізичних досліджень на Зеленогайській структурі Інгульського мегаблоку Українського щита/Г.А.Калашник // Мінеральні ресурси України. – 2017. – №3. – С.3-11.

5. *Калашник Г.А., Маківчук О.Ф., Палкіна О.Ю., Хренов О.Я.* Перспективи Кіровоградського блока УЩ на виявлення алмазоносних кімберлітів та лампроїтів//Мінеральні ресурси України. – 2010. – №1. – С.18-23.

6. *Калашник А.А., Макивчук О.Ф.* Особенности локального прогноза и поиска алмазоперспективных структур в пределах Кировоградского блока УЩ // Коренные и россыпные месторождения алмазов и важнейших металлов / Материалы Международной научно-практической конференции, Симферополь-Судак 17-22 сентября 2008 г. – УкрДГРІ: Судак, 2008. – С.41-46.

УДК 553.495:550.83

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ РІДКІСНОМЕТАЛЕВОГО ЗРУДЕНІННЯ В ТИМОШІВСЬКО-ЗНАМ'ЯНСКОМУ ПОТЕНЦІЙНОМУ РУДНОМУ РАЙОНІ ІНГУЛЬСЬКОГО МЕГАБЛОКА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Калашник Г. А.
доктор геологічних наук, старший науковий співробітник, Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна, kalashnik_anna1@ukr.net

Представлені результати досліджень закономірностей розподілу рідкіснометалевого зруденіння в Тимошівсько-Знам'янському потенційному рудному районі Інгульського мегаблоку Українського щита. За ступенем прояву комплексу критеріїв виділені перспективні рудні та потенційно рудні вузли для можливого виявлення промислових концентрацій рідкісних і рідкісноземельних елементів в Тимошівсько-Знам'янському потенційному рудному районі. Розроблено рекомендації для проведення подальших досліджень в Тимошівсько-Знам'янському потенційному рудному районі з метою якісного поліпшення сировинної бази рідкісних і рідкісноземельних елементів.

REGULARITIES OF PLACEMENT OF RARE-METAL MINERALIZATION IN TYMOSHIVSKO- ZNAMENSKIY POTENTIAL ORE REGION OF THE INGULSKYI MEGABLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD

Kalashnyk G. A.,
Doctor of Geological Sciences (Sc.D.(Geol.)), Senior Research Fellow (S.R.F.), Flight Academy of National Aviation University, Kropyvnytskyi, Ukraine, kalashnik_anna1@ukr.net

The results of studies of regularities of rare-metal mineralization's placement in Tymoshivsko-Znamenskiy potential ore region of the Ingulskiy megablock of the Ukrainian Shield are presented. According to the degree of manifestation of the complex of criteria, prospective ore and potentially ore nodes are discovered for possible detection of industrial concentrations of rare metals and rare-earth elements within the Tymoshivsko-Znamenskiy potential ore region ore region. There were developed recommendations for further research in the Tymoshivsko-Znamenskiy potential ore region with the aim of improving the quality of the raw material base of rare and rare-earth elements.

Вступ. На сьогодні актуальним завданням є оцінка можливості виявлення промислових концентрацій рідкісних і рідкісноземельних елементів у межах добре вивчених на Українському щиті урановорудних районів шляхом аналізу зведених матеріалів результатів геологічних, геохімічних, геофізичних, металогенічних досліджень, що може дозволити істотно підвищити ефективність геологорозвідувальних робіт за умов мінімальних додаткових витрат [1]. В зв'язку з цим на даному етапі досліджень, зокрема, є важливим довивчення умов локалізації, мінеральної форми і можливих масштабів рідкіснометалевого зруденіння в межах дрібних уранових родовищ та крупних рудопроявів в рідкісноземельно-фосфор-торій-уранових метасоматитах в межах Тимошівсько-Знам'янского потенційного рідкіснометалевого рудного району з метою визначення можливості підвищення цінності виявлених уранових родовищ та рудопроявів району досліджень за рахунок комплексного використання руд та їх попутного видобутку при відпрацюванні уранових руд.

Мета досліджень. Метою досліджень є довивчення умов локалізації, мінеральної форми і можливих масштабів рідкіснометалевого зруденіння в межах уранових родовищ та крупних рудопроявів рідкісноземельно-фосфор-торій-уранової формації в центральній частини Інгульського мегаблоку Українського щита, сумісного прояву гідротермального уранового зруденіння жильно-штокверкового типу та рідкісноземельно-фосфор-торій-уранового зруденіння району досліджень для визначення можливості підвищення цінності виявлених родовищ та рудопроявів району досліджень за рахунок комплексного використання руд.

Методи досліджень. Для досягнення поставленої мети нами використовувався комплекс геологічних, мінералого-геохімічних, ізотопно-геохімічних, гідрогеологічних та структурно-геологічних методів досліджень.

Результати досліджень. В межах Кіровоградської металогенічної області Інгульського мегаблоку прояви рідкіснометалевої мінералізації мають виражений контроль крупними глибинними розломами, або вузлами їх перетину між собою, або з розломами більш високого порядку [2,3]. Основна маса рудоконцентрацій рідкіснометалевої мінералізації приурочена до західної крайової частини Інгульського мегаблоку, що включає західне облямування Корсунь-Новоукраїнського двохфазного плутону (Шполяно-Ташлицький рідкіснометалевий рудний район [4], а також східні крайові шви Голованівської шовної зони (Бузько-Миронівський, Кам’яномістовсько-Лисянський, Михайлівський, Новопавлівський, Ядлово-Трактемирівський розломи), до яких приурочений Олексіївсько-Лисогірський рудний район з промисловим урановим зруденінням рідкісноземельно-торій-уранової формації в кремній-калієвих метасоматитах [1,5]. Шполяно-Ташлицький рідкіснометалевий рудний район та Олексіївсько-Лисогірський урановорудний район входять до Братсько-Звенигородської металогенічної зони.

У східному обрамленні Корсунь-Новоукраїнського склепенево-глибового підняття основну частину проявів рідкіснометалевої мінералізації контролює Кіровоградський глибинний розлом, утворюючи Кіровоградську металогенічну зону.

Кіровоградська металогенічна зона в найбільшій мірі насичена об'єктами рідкісноземельно-фосфор-торій-уранового зруденіння у її північній частині (Яровське дрібне родовище урану, Тимошівський, Кохановський, Вербівський рудопрояви). В області східного контакту Корсунь-Новомиргородського плутону виявлено ряд проявів ітрієвої і рідкісноземельної мінералізації з цирконієм та фосфором в об'єктах рідкісноземельно-фосфор-торій-уранового зруденіння (Яровське дрібне родовище урану, Тимошівський, Кохановський, Вербівський уранові рудопрояви). У західному обрамленні Корсунь-Новомиргородського плутону рідкісноземельно-фосфор-торій-уранове зруденіння розвинуто

значно слабше і представлено лише одиничним Андріївським урановим рудопроявом. Рідкісноземельно-фосфор-торій-уранові рудоконцентрації встановлені і на значній відстані на схід від Корсунь-Новомиргородського плутону (Знам'янський, Чубівський уранові рудопрояви). Однак загальною закономірністю їх розміщення є те, що всі ці уранопрояви контролюються в східному обрамленні Корсунь-Новомиргородського плутону глибинними розломами і вузлами їх перетину між собою [6] і знаходяться всередині витягнутого уздовж Кіровоградського розлому субмеридіонального простягання великого постійного геохімічного ореолу ітрію і рідкісних земель. Ці рудопрояви пов'язані з особливими утвореннями Кіровоградської металогенічної області – фосфорно-рідкісноземельно-ураноторієносними метасоматитами [7]. Вони розвинені в екзоконтактовій частини Корсунь-Новомиргородського плутону, у тому числі в зв'язку з невеликими масивами-сателітами рапаківівидних порід рами, при повній їх відсутності у центральній частині плутону.

Тимошівський потенційний рідкіснометалевий рудний вузол площею 100 км^2 розташований в смузі північно-східного екзоконтакту Корсунь-Новомиргородського плутону і контролюється зоною Кіровоградського глибинного розлому і вузлом його перетину з широтним Тарасівським глибинним розломом і розломами більш високих порядків діагональної орієнтировки. В його геологічній будові беруть участь гнейси інгулоінгулецької серії, що складають Райгородську синкліналь, а також порфіробластичні граніти західної частини Чигиринського масиву. Серед гнейсів зустрінуті невеликі поля порфіробластичних та рівномірнозернистих гранітів кіровоградського комплексу.

Тимошівський потенційний рідкіснометалевий рудний вузол практично співпадає з Кам'янським вузлом уранового зруденіння гідротермального жильно-штокверкового типу, що може суттєво підвищити практичну цінність уранопроявів за рахунок можливого видобутку комплексних руд, перш за все комплексних уран-фосфор-рідкісноземельно-ітрієвих руд з багатими концентраціями урану гідротермального зруденіння жильно-штокверкового типу. Кам'янський рудний вузол включає Яровське дрібне родовище урану, Тимошівський, Польовий, Зарічний уранові рудопрояви, шість проявів уранової мінералізації, п'ять радіоактивних аномалій, а також низку геохімічних аномалій ітрію та рідкісних земель, які утворюють єдиний ореол. Територія вузла вивчена спеціалізованими зйомками на уран масштабу 1:50000 та крупніше на 90%. З центральною і південною частинами вузла співпадає радіогідрогеологічний ореол з аномаліями, що мають ознаки рідкісноземельно-торій-уранової мінералізації в пегматоїдних гранітах, а в центральній частині – із урановим зруденінням в високотемпературних кремній-калієвих метасоматитах. З Яровським родовищем пов'язана аномалія, характерна для уранового зруденіння в середньотемпературних натрієвих метасоматитах.

У Кам’янському рудному вузлі проявлена завершальна стадія палеопротерозойської гранітизації, з якою пов'язаний розвиток пегматоїдних гранітів, що несуть акцесорну, у тому числі і уранінітову мінералізацію рідкісноземельно-торій-уранової формації (Тимошівський рудопрояв, Черкаський, Чубівський, Михайлівський, Вербівський прояви) та прояви кремній-калієвого метасоматозу, на які накладений катакластичний метаморфізм та пов'язаний з ним діафторез в умовах фації зелених сланців, виражений в мінеральних асоціаціях, характерних для пропілітів. Зруденіння у високотемпературних кремній-калієвих метасоматитах проявлене слабко. Поряд з цим, у вузлі з різною інтенсивністю розвинутий середньотемпературний натрієвий метасоматоз (Яровське родовище, Польовий, Зарічний рудопрояви), з яким на ряді ділянок пов’язане уранове зруденіння епохи 1850-1750 млн р (Чубівський прояв, Яровське дрібне родовище, Польовий, Зарічний рудопрояви). Крім того, місцями проявлена уранова мінералізація у формі настурану, кофініту та вторинних мінералів (сілікати, черні) з ізотопним віком 2130-2100 млн р (Польовий прояв, Яровське дрібне родовище, Тимошівський прояв) та 1000-780 млн р (Східно-Хутірський, Чубівський прояви). У східній частині вузла у Східно-Хутірському прояві встановлений ізотопний вік уранової мінералізації 2650 млн р. Для вузла в цілому характерне незначне розповсюдження сульфідної мінералізації, яке відмічене лише на Тимошівському рудопрояві. Жильно-штокверкова мінералізація у межах вузла розвинута, але вивчена слабко. Яровське дрібне уранове родовище, Польовий та Зарічний рудопрояви приурочені до апогранітних та апогнейсових альбітитів хлорит-актиноліт-гідрослюдистого складу з карбонатами, апатитом, андрадитом у супроводі окварцювання. Місцями відмічений розвиток кроситу та рибекіту.

Знам’янсько-Дмитрівський рудний вузол приурочений до складного вузла перетину Мар’ївського регіонального розлому північно-східного простягання, Інгуло-Кам’янського регіонального розлому меридіонального простягання з широтною Суботцько-Мошоринського зоною розломів. Зазначений рудний вузол вміщує Знам’янський та Дмитрівський уран-торієві рудопрояви, що несуть значні концентрації ітрію, рідкісних земель та фіксуються аномальними геохімічними ореолами цих елементів та берилію. Лише ділянки Знам’янського та Дмитрівського рудопроявів вивчені спеціалізованими зйомками масштабу 1:10000, решта території – у масштабі 1:50000 та дрібніше. Вузол відбивається радіогідрогеологічними ореолами, які включають численні аномалії в трищінно-грунтових водах. Переважають аномалії з гідрохімічними ознаками рідкісноземельно-торій-уранової мінералізації в пегматоїдних гранітах. Менше проявлені аномалії з ознаками уранового зруденіння в високотемпературних кремній-калієвих метасоматитах. На значній частині проявлена грейзенізація, більш локально проявлені пропілітизація та березітизація. На

окремих ділянках, які контролюються в основному розривними структурами більш високих порядків, виявлені низькотемпературні гідротермальні зміни типу гумбіїтів та аргілізитів.

Аналіз матеріалів дозволив виявити в межах Знам'янського рудопрояву накладену, більш пізню у порівнянні з гранітизацій ними та постгранітизаційними утвореннями, гідротермальну жильно-штокверкову та інфільтраційну мінералізацію. Для гідротермальної мінералізації характерна наявність настурану, кофініт, ненадківіту у формі прожилків та вкрапленості в асоціації з сульфідами, твердими бітумами та іншими жильними мінералами із ознаками навколожильних змін. В межах Знам'янського рудопрояву окрім уранової мінералізації епохи 2200-1900 млн р, також зафіксована уранова мінералізація, що відповідає епосі 1200-800 млн р.

Дмитрівський рудопрояв пов'язаний з окварцьованими та мікроклінізованими пегматоїдними гранітами і представлений вкрапленістю уранініту в асоціації з цирконом, малаконом, ксенотимом. Для цього рудопрояву характерний широкий розвиток пегматоїдних гранітів, що несуть акцесорну мінералізацію рідкісно-земельно-торій-уранової формації, а також грейзенізації порід, яка сприяла певному зниженню торій-уранового відношення в акцесорній мінералізації за рахунок появлення уранініту.

В цілому, перспективи Тимошівсько-Знам'янського потенційного рудного району можуть бути суттєво розширені за рахунок Знам'янско-Дмитрівского рудного вузла.

Наукова новизна та основні напрями подальших досліджень. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про існування можливості підвищення цінності виявлених дрібних уранових родовищ та крупних рудопроявів рідкісноземельно-фосфор-торій-уранового зруденіння Тимошівсько-Знам'янського потенційного рідкіснометалевого рудного району за рахунок виявлення промислових концентрацій рідкісних та рідкісноземельних елементів в оптимальних геолого-структурних умовах та за рахунок можливого комплексного відпрацювання рідкіснометалевих, фосфорних та уранових руд різних генетичних типів, зокрема накладеного багатого гідротермального зруденіння жильно-штокверкового типу.

У Тимошівсько-Знам'янському потенційному рідкіснометалевому рудному районі у подальшому потрібно провести додаткові прогнозно-геологічні роботи у масштабі 1:50000. Перспективи Тимошівсько-Знам'янського потенційного рудного району можуть бути суттєво розширені. Першочергової уваги заслуговує Знам'янско-Дмитрівский рудний вузол.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Калашник А.А.* Перспективы выявления промышленных концентраций редких и редкоземельных элементов в Алексеевско-Лысогорском урановорудном районе

Ингульского мегаблока Украинского щита /А.А.Калашник//Мінеральні ресурси України. – 2019. – №3. – С.3-10.

2. *Калашник А.А.* Прогнозирование крупных эндогенных месторождений урана с учетом особенностей строения литосферы Украинского щита /А.А. Калашник// Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2014. – №2. – С.5-12.

3. *Калашник А.А.* Причины пространственной связи и монометальности формирования промышленного золотого и уранового оруденений в Кировоградском рудном районе УЩ/А.А. Калашник // Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2015. – № 3. – С.88-103.

4. *Калашник А.А.* Глубинные факторы формирования крупных промышленных месторождений лития в редкометальных пегматитах Шполяно-Ташлыкского рудного района УЩ/ Статья 1. Основные физико-химические свойства элементов парагенезиса руд в редкометальных пегматитах Шполяно-Ташлыкского рудного района и геохимическая характеристика метасоматитов/А.А. Калашник// Мінеральні ресурси України. – 2015. – №2. – С.12-21.

5. *Калашник А.А.* Структурная позиция месторождений калий-урановой формации Алексеевско-Лысогорского урановорудного района Украинского щита/ А.А. Калашник, А.В. Кузьмин// Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2012. – № 2. – С.78-90.

6. *Калашник А.А.* Закономерности формирования урановорудных метасоматитов в связи с особенностями глубинного строения литосферы Украинского щита / А.А. Калашник//Вісник Київського Національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. – №3. Т.74. – 2016. – С.51-57.

7. *Калашник А.А.* Глубинные факторы формирования крупных U-V-TR-Sc месторождений в метасоматитах на Украинском щите/ А.А. Калашник// Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология.– 2015. – №2. – С.68-72.

8. *Иванов Б.Н.* Площадные и экзоконтактовые редкометальные метасоматиты / Б.Н. Иванов, В.Н. Косюга, В.И. Погукай// Геохімія та рудоутворення. – 2011. – Вип. 30. – С. 10-17.

УДК 552.1:551.14(477)

ПРОГНОЗ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И ЗОН РАЗУПЛОТНЕНИЯ С ГЛУБИНОЙ ОТДЕЛЬНЫХ БЛОКОВ УЩ ПО МАТЕРИАЛАМ ПТБМ

Корчин В.А.[1], Буртный П.А.[2], Карнаухова Е.Е.[3]
1 – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, korchin@igph.kiev.ua,
2 – научный сотрудник
3 – кандидат геологических наук,
Институт геофизики им. С.И. Субботина Национальной Академии наук Украины, Киев, Украина

Методом петрофизического термобарического моделирования построены вещественные глубинные модели различных участков УЩ. Верхние горизонты земной коры, как правило, сложены гранито-гнейсами, ниже – эндербиты, диориты и, далее основные гранулиты, габброиды. На всех вещественных моделях можно выделить зоны низких скоростей. Эти зоны соответствуют интервалам инверсии скорости, которые проявляются почти у всех пород экспериментально на зависимостях $V_{P,S}=f(PT)=f(H)$.

PREDICTION OF MATERIAL COMPOSITION AND DECOMPACTION ZONES WITH THE DEPTH OF USH INDIVIDUAL BLOCKS FROM PTBM MATERIALS

Korchin Valery[1], Burtnui Petro[2], Karnaukhova Elena[3]
1 – candidate in physical - mathematical sciences, senior scientific worker, korchin@igph.kiev.ua,
2 – scientific worker,
3 – candidate of geological sciences
S.I Subbotin Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

By the method of petrophysical thermobaric modeling the material deep model of different areas of Ukrainian shield are build. Overhead horizons of the Earth's crust are built by granitoides and gneises. Below are enderbites and diorites. Further are basic granulites and gabroides. At all material models it is possible to select the areas of low velocity zones. These zones are correspond of inversion velocity intervals, which experimentally discovered almost at all of rocks on dependences of $V_{P,S}=f(PT)=f(H)$.

Введение. Петрофизическое термобарическое моделирование (ПТБМ) используется нами для построения вещественного состава глубин различных районов земной коры. В основу моделирования положена информация о геолого-геофизических данных исследуемой площади (общая геология и районирование пород, данные ГСЗ, гравиметрии, геотермии) и результаты экспериментального изучения петрофизических параметров горных пород конкретных регионов при высоких давлениях (P) и температурах (T), соответствующих их распределению с глубиной [1, 2, 3, 4]. Результаты сверхглубокого бурения убеждают, что в отдельных блоках кристаллической коры не существует поверхностей раздела (по крайней мере к глубине 15 км), обусловленных значительными изменениями состава минеральной среды [1, 2]. Вероятно, что низы коры могут быть представлены теми же породами, что и поверхностные образования и они могут являться аналогами глубинного корового материала. Основой ПТБМ является сопоставления материалов ГСЗ с данными изучения

скоростных параметров горных пород района исследований при высоких давлениях и температурах, которые изменяются по *PT*-программам соответственно их распределению с глубиной конкретного района [1-4]. Правомерность региональных глубинных термобарических петрофизических построений подтверждается наличием соответствующих критериев подобия, которые оправдывают сравнительный анализ материалов взрывной сейсмологии и данных лабораторного изучения скоростных параметров пород [1, 2].

Результаты моделирования. В земной коре Украинского щита (УЩ) прогнозировалось около 10 разновидностей минеральных образований: разнообразные комплексы гранитов, гнейсов, чарнокиты, эндербиты, диориты, анортозиты, основные гранулиты, габбро, пироксениты [5-7]. Для целей ПТБМ было изучено приблизительно 5000 образцов разнообразных пород Украинского щита. Методом ПТБМ построено около 40 колонок прогнозируемого состава пород (аналогов поверхностных минеральных образований) с глубиной для определенных участков УЩ, которые, как правило, привязаны к профилям ГСЗ, пересекащим его основные мегаблоки (рис. 1) [8-15]. Карта-схема размещения модельных колонок, на территории УЩ, приведена на рис. 1.

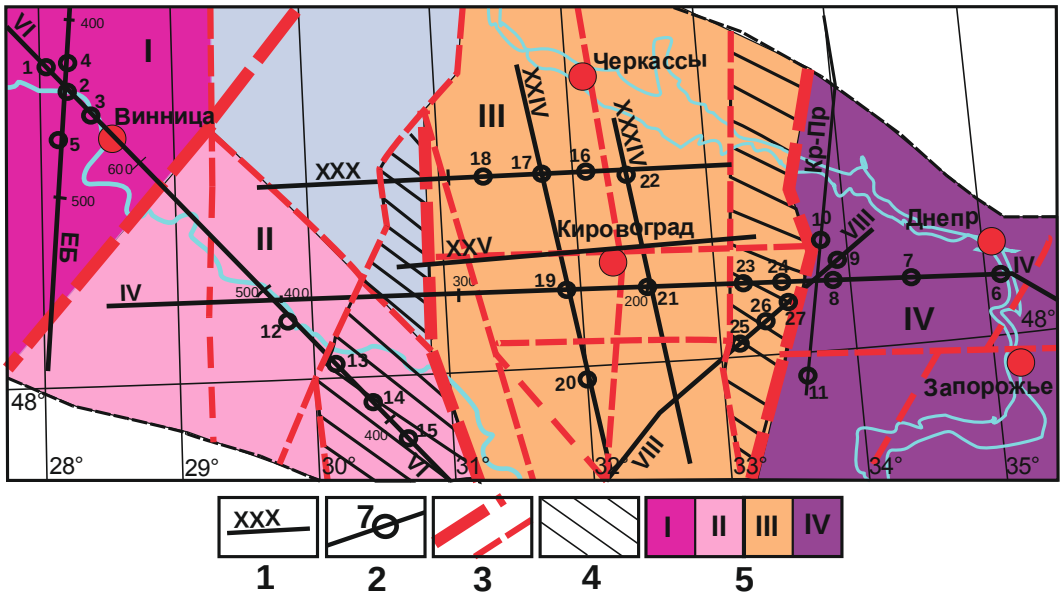


Рис. 1. Карта-схема с указанием мест расположения колонок, по которым выполнено моделирование глубинного строения земной коры УЩ. 1 – профили ГСЗ; 2 – номера колонок; 3 – разломы различных порядков; 4 – шовные зоны; 5 – районы отбора образцов (I – Подольский блок, II – Среднее Побужье и Голованевская шовная зона, III – Ингульский (Кировоградский) мегаблок и Ингулецко-Криворожская шовная зона, IV – Среднеприднепровский мегаблок).

Модели распределения горных пород с глубиной для соответствующих площадей представлены на рис 2. Для горизонтов пород указаны значения их плотности, которые отвечают указанным глубинам в соответствии с экспериментарными зависимостями $\rho=f(PT)=f(H)$. На колонках, где представлены распределения пород с глубиной отмечены также участки возможного расположения зон низких сейсмических скоростей (ЗНС), зон

термобарического разуплотнения пород, построенные по экспериментальным зависимостям $\rho, V_P=f(PT)=f(H)$. Указанные зоны могут располагаться почти на всех участках УЩ (при необходимых геотермических режимах для этих площадей) [1-4, 16, 17]. Напомним, что детальными исследованиями упруго-плотностных характеристик горных пород в модельных *PT*-условиях, соответствующих глубинным термобарическим параметрам земной коры УЩ, были установлены сложные зависимости $\rho, V_{P,S}=f(PT)=f(H)$ [1-4, 16, 17]. Предполагаемые ЗНС и зоны термобарического разуплотнения пород, как правило, расположены на глубинах 3-25км (рис 2).

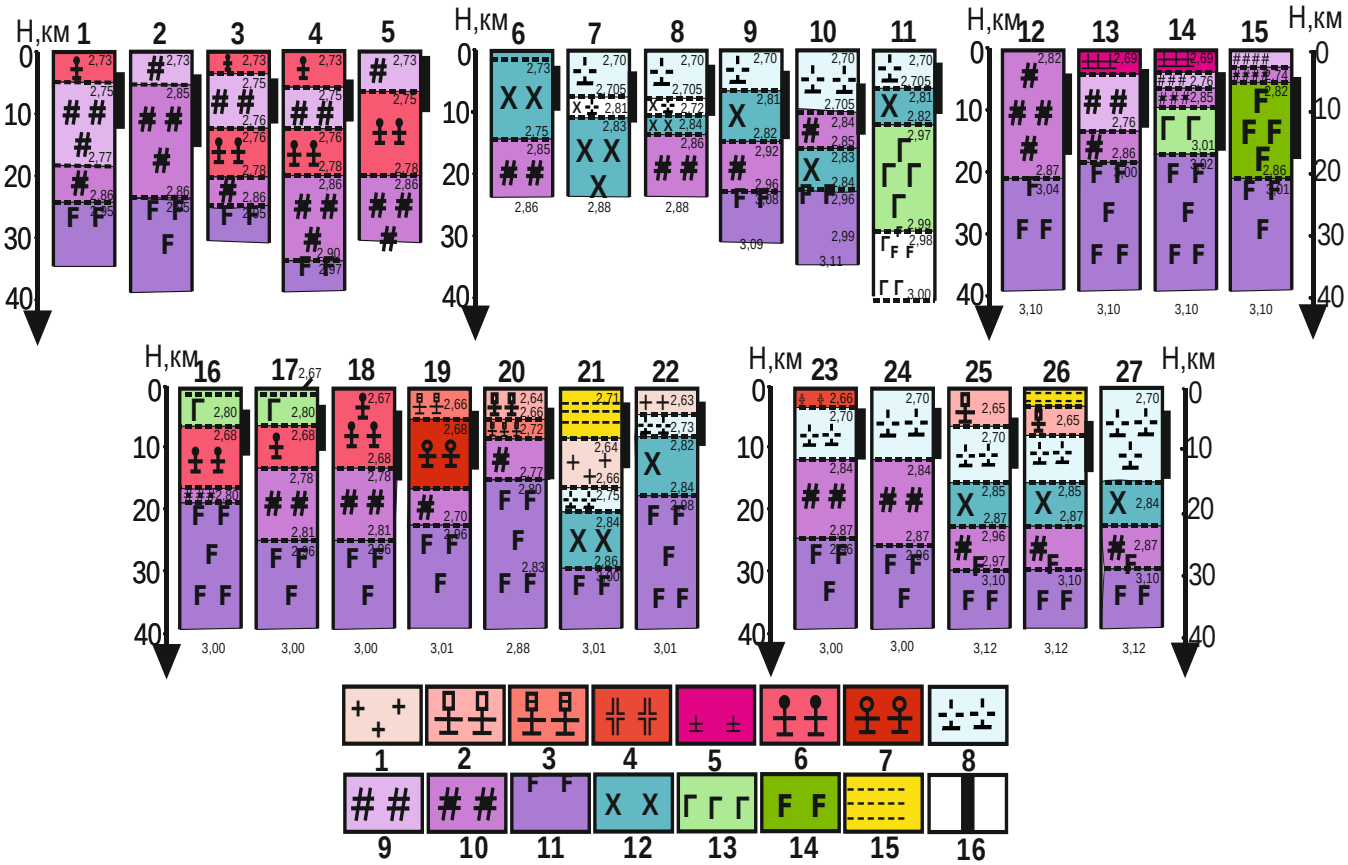


Рис. 2. Модельные колонки распределения горных пород с глубиной для различных районов УЩ (районы расположения колонок 1-27 см. рис. 1). Гранитоиды: 1 – равномернозернистые кировоградские; 2 – порфировидные кировоградские; 3 – новоукраинские; 4 – боковянские; 5 – бугские; 6 – чудново-бердичевские; 7 – рапакиви; 8 – плагиограниты. 9 – чарнокиты; 10 – эндербиты; 11 – основные гранулиты; 12 – диориты; 13 – габбро; 14 – анортозиты; 15 – гнейсы ингуло-ингулецкой серии; 16 – предпологаемые ЗНС.

Совместимый анализ параметров сейсмических волноводов и зон низких скоростей, обнаруженных лабораторными петрофизическими исследованиями, позволил сделать предположение о термодинамической природе ЗНС в земной коре. Зоны имеют мощность от несколько сотен метров до 20 км, с уменьшением скорости в них от десятков метров на секунду до 0,4÷0,6 км/с. Абсолютные значения скорости на щитах в зоне обычно 6,1±0,4 км/с. Их мощность может увеличиваться (с увеличением интенсивности глубинного теплового потока) или они исчезают (с понижением поступления достаточного тепла с

глубины). Подобная неустойчивость, зон низкой скорости и горизонтов пониженной плотности обуславливает их эпизодичность проявления в земной коре. Не исключено, что интенсивный рост скоростей глубже ЗНС дополнительно связан с изменением пород от низкоскоростных к высокоскоростным. Разуплотнение пород, как правило, связано со структурными преобразованиями вещества, обусловленного противоположными по сути явлениями изменения объемного температурного расширения минералов и их сжимаемости в термобарических условиях соответствующих глубин [1-4, 11-17].

Выводы. Проанализируем результаты петрофизического термобарического моделирования, полагая, что верхние горизонты земной коры УЩ сложены породами – аналогами поверхностных пород исследуемой площади. Как видно (рис. 2), на глубины 5-20 км распространяются разнообразные гранито-гнейсы (за исключением площадей некоторых геофизических аномалий). Ниже этих пород более всего вероятны горизонты, сформированные разнообразными чарнокитоидами, эндербитами, диоритами и другими подобными им разновидностями среднего состава. Горизонты этих пород расположены на глубинах 5-40км. Нижние горизонты изученных участков коры УЩ, вплоть до границы Мохо, как правило, сформированы разнообразными толщами пород основного состава (как правило, основными гранулитами). Эпизодически здесь могут присутствовать породы ультраосновного состава (пироксениты).

На основании выполненного нами прогноза вещественного состава отдельных структурных элементов отметим характерные особенности моделей УЩ по блокам (рис. 1, 2). Наиболее древними структурами УЩ сформированными в архее, являются Подольский и Среднеприднепровский мегаблоки (рис. 1, 2, кол. 1-11). В пределах ***Подольского*** блока развиты образования гранулитовой фации регионального метаморфизма. Поверхность его фундамента сложена, в основном гранитоидами нижнепротерозойского подольского комплекса (чудново-бердичевские граниты) (кол. 1, 3, 4) среди которых в виде поднятий выступают отдельные тела пород немировского комплекса (чарнокиты, эндербиты) (кол. 2, 5) и гнейсы днестровско-бугской серии. На глубинах 5-18км предполагается развитие чудново-бердичевских гранитов, плагиочарнокитов, чарнокитов, эндербитов. Фундамент ***Среднеприднепровского*** блока формируют образования амфиболитовой фации регионального метаморфизма, поверхность которого на глубинах 0-10км сложена плагиогранитами днепропетровского и саксаганского комплексов (кол. 6-11). Саксаганский блок (кол. 11) в интервале 12-30км характеризуется резким уменьшением градиента V_P, который соответствует габбро. Земная кора ***Среднего Побужья*** имеет наибольшую мощность (рис. 2, кол. 12-15). В Гайворонском и Чечелеевском (кол. 12, 15) блоках преобладают архейские образования гранулитовой фации чарнокит-эндербитового состава.

Фундамент Синицовского и Кривоозерского блоков сложен нижнепротерозойскими образованиям амфиболитовой фации – метаморфическими породами бугской серии и гранитоидами побужского комплекса (кол. 13, 14). В Кривоозерском блоке (кол. 14) в интервале глубин 4-15км V_P коры значительно выше, где прогнозируется скрытая интрузия основного состава. Сейсмические скорости Чечелеевского блока (кол. 15) на глубинах 5-20км характерны для высокоплотностных пород основного состава (габбро, габбро-нориты, основные гранулиты). Результаты исследований $V_{P,S}=f(H)$, $\rho=f(H)$ показывают, что породами с высокими значениями V_P (6,4-6,5км/с) и с плотностью 2,75-2,81г/см^3, могут быть анортозиты, образования известной в гранулитовых комплексах щитов мангерит-анортозитовой серии.

В центральной части УЩ (***Ингульский*** мегаблок) выделяется несколько структур, которые различаются скоростными параметрами коры (в особенности в ее верхних частях), и возможно составом и возрастом пород, слагающих приповерхностные горизонты (рис. 2, кол. 16-27). Такими структурами являются Корсунь-Новомиргородский плутон гранитов рапакиви и основных пород (кол. 16-18), Новоукраинский массив (кол. 19, 20), сложенный порфировидными новоукраинскими гранитами, Приингульская синклиналь (кол. 21, 22), выполненная гнейсами ингуло-ингулецкой серии. Восточнее находится Ингулецко-Криворожская шовная зона, где на повехности развиты граниты Боковянского массива (кол. 23), относящиеся к новоукраинскому комплексу, плагиограниты днепропетровского комплекса (кол. 24, 27), долинские порфировидные гранитоиды, переходящие в днепропетровские плагиограниты (кол. 25), а также породы гнейсового комплекса (кол. 26), переходящие в долинские и далее днепропетровские плагиограниты. Начиная с глубин 12-14 до 22км, сейсмические скорости здесь одинаковы для всех выделяемых участков и соответствуют диоритам. Указанные на рисунках границы между разными породами необходимо рассматривать как переходные зоны переменного состава и плотности. Принимая во внимание данные сверхглубокого бурения, можно предположить, что эти зоны могут быть протяженностью от 1÷2 до 3÷4км. Переход от построенной прогнозной колонки с конкретными координатами к моделям соседних площадей может быть смоделирован на основании более широкого комплекса геофизических данных. Представленные материалы будут использованы для 3D моделей УЩ.

Зоны разуплотнения минеральной среды кристаллической коры, часто регистрируемые в виде ЗНС (возможное местоположение которых отмечено на колонках (рис. 2 поз. 16)), могут служить глубинными диагностическими признаками поиска месторождений полезных ископаемых. Эти области, при определенных *PT*-параметрах, служат спусковым механизмом начального этапа образования локальных горизонтов, способных активно участвовать в

преобразовании геосреды, формировании зон разуплотнения пород литосферы и далее скоплений полезных ископаемых, наиболее доступные совренным методам геофизической диагностики и бурению [1, 11, 13-17].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корчин В.А., Буртный П.А., Коболев В.П.* Термобарическое петрофизическое моделирование в петрофизике. Киев: Наукова думка, 2013. 312 с.

2. *Буртный П.А., Корчин В.А., Карнаухова Е.Е.* Моделирование вещественного состава глубинных горизонтов земной коры (новая концепция интерпретации геофизических данных). Саарбрюкен: LAP Lambert Akademic Publishing, 2013. 188 с.

3. *Корчин В.А., Буртный П.А.* Термобарическое петрофизическое моделирование литосферы участков земной коры Украинского щита с зонами низких сейсмических скоростей. Геофизический журнал. 2011. 33. №6. С. 82-95. DOI: https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i6.2011.116795

4. *Корчин В.А., Буртный П.А., Карнаухова Е.Е.* Прогнозирование геологической среды земной коры по материалам ГСЗ и петрофизического термобарического исследования минерального вещества. Геодинаміка. 2009. №1(8). С. 67-75.

5. Кировоградский рудный район. Глубинное строение. Тектонофизический анализ. Месторождения рудных полезных ископаемых / Под ред. В.И. Старостенко, О.Б. Гинтова. Киев: РПЦ «Галактика», 2013. 500 с.

6. Литосфера Центральной и Восточной Европы. Геотраверсы IV, VI, VIII. Киев, “Наукова думка” 1988. 169 стр.

7. *Соллогуб В.Б.* Литосфера Украины. Киев: Наук. думка, 1986. 184 с.

8. Структура коры Центральной и Восточной Европы. Киев: Наук. думка, 1980. 280 с.

9. *Трипольский А.А., Шаров Н.В.* Литосфера докембрийских щитов северного полушария земли по сейсмическим данным. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2004. 159 с.

10. *Чекунов А.В., Кившик Н.К., Харитонов О.М. и др.* Профиль ГСЗ Путивль-Кривой Рог через сверхглубокие скважины Украины. Геофизический журнал. 1992. 14, №1. С. 3-10.

11. *Корчин В.А.* Термодинамика коровых зон низких сейсмических скоростей (новая научная гипотеза). Саарбрюкен: LAP Lambert Academic Publishing, 2013а. 280 с.

12. *Корчин В.А., Буртный П.А., Коболев В.П.* Зоны разуплотнения земной коры центральной части Украинского щита (по материалам петрофизического и

сейсмогравитационного моделирования). Геофизический журнал. 2016. 38, №3. С. 84-99. http://nbuv.gov.ua/UJRN/gfj_2016_38_3_7

13. *Буртный П.А., Корчин В.А., Карнаухова Е.Е.* Зоны разуплотнения земной коры по материалам *PT*-петрофизики, ГСЗ и гравиметрии. Актуальні перспективи розвитку геології: наука й виробництво. Матеріали V Міжнародного геологічного форуму (18-23 червня 2018 р., м. Одеса, Україна). К.: УкрДГРІ, 2018. С. 11-14.

14. *Корчин В.А., Буртный П.А., Карнаухова Е.Е.* Разуплотнение метаморфических пород в термодинамических условиях земной коры (экспериментальные данные). Геофизический журнал. 2018. 40, №4. С. 107-130. DOI: https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i4.2018.140612

15. *Корчин В.А., Буртный П.А., Карнаухова Е.Е.* Плотность магматических, ультраметаморфических пород Украинского щита в модельных глубинных условиях земной коры (экспериментальные данные). Геофизический журнал. 2020. 42, №5.

16. *Корчин В.А.* Коровые зоны низких скоростей – перспективные горизонты локализаций глубинных углеводородов. Глубинная нефть. 2013. 1, №8. С. 1099-1116.

17. *Korchin V.A.* Anomalies of low density in the crystalline crust of thermobaric origin: a new insight into migration and localization of hydrocarbons. Monograph 72: Oil and Gas Exploration: *American Geophysical Union, Wiley*. 2017. P. 237-257.

УДК 552.1:550.373:55.8.05(477)

ПЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ТЕРМОБАРИЧСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЛИТОСФЕРЕ ЗОН НИЗКИХ ПЛОТНОСТЕЙ

Корчин В.А.[1], Кравчук М. В.[2]
1 – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник,
2 – младший научный сотрудник,
Институт геофизики им. С.И. Субботина Национальной Академии наук Украины, Киев, Украина, korchin@igph.kiev.ua

По материалам исследования электрических свойств горных пород при высоких давлениях и температурах, выполнено моделирование изменения электрических характеристик с глубиной минерального вещества литосферы на участках сейсмического профиля с зонами низких скоростей (ЗНС) – областей разуплотнения Земной коры. Рассмотрены проявления таких зон по данным ГСЗ и МТЗ и проанализирована природа изменений соответствующих физических полей. По результатам петроэлектрического моделирования можно предположить, что изменение электрического сопротивления с глубиной в зависимости от *PT*-условий горизонтов, состояния пород в них и флюидов может, регистрировать зоны разуплотнения в земной коре термодинамической природы (низкое сопротивление), подобно выделенным сейсмическими скоростями ЗНС.

PETROELECTRIC THERMOBARICH MODELING IN LITHOSPHERE OF LOW-DENSITY ZONES

Korchin V.A. [1], Kravchuk M. V. [2]
1 – PHD in physical and mathematical sciences, senior researcher,
2 – junior researcher,
S.I Subbotin Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine, korchin@igph.kiev.ua

Based on the materials of the study of the electrical properties of rocks at high pressures and temperatures, the modeling of changes in electrical characteristics with depth of the mineral matter of the lithosphere in areas of the seismic profile with zones of low velocities (LVZ) - areas of decrease in density of the Earth's crust has been performed. The manifestations of such zones according to the DSS and MTS data are considered and the nature of changes in the corresponding physical fields is analyzed. According to the results of petroelectric modeling, it can be assumed that the change in electrical resistance with depth, depending on the PT-conditions of the horizons, the state of the rocks in them and fluids, can register zones of decrease in density of the earth's crust of a thermodynamic nature (low resistance), similar to those identified by the seismic velocities of the LVZ.

Введение. Расширяя возможности петрофизического термобарического моделирования (ПТБМ) [1], в основу которого положены результаты изучения петрофизических параметров горных пород при высоких давлениях (*P*) и температурах (*T*) и данные о геолого-тектоническом строении и геофизическая информация исследуемой площади, актуальной задачей является построение региональных петроэлектрических моделирования. В частности это касается участков земной коры с зонами низких скоростей (ЗНС) и осуществляется методом сопоставления материалов глубинных геоэлектрических исследований (МТЗ) с данными экспериментального изучения электрических параметров горных пород различной флюидонасыщености при высоких PT-параметрах. Рассматривая материалы комплексного изучения геофизическими методами отдельных геологических объектов, было обращено внимание на строение и положение аномальных зон по данным ГСЗ и МТЗ (например, зоны

низких скоростей (ЗНС) [1- 3] и коровых зон высокой проводимости [4- 6]. В докембрийских структурах обычно выделены три типа коры, различающихся по геофизическим характеристикам [6] (рис. 1). Тип I – скорости сейсмических волн возрастают с глубиной, среднее удельное сопротивление высокое (10^3-10^4 Ом◦м) и с глубиной существенно не изменяется. Тип II – сейсмические скорости возрастают с глубиной, а затем они снижаются в интервале глубин 5 - 35 км; на глубинах от 10 км и более появляются горизонты повышенной электропроводности (рис. 1), удельное сопротивление в нижней коре умеренное (100-300 Ом◦м). Тип III – участки инверсии сейсмических скоростей отмечены в интервале глубин 15 - 35 км; электропроводящие слои с низким удельным сопротивлением (10-50 Ом◦м) залегают на глубинах от 20 км и более.

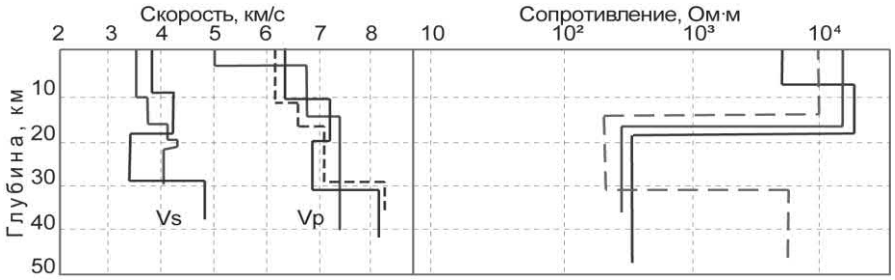


Рис. 1 Изменение с глубиной сейсмических скоростей и удельного электрического сопротивления в земной коре некоторых докембрийских структур [6].

Для петроэлектрического термобарического моделирования использовались данные лабораторных исследований при высоких термобарических параметрах электрических свойств горных пород отобранных из обнажений, где обнаружены обширные ЗНС [1], для которых был выполнен анализ основных факторов, влияющих на изменения электрических характеристик исследованных образований с глубиной – это минеральный состав, температура, флюидонасыщеность (влажность и минерализация) [4,5,7,8].

Влияние влажности. Средние значения удельного электрического сопротивления (*ρ, Ом·м*) некоторых пород центральной части Украинского щита при различном насыщении водой представлены в таблице.

Породы	Сухие, ρ, Ом·м	Воздушносухие, ρ, Ом·м	Водонасыщенные, ρ, Ом·м
Граниты	$4{,}9\cdot10^{10}$	$2{,}1\cdot10^{7}$	$9{,}2\cdot10^{4}$
Плагиограниты	$3{,}5\cdot10^{9}$	$5{,}2\cdot10^{7}$	$3{,}6\cdot10^{5}$
Гнейсы	$6{,}9\cdot10^{9}$	$1{,}6\cdot10^{7}$	$5{,}9\cdot10^{4}$
Диориты	$3{,}6\cdot10^{9}$	$8{,}4\cdot10^{6}$	$9{,}4\cdot10^{4}$
Эндербиты	$1{,}8\cdot10^{9}$	$1{,}0\cdot10^{7}$	$2{,}1\cdot10^{5}$

Наиболее высокоомными в сухом и воздушно-сухом состоянии являются граниты. Наименьшими величинами электрического сопротивления характеризуются габбро-нориты и пироксениты. Промежуточное положение между ними занимают чарнокиты и мигматиты.

Насыщение образцов дистиллированной водой уменьшает этот параметр на 4 - 5 порядков и снижает их дифференциацию по ρ.

Влияние температуры и давления. Зависимости усредненных значений логарифма электрического сопротивления некоторых исследованных образований в сухом состоянии от температуры (до 600°С) представлены на рис.2,А. По сравнению с влиянием температуры влияние давления на электрические свойства незначительно. Увеличение квазигидростатического давления до 2,0 ГПа в зависимости от влажности вызывает слабое уменьшение электрического сопротивления. В подавляющем числе случаев уменьшение ρ наблюдается в начальном интервале давлений до 0,8—1,0 ГПа и с большим градиентом по сравнению с областью более высокого давления. Воздушно-сухим образцам присуще большее уменьшение ρ под воздействием квазигидростатического давления по отношению к сухим.

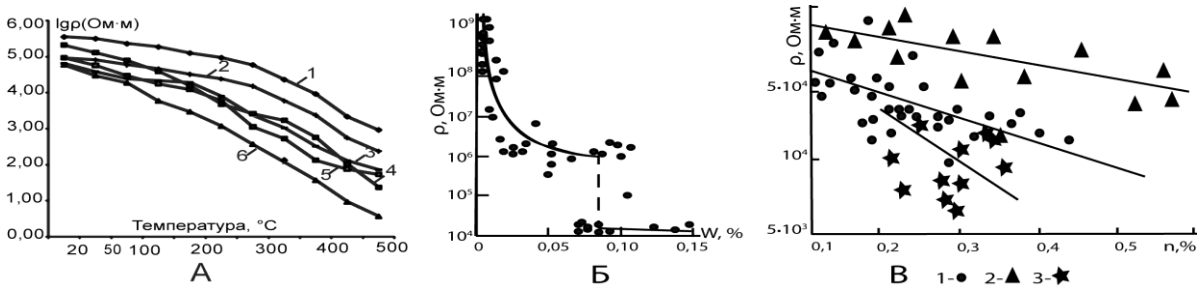


Рис.2. А - Зависимости lg(ρ)=f(T) исследованных пород в сухом состоянии (постоянный ток): 1-плагиограниты, 2- граниты, 3- мигматиты, 4- эндербиты,5- диориты, 6- гнейсовые комплексы. Б - Влияние степени влагонасыщенности на изменения электрического сопротивления плагиогранитов; В - Зависимость электрического сопротивления водонасыщенных пород от их пористости (1-гранодиориты, 2-плагиограниты, 3-милониты) по данным [7].

Влияние минерализации и пористости. До влажности *W*=0,07 (весовых процентов) уменьшение ρ происходит по степенной функции (пример на рис.2, Б), от 0,07 до 0,1% ρ резко уменьшается примерно на 1,7 порядка (на постоянном токе). Пористость (*n*) исследованных образований изменяется от 0,1 до 0,6%, что уменьшает электросопротивление на 1,5 - 2 порядка. Между *n* и ρ - обратно пропорциональная связь. На рис.2,В показаны зависимости электрического сопротивления от пористости влагонасыщенных пород. Между электрическими и упругими свойствами исследованных образований существует обратная корреляционная зависимость, которая объясняется не столько особенностями природы взаимосвязи этих характеристик с минеральным составом, сколько их дефектно-структурными характеристиками и состоянием межзерновых границ породообразующих минералов [3,7]. На основе анализа информации по скважинам Центрального блока УЩ выделяется четыре зоны с различной минерализацией (*M*) [7, 9]: 1 зона - от дневной поверхности до 500 м (активной циркуляции) *M* изменяется от 0,4 до 7,2 г/л; 2 - от 500 до 1000 м (повышенной циркуляции) - от 7,0 до 33,2 г/л; 3 - 1000 - 1500 м

(интервал слабой циркуляции) - от 27,1 до 69,0 г/л; ниже 1500 м - 98,0...142,0 г/л. По экспериментальным данным с возрастанием *M* уменьшение *ρ* происходит с неодинаковой интенсивностью: до 5,0 г/л сопротивление понижается с наибольшим градиентом от 0,5 до 1,5 порядка, от 50,0 до 200,0 г/л уменьшается на 0,5 - 0,6 порядка, при концентрации *NaCl* свыше 200 г/л - ρ практически не изменяется. Удельное электрическое сопротивление растворов солей с различной концентрацией (*NaCl*, г/л) следующее: дистиллят – 25 10^4 Ом м, 0,01г/л – 400…600 Ом м, 1г/л – 5…6 Ом м, 10 г/л – 0,6…0,7 Ом м, 100 г/л – 0,07…0,1 Ом м.

Сейсмоэлектрическая петрофзическая модель ЗНС. На рис.3 представлено сопоставление графиков изменения скоростей по данным ГСЗ с экспериментальными термобарическими исследованиями (А) и модельное построение (В) распределения логарифма электрического сопротивления с глубиной для вещественного разреза с учетом изменения пористости в соответствующих породах с глубиной (Рис. 3, Б) [3, 5,10].

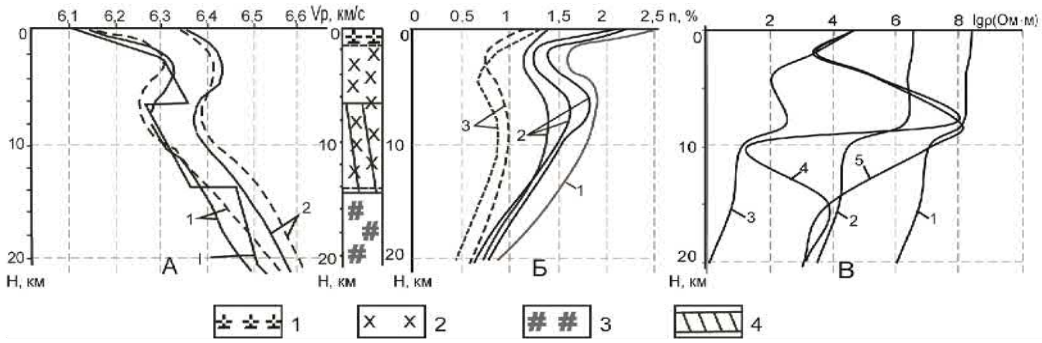


Рис. 3, А - сопоставление графика изменения V_p=f(H) по данным ГСЗ (ломаная линия, I) с V_p=f(PT)= f(H) для пород и вещественная колонка по ПТБМ. Б – изменение пористости пород с глубиной. В – зависимости lgρ= f(H) по материалам термобарических исследований пород различного водонасыщения и минерализации: кривые 1- 5 см. текст. 1 - плагиограниты, 2 - диориты, 3 - эндербиты, 4 – термобарическая (ЗНС).

Кривая 1 на рис.3, В - отражает поведение ρ с глубиной для пород в абсолютно сухом состоянии, кривая 2 показывает пересчет на глубину электросопротивления пород с минимальным количеством влаги (воздушно-сухие), для построения кривой 3 было учтено влияние минерализации флюида (в модельных экспериментах - *NaCl*) для соответствующих глубин. Кривая 4 строилась с предположением частичного заполнения зоны разуплотнения (от 0.1-0.3%) флюидом – диэлектриком (различными газами, углеводородами), поэтому предполагается, что верхней части зоны электрическое сопротивление будет велико (согласно эксперименту близкое сухим породам), нижняя часть зоны обогащена флюидами, подобно породам соответствующих кр.3. На кривой 5 моделируется ситуация полного заполнения порового пространства пород ЗНС (0,5-1,5%) флюидами. В естественных условиях можно предполагать, что на глубине могут существовать все из проиллюстрированных обстановок в том или ином виде в зависимости от интенсивности и состава флюидопотоков, температур и *PT*-особенностей образования коровых зон

разуплотнения. Как видно, из материалов, представленных на рис.3, следует, что изменение электрического сопротивления с глубиной в зависимости от состояния пород и флюидов может, как и сейсмические скорости регистрировать зоны разуплотнения в земной коре термодинамической природы.

Совершенствуя методику комплексного петрофизического моделирования с привлечением материалов по упругим, плотностным и петроэлектрическим свойствам пород на различных глубинах, существенно уточняются структуры, природа аномалий геофизических полей литосферы. На рис.4 представляем фрагмент магнитотеллурических данные для Тибетского плато на юго-западе Китая, которые отображают зоны с высокой электропроводностью на глубине с 15-20 км [9]. Приведен пример положения зоны высокой электропроводности (желто-оранжевое поля, наложенное на зоны разуплотнения земной коры – штрихованные участки). Авторы объясняют наличие этих аномалий повышенной флюдонасыщенностью и флюидодинамикой зоне разуплотнения земной коры.

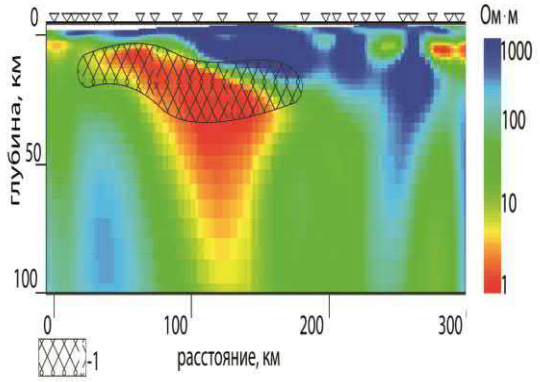


Рис.4.1

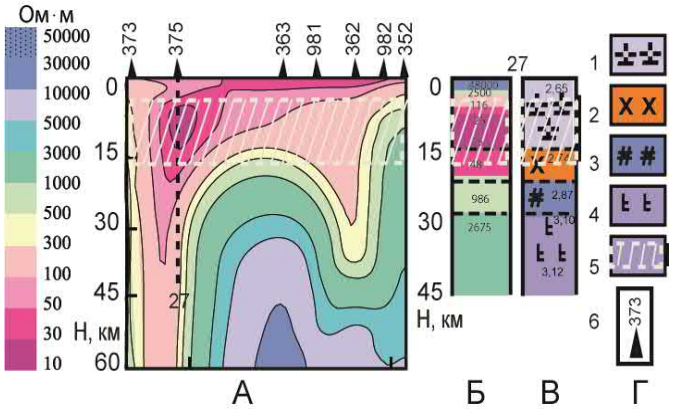


Рис.4.2

Рис.4.1 Модель МТЗ линии EHS3D-3, пересекающей зону активных тектонических событий в Юшу по данным [9] с уточнениями авторов (1- зоны термобарического разуплотнения земной коры термодинамической природы [1, 2]) Рис.4.2 А - Фрагмент линии профиля МТЗ-6 Ингульского мегаблока УЩ [10]. Петроэлектрическая (Б) и вещественная (В) колонки (по данным ПТБМ) в точке пересечения МТЗ профиля с VIII геотраверсом ГСЗ (колонки по ПТБМ 27) [1]). Г: 1 - плагиограниты, 2 - диориты, 3 - эндербиты, 4 - основные гранулиты, 5 - зоны низких скоростей, 6 - пункт МТЗ.

Эти данные подтверждают гипотезу о том, что обнаружены области высокой электропроводности под зонами разуплотнения (ЗНС), которые могут быть рассмотрены как каналы, движения мантийных флюидов к зонам локализации их в ЗНС [1,2]. Термобарические зоны низких сейсмических скоростей (область пониженных упругих параметров пород, их плотности и повышенной пористости) являются спусковым механизмом интенсивных релаксационных процессов в земной коре в виде образования разломов различной направленности и обширных ЗНС [1,2] заполненных флюидами.

Как следствие эти аномальные области хорошо регистрируются МТЗ [1, 5, 6, 9, 10]. Зона низких скоростей является геологически активной областью коры за счет миграции

глубинных флюидов и других форм массопереноса газообразных и жидких сред, дифференциации глубинных растворов, образуя отдельные аномальные геофизические области и локализации полезных ископаемых. Как правило, зоны повышенной проводимости локализуются преимущественно на глубинах 10-25 км и имеют своеобразную пространственную конфигурацию. Принимая во внимание физические условия на этих глубинах (расчетные температуры здесь порядка 300 - 450 °С), можно предположить, что высокая проводимость таких зон обусловлена повышенной флюидонасыщеностью пор и трещин. Следовательно, высокая электропроводность пород указывает на пути миграции мантийных флюидов (возможно обогащенных УВ) с глубин более 100 км (рис. 4).

Аналогичная ситуация наблюдается не только в активно-тектонических регионах, но и на древних щитах [11] (рис. 4.2), где также просматривается связь коровых зон разуплотнения с зонами повышенной проводимости, указывающих пути миграции мантийных флюидов к резервуарам, в земной коре, регистрируемых ГСЗ в виде ЗНС. Эти зоны выделяемые по скоростям упругих волн (ГСЗ) четко регистрируются электрическими параметрам (МТЗ), значительно расширяя информацию о глубинном строении региона, регистрируя, так называемые «трубы дегазации» до глубин более 100 километров.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корчин В.А., Буртный П.А., Коболев В.П.* Термобарическое петрофизическое моделирование в петрофизике. Киев: Наукова думка, 2013. 312 с.

2. *Корчин В. А.* Коровые зоны низких скоростей - перспективные горизонты локализаций УВ. Электронный журнал. Глубинная нефть ISSN 2306-3114. 1, № 8., 2013

3. *Корчин В. А.* Термобарическое моделирование аномалий повышенной пористости породах земной коры – горизонтов возможной миграции и локализации глубинных УВ. Электронный журнал "Глубинная нефть". 2014. 2, № 9. С. 1434-1448.

4. *Шепель С.И., Кравчук М.В.,* Глубинные изменения электрических параметров кристаллических пород и природа аномалий электропроводности в земной коре, Геофизический журнал. 2007. Т. 29. №3. С. 67-77.

5. *Корчин В.А., Кравчук М.В.* Петроэлектрическая модель ЗНС в земной коре. «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле». Москва, 23-25, Борок, 27 сентября 2019г. Материалы XX конференции. ISBN 978-5-88918-056-2. Москва: ИГЕМ РАН, 2019. С. 144-147.

6. *Jones A.G.* On a type classification of lower crustal layers under Precambrian regions, J. geophysics. 1981. Vol. 49. P.226-233.

7. *Шепель С.И.* Природа аномалий электропроводности в земной коре // Доклады АН Украины. - 1993. - №3. - С. 117-119.

8. *Denghai Bai,Martyn J. and all* Crustal deformation of the eastern Tibetan plateau revealed by magnetotelluric imaging, Nature Geoscience,volume 3, pages 358–362 (2010)

9. *Николаев И.Ю., Шеремет Е.М., Бурахович Т.К., Кривдик С.Г., Калашник А.А., Николаев Ю.И., Сетая Л.Д., Агаркова Н.Г.* Ингульский мегаблок УЩ (глубинная геоэлектрическая модель и полезные ископаемые), Донецк: «Ноулидж», 2014. – 180 с.

УДК 661.96:622.276.6

УДОСКОНАЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ВОДНЕВОГО, ТЕПЛОВОГО ТА ХІМІЧНОГО ВПЛИВУ НА ВІДНОВЛЕННЯ ПРОНИКНОСТІ ПРИВИБІЙНОЇ ЗОНИ ПЛАСТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВОДЕНЬГЕНЕРУВАЛЬНИХ СУСПЕНЗІЙ

О.В.Кравченко[1], Д.О Велігоцький[2], А.В. Баштовий[3]
1 – д-р техн. наук, завідувач відділу, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, м. Харків, Україна, krav@ipmach.kharkov.ua;
2 – канд. техн. наук, молодший науковий співробітник, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, м. Харків, Україна, mr.vda59@gmail.com;
3 – аспірант, Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України, м. Харків, Україна, termenergi@gmail.com.

Удосконалено комп'ютерну 3D модель процесу обробки привибійної зони нафтової свердловини шляхом використання воденьгенерувальних суспензій. В уточненій моделі враховуються результати експериментальних досліджень нестаціонарного процесу відновлення проникності гірської породи внаслідок водневого, теплового та хімічного впливу на породу та флюїди.

IMPROVING OF COMPUTER MODEL OF HYDROGEN, HEAT AND CHEMICAL EFFECT ON RETURN PERMEABILITY OF BOTTOM HOLE FORMATION ZONE BY USING HYDROGEN GENERATING SUSPENSIONS

Oleg Kravchenko[1], Veligotskyi Dmytro[2], Artem Bashtovyi[3]

1– Doctor of Technical Science, head of department, A.N. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problem NAS of Ukraine, Kharkov, Ukraine, krav@ipmach.kharkov.ua, 2 – Candidate of Sciences, junior scientific officer, A.N. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine, mr.vda59@gmail.com, 3 – graduate student, A.N. Podgorny Institute for Mechanical Engineering Problems NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine, termenergi@gmail.com.

3D computer model of bottom hole formation zone treatment of oil well by using hydrogen generating suspensions was improved. Refined model takes into account experimental studies results of transient process of permeability return as the result of hydrogen, heat and chemical effect on the rock and fluids.

В ІПМаш НАН України створено науково-практичні основи технології інтенсифікації видобутку вуглеводнів, яка базується на використанні водню як активатора процесів дифузії та фільтрації під час термобарохімічного впливу на привибійну зону пласту (ПЗП) нафтової або газової свердловини [1-3]. З метою підвищення ефективності зазначеної технології, особливо для відновлення проникності нафтових колекторів, які забруднено стійкою до руйнування водонафтовою емульсією, запропоновано метод, який засновано на використанні воденьгенерувальних суспензій з ультрадисперсною твердою фазою на основі нано- та мікропорошків гідрореагуючих речовин (ГРР) [4].

Виготовлення зазначених суспензій проведено з використанням гідрокавітаційних технологій [4]. Створені за запропонованою технологією експериментальні зразки воденьгенеруючої наносуспензії, в яких в якості твердої фази використано алюмогідрид

натрію, показали високу стійкість до стратифікації та седиментації. Як дисперсне середовище обрано різноманітні розчинники вуглеводнів, хімічно нейтральні до зазначеного ГРР, з додаванням легких вуглеводнів.

Експериментально доведено високу ефективність використання воденьгенеруючих суспензій при обробці кернів, які були закольматовано водонафтовою емульсією [5]. Так під час прокачування наносуспензій через керновий матеріал спостерігалось підвищення температури флюїду, частку якого складав водень. Відновлення початкової фазової проникності практично до початкового рівня пояснюється тим, що фільтрація в пласт такої суспензії протікає з отриманням водню з води (пластової або штучно доданої) безпосередньо у поровому просторі, забезпечує комплексну водневу та термохімічну дії.

З метою підвищення ефективності впровадження технології на реальних свердловинах, поліпшення точності визначення ефекту від її використання розроблено 3-*D* комп'ютерну модель процесу обробки, яка ґрунтується на розв'язанні системи рівнянь Нав'є-Стокса. Рівняння описують закони збереження імпульсу, маси та енергії. Закон збереження імпульсу в задачах фільтрації залежно від характеру фільтрації представлено у вигляді законів Дарсі (1), Форхгеймера (2) та Дарсі з урахуванням дифузії (закон Фіка) (3),

$$\nabla p_g = -\frac{\mu_g}{k_g} V_g ; \qquad (1)$$

$$\nabla p_g = -\frac{\mu_g}{k_g} V_g - c\frac{1}{\sqrt{k_g}} \rho_g \left| V_g \right| V_g ; \qquad (2)$$

$$\nabla p_g = -\frac{\mu_g}{k_l\left(1+\frac{b}{\bar{p}_g}\right)} V_g + \frac{\mu_g}{k_l\left(1+\frac{b}{\bar{p}_g}\right)} D^{*}\nabla x , \qquad (3)$$

де k_1 – проникність за рідиною;

$k_{g,i} = k_l\left(1+\frac{bi}{\bar{p}_g}\right)$ – ефективна газова проникність;

bi – коефіцієнт Клінкенберга для і-го газу; p_g – середній тиск;

D – коефіцієнт ефективної дифузії;

x – концентрація газу в пористому середовищі.

Перший закон описує фільтрацію з невеликими швидкостями. Закон Форхгеймера описує дуже швидкі течії, тому в рівнянні присутній нелінійний динамічний член. Закон Дарсі-Фіка враховує дифузійну складову, що характерно для дуже повільних течій. В усі ці рівняння входять коефіцієнти проникності. Система рівнянь Нав'є-Стокса включає також рівняння, яке описує закон збереження маси, а в разі теплообміну рідини, що фільтрується, з породою, включає рівняння закону збереження енергії.

В більшості задач фільтрації коефіцієнти проникності є константами. У нашому випадку фільтрація водню та хімічно активних рідин через забруднене пористе середовище постійно відновлює проникність, що робить цю величину змінною. Раніше створена в ІПМаш НАН України математична модель враховує тільки вплив водневої активації дифузії на зміну абсолютної проникності породи залежно від її початкової проникності [6]. Але ці

уточнення стосуються тільки водневої активації та лише ущільнених порід газових свердловин.

Запропоновано методику уточнення математичної моделі фільтрації воденьгенерувальної суспензії в гірську породу, яка ґрунтується на експериментальному визначенні функції зміни коефіцієнта відновлення фазової проникності по довжині керна під час протікання процесу обробки. суспензією. Дослідження проводяться на створеній і описаній раніше установці з визначення фільтраційних властивостей кернів [5], основним елементом якої є кернотримач власної конструкції (Рис. 1). В ньому розміщується досліджуваний зразок кернового матеріалу (рис. 2). Ущільнюючий матеріал кернотримача та матриці стійкий до високих температур понад 250°С та агресивних середовищ, а його конструкція забезпечує надійне герметичне пневматичне або гідравлічне обжимання кернового матеріалу, що в свою чергу забезпечує фільтрування досліджуваних флюїдів саме через керн та виключає бокові протікання під час проведення досліджень. Використовується набірний керн довжиною 75 мм, який складається з трьох кернів з довжиною по 25 мм кожний (рис. 2). Це дає змогу визначати зміну проникності керна після фільтрації суспензії уздовж його довжини.

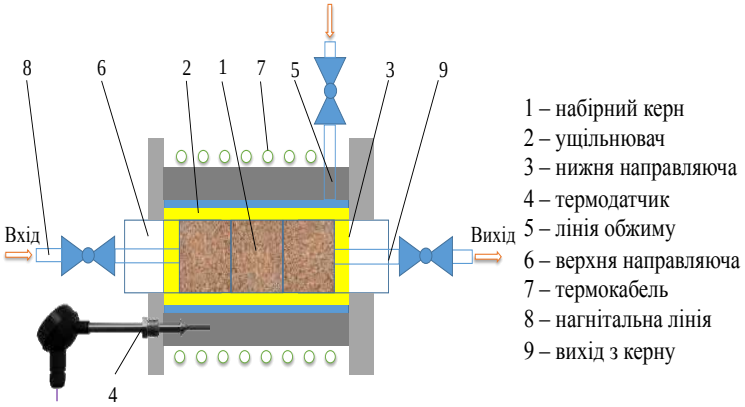


Рисунок 1 – Конструкція кернотримача

Рисунок 2 – Зразки досліджуваних кернів гірської породи

Експериментально знаходиться функція зміни коефіцієнта відновлення проникності від відносного об’єму продуктів, які профільтрувалися через керн. Під відносним об’ємом продуктів реакції мається на увазі відношення фактичного об’єму суспензії $V_ф$, що профільтрувалася, до ефективного її об’єму, за якого досягається максимальне відновлення проникності.

Саме ця функція зміни проникності замість розрахункових значень або констант проникності закладається в математичну модель фільтрації.

Проведено комп'ютерне моделювання процесу фільтрації воденьгенеруючої суспензії в продуктивний пласт. Радіус кольматації ПЗП в розрахунку приймався 1,5 м, висота інтервалу перфорації 0,5 м. Причина кольматації – насичення пласта водонафтовою емульсією. Передбачається, що колектор має ті ж самі петрографічні та літологічні властивості, що і досліджуваний керн.

Особливістю моделювання є те, що в математичну модель закладено значення початкової фазової проникності породи за суспензією та функцію її зміни під час прокачування визначеного ефективного об'єму воденьгенеруючої суспензії.

У відповідності до проведених експериментальних досліджень на керні, розглядається теригенна порода, основними показниками якої є:

- коефіцієнт пористості Кп = 0,0836;
- початкова фазова проникність (за суспензією) k0 =16 мД;
- максимальна фазова проникність (суспензії) kмакс= 37 мД;
- Тпластова = 40оС;
- ΔР = 150 атм (перевищування тиску в експлуатаційній колоні над пластовим);
- час фільтраціїt = 2700 с.

Для вирішення поставленого завдання розглядається часовий інтервал від 0 с до 2700 с, під час якого в гірську породу ПЗС фільтрується воденьгенеруюча суспензія. На рис. 3 наведено результат чисельного моделювання з відновлення фазової проникності ПЗП за нафтою при прокачуванні ефективного об'єму воденьгенеруючої суспензії протягом 2700 с.

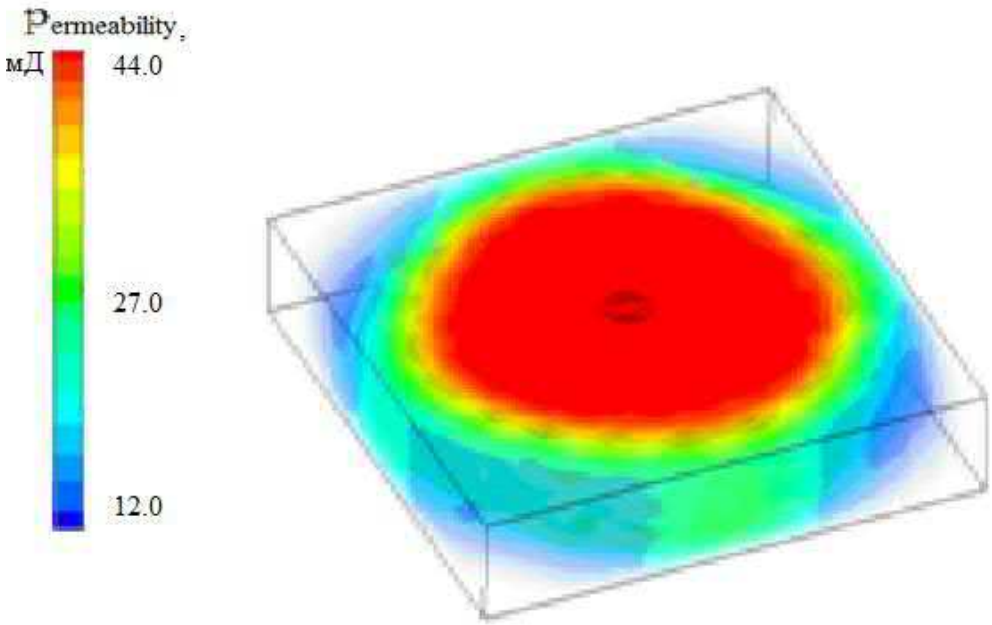


Рисунок 3 – Відновлення фазової проникності ПЗП за нафтою при прокачуванні воденьгенеруючої суспензії протягом 2700 с (фото екрану монітора)

Результати моделювання свідчать про досягнення максимального результата з відновлення проникності обробленого участку ПЗП. Використання удосконаленої моделі дозволяє точніше описувати протікання фільтраційно-дифузійних та тепломасообмінних процесів під час обробки продуктивних пластів, а абсолютні показники фазової проникності, які одержуються експериментально, можна використовувати при моделюванні притоку пластового флюїду та для розрахунків прогнозних значень дебіту нафти після відновлення роботи свердловини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Применение водорода в химических и термохимических технологиях интенсификации добычи углеводородов / О.В. Кравченко // Промышленность Казахстана. − 2013. − № 6 (81). − С. 58 – 62.

2. Пат. 102501 Украина, МПК Е 21 В 43/24, Е 21 В 43/25. Способ комплексного водородного и термобарохимического воздействия на призабойную зону продуктивного пласта / О. В. Кравченко, Д. А. Велигоцкий, Ю. М. Мацевитый, А. В. Симбирский (Украина). – № а 201303001; заяв. 11.03.2013; опубл. 10.07.2013, Бюл. № 23. – 3 с.

3. Пат. 113256, Україна, МПК Е21В 43/24, Е21В 43/25 Спосіб комплексної воднево-термобарохімічної обробки привибійної зони продуктивного пласта / О.В. Кравченко, Д.О. Велігоцький, А.М. Авраменко (Україна). – № а20151245,заяв. 16.12.2015; опубл. 26.12.2016, Бюл. № 24. – 2 с.

4. Створення перспективної водневої технології підвищення дебіту та глибини вилучення нафти через використання водень генерувальних наносуспензій / О.В. Кравченко, Д.О. Велігоцький // V Міжнародний геологічний форум «Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука й виробництво» (ГЕОФОРУМ-2018): матеріали форуму, м. Одеса, 18–23 червня 2018. – Київ: УкрДГРІ, 2018. – Т.2. – С. 99 – 107.

5. *Велигоцкий Д. А.* Совершенствование технологии комплексного воздействия на продуктивные пласты нефтяных и газовых скважин / О. В. Кравченко, Д. А. Велигоцкий, А. Н. Авраменко, Р. А. Хабибуллин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 6/5(72). – С. 4–9.

6. Відновлення проникності гірської породи привибійної зони нафтових свердловин шляхом використання воденьгенеруючої наносуспензії / Кравченко О.В., Велігоцький Д.О., Баштовий А.В. // VI Міжнародний геологічний форум «Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука й виробництво» (ГЕОФОРУМ-2019): матеріали форуму, м. Одеса, 17–22 червня 2019. – Київ: УкрДГРІ, 2019. – С. 131–133.

УДК 550.4

СВИНЦЕВО-ЦИНКОВА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ФЛЮОРИТОНОСНИХ ЗОН СЕРЕДНЬОГО ПРИДНІСТРОВ'Я

Крюченко Н.О.[1], Жовинський Е.Я.[2]
1– д-р геол. н., професор, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України, Київ, nataliya.kryuchenko@gmail.com
2 – д-р геол.-мін. н., професор, член-кор. НАН України, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України, Київ, zhovinsky@ukr.net
Проаналізовано рудопрояви флюориту з ознаками свинцово-цинкового зруденіння (галеніт, сфалерит, халькопірит, пірит), визначено мінеральний склад, вміст корисного компоненту, побудовані карти розподілу концентрацій фтору, свинцю та цинку та встановлено перспективні площі для можливої комплексної розробки.

LEAD-ZINK MINERALIZATION OF FLUORITE ZONES OF MIDDLE TRANSNISTRIA

Kryuchenko N.O., Zhovinsky E.Ya.
1– M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS , Kiev, Ukraine, nataliya.kryuchenko@gmail.com
2 – M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS , Kiev, Ukraine, zhovinsky@ukr.net
Fluorite ore occurrences with signs of lead-zinc mineralization (galena, sphalerite, chalcopyrite, pyrite) were analyzed, mineral composition, useful component content were determined, distribution maps of fluorine, lead and zinc concentrations were constructed and perspective areas for possible complex development were established.

Вступ. Більшість рудопроявів флюориту і поліметалів розміщується в південно-західній частині Подільської тектонічної зони. Це, переважно, складної будови зона розломів в області південно-західного схилу кристалічного масиву Українського щита, основу якої складають блокові структури, що зазнавали диференційних піднять і опускань різного (переважно докрейдового) віку, неодноразово омолоджувались і ускладнювались. За формою локалізації виділяються прояви флюориту, що утворюють цемент у пісковиках різних стратиграфічних горизонтів верхньопротерозойської теригенної товщі, тонку спорадичну вкрапленість у тих же породах і тонкі прожилки, що залягають в протерозойських осадових породах і кристалічному фундаменті [1].

Серед різних епігенетичних утворень, разом з проявами флюориту, розвинута сульфідна мінералізація. Фтор, свинець і цинк – типоморфні елементи, які відіграють головну роль в металогенії Середнього Придністров'я. Поліметалічна (свинцева й цинкова) мінералізація представлена цементом, вкрапленістю і малопотужними прожилками галеніту та сфалериту в пісковиках верхнього протерозою (ольчедаєвських та ямпільських верств) і породах кристалічного фундаменту (в кальцитових і кальцит-флюоритових прожилках).

Виявлені рудопрояви флюориту та Бахтинське родовище передбачається розробляти підземним способом. На сьогодняшній день, запаси та прогнозні ресурси підраховано лише на Бахтинському родовищі та декількох рудопроявах. Балансові запаси Бахтинського родовища,

використання яких згідно затверджених кондицій економічно доцільне, становить за категоріями C_1+C_2 близько 17 млн т [2].

Нами проаналізовано рудопрояви флюориту з наявністю свинцево-цинкового зруденіння (галеніт, сфалерит, халькопірит, пірит), визначено їх мінеральний склад, побудовані карти розташування рудопроявів та карти ізоліній концентрацій свинцю та цинку, на яких виділено перспективні площі для можливої їх комплексної розробки.

Мета. Проаналізувати наявність флюорит-поліметалічних (свинцово-цинкових) рудопроявів, встановити ідентичність їх розташування з рудопроявами флюориту. За вмістом свинцю, цинку та флюориту визначити перспективні ділянки для можливої комплексної розробки.

Методи досліджень. Статистичний аналіз мінерального та хімічного складу основних рудопроявів флюориту та поліметалів, контрольний спектральний та хімічний аналіз. За результатми досліджень складено базу даних та побудовано карти розподілу поліметалів (Mapinfo) флюоритоносної зони Середнього Придністров'я.

Результати досліджень. За результатами попередніх робіт (геологічні звіти, карти корисних копалин та власні дослідження) проаналізовано особливості рудопроявів флюориту з приуроченою до них поліметалічною мінералізацією [1–3]: 1 родовище – Бахтинське, 39 рудопроявів, 29 мінеральних знахідок (всього 70 проявів флюориту) та 4 площі розповсюдження, як акцесорного мінералу. З них виокремлено 30 рудопроявів флюориту з наявно свинцево-цинкової мінералізації та складено каталог (табл. 1).

З метою визначення приуроченості рудопроявів до зон розривних порушень, в якості основи – обрано тектонічну схему території (рис. 1а). Визначено, що більшість поліметалічних рудопроявів Подільської тектонічної зони знаходяться у зонах перетину з тектонічними порушеннями північно-східного напряму. При встановленні найбільш перспективних рудопроявів свинцю та цинку було враховано їх приуроченість до флюоритового зруденіння. Цим критеріям найбільш відповідають рудопрояви флюориту – Карпівський, Воєводчинський, Яришівський, Бахтинський, Виножський (рис. 1б), коротка характеристиа яких надана далі.

Рудопрояви флюориту у сс. Карпівки (CaF_2 9%) та Воєводчинці (CaF_2 до 30%) характеризуються проявами мінералізації галеніту сумісно з кальцитом (у відслоненнях по р.Дерло). В окремих свердловинах у вигляді малопотужних прожилків в ямпільських (Карпівський прояв) і окварцованих ольчедаєвських пісковиках у вигляді корок на стінках тріщин, вкрапленості у кальцитових прожилках, де в зоні дроблення потужністю до 15 см вміст свинцю від 0,7 до 31,4% (Воєводчинський прояв). Прожилки потужністю від 0,5 до 10см північно-західного, рідше північно-східного простягання.

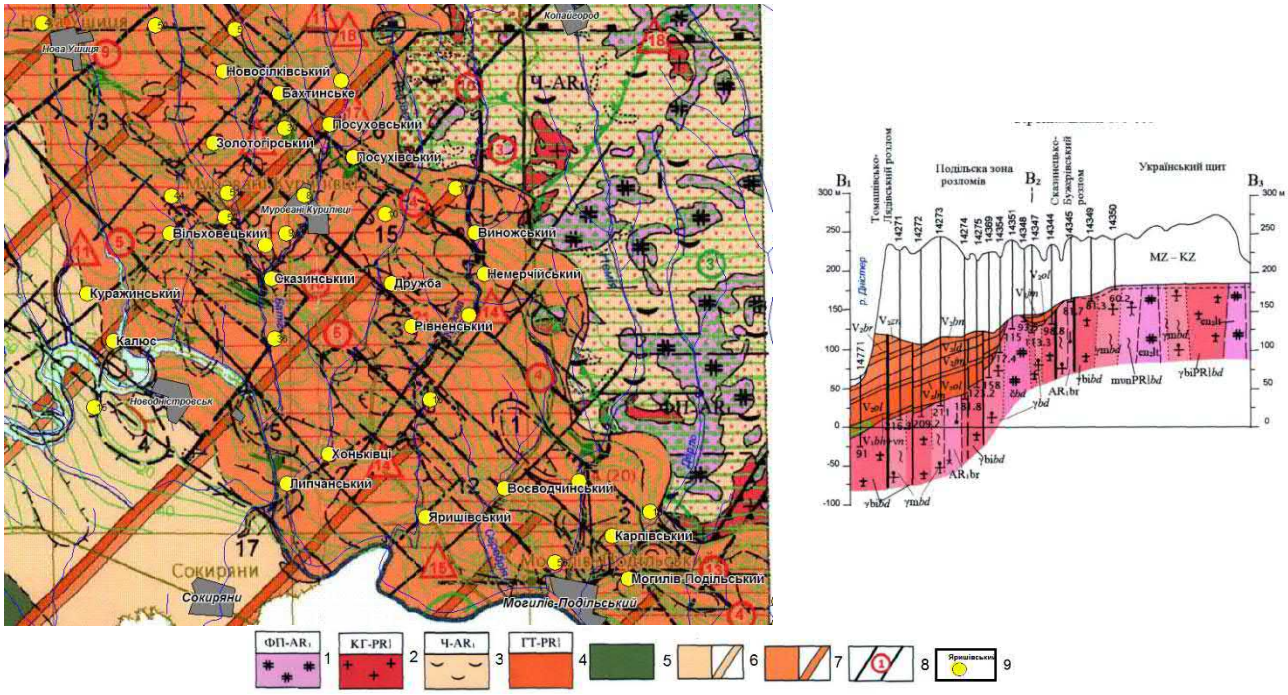
Таблиця 1– Середній вміст свинцю та цинку у рудопроявах флюориту

Номер з/п	Номера (згідно рис. 1б)	Назва рудопрояву флюориту	Pb, %	Zn,%	CaF_2,%
1	1	Бахтинське родовище	0,03–2,05	0,07–6,17	10–40,8
2	3	Слобода-Малієвецький	3,1	1	10–16
3	7	Посуховський	0,9	0,3	5–19
4	8	Муровано-Курилівський	0,1	0,3	1,9-19
5	12	Сказинський	0,1	0,3	до 19
6	13	Дружба	0,03	0,07	до 21,4
7	14	Рівненський	0,1	0,3	до 25-30
8	15	Михалківський	0,03	0,07	10
9	17	Липчанський	0,03	0,07	до 25–30
10	19	Воєводчинський	4–22,3	2	до 25–31
11	20	Могилів-Подільський	2	1	20
12	24	Посухівський	0,1	0,3	10
13	25	Немерчійський	0,03	0,07	13-16
14	26	Новосілківський	0,03	0,07	15
15	27	Куражинський	0,3	0,2	15
16	28	Виножський	2,25	1,32-12	до 42,9
17	31	Золотогірський	0,08–0,25	0,04–12,8	19,2
18	32	Старогутівський	1	13,8	34
19	33	Проскурівський	3,1	0,09	10
20	34	Карпівський	0,7–31,4	0,7	9
21	37	Вільховецький	0,1	0,3	5
22	42	Озаринці	0,03	0,07	0,4
23	43	Яришівський	17,28	1,02	5
24	44	Ставчанський	0,03	0,07	4–10,8
25	47	Калюсик	0,03	0,07	0,3
26	53	Калюс	0,03	0,07	0,3
27	54	Ломозів	0,03	0,07	0,3
28	55	Хоньківці	0,03	0,07	0,3
29	56	Немійський	0,03	0,07	0,3
30	57	Брониця	0,03	0,07	0,3

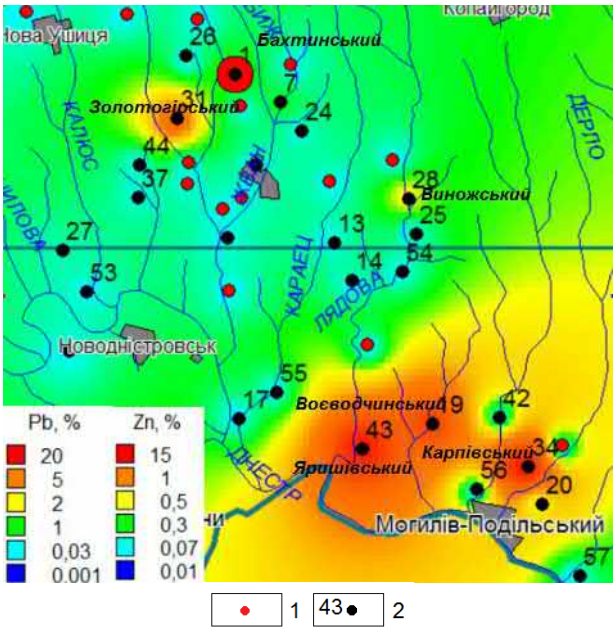
Кальцитові прожилки з вкрапленістю галеніта і халькопірита зустрічаються також у породах кристалічного фундаменту. Як супровідні компоненти – срібло (до 5 г/т), золото (до 0,1 г/т), мідь (до 0,14 %). Основну роль у локалізації свинцево-цинкової мінералізації відіграють структурно-тектонічний, стратиграфічний, літологічний та геохімічний фактори.

З породами кристалічного фундаменту пов’язані Могилів-Подільський (CaF_2 до 20%) і Яришівський (CaF_2 5%) рудопрояви флюориту. Свинцсва і цинкова мінералізація зустрічається спорадично. у вигляді дрібних скупчень. плям і вкрапленості, іноді в малопотужних проверстках до 10 см (Яришівський прояв) з вмістом свинцю 17,28% і цинку 1,02%, а також у вигляді суцільного цементу з високим вмістом рудних мінералів.

Характерним свинцево-цинковим проявом у відкладах венду є Бахтинський в межах Бахтинського родовища флюориту (CaF_2 10–41%). Поліметалічна мінералізація локалізується у верхній частині відклалів ольчедаєвських верств.



а



б

Рис. 1. Тектонічна схема, геологічний розріз (а) та схема розподілу свинцу та цинку (в) у флюоритоносних породах Середнього Придністров'я (фрагмент). (а, б): кристалічний фундамент (1–4): 1–толеїтові базальти, габро-піроксеніти, ендербіти, 2–граніти, лейкограніти, 3–грауваки, плагіомігматити, 4–ультраосновні лужні породи і карбонатити; (осадовий чохол, формації): 5–морська карбонатна, 6–морська глинисто-алевролітова, 7–континентально-морська теригенна; 8–тектонічні порушення, 9–рудопрояви флюориту з свинцево-цинковою мінералізацією та їх назва; (б): 1–рудопрояви флюориту, 2–рудопрояви флюориту з свинцево-цинковою мінералізацією та їх номер (згідно табл. 1)

Галеніт і сфалерит цементують пісковики у вигляді малопотужних прошарків, окремих гнізд і рідкої вкрапленності. Потужність пісковиків з поліметалічною мінералізацією досягає

4-7 м. Вміст свинцю складає від 0,03 до 2,05 %, цинку – від 0,07 до 6,17% (потужність 0,2–0,5м). Промислового значення він не представляє в зв'язку з незначними масштабами зруденіння, але при можливій розробці родовища було би доцільним сумісний видобуток поліметалів.

Золотогірський рудопрояв флюориту (CaF_2 до 19,2%) – горизонтальні поклади пісковиків площею 1км^2, потужністю до 3 м. Вміст свинцю становить: 0,08– 0,025%, цинку – 0,04–12,85%, міді – 0,01–0,05%.

Виножський рудопрояв флюориту (CaF_2 до 40%) розташований в 5 км від Бахтинського родовища. Рудопрояв жильного флюориту пов’язаний з тектонічною зоною субмерідіонального простягання. Крутоспадна зона жильно-прожилкової мінералізації, протяжністю 600 м, 100м за падінням, потужністю до 1,8м. Флюоритову мінералізацію спостерігають у вигляді малопотужних прожилків як у породах венду, так і кристалічного фундаменту разом з кальцитом, іноді сфалеритом, галенітом, халькопіритом. Потужність прожилків досягає 10–15 см, вміст цинку – до 12 %, свинцю – до 30 %.

Зважаючи з вищевикладеного найбільш перспективними ділянка є Карпівка-Воєводчинці-Могилів-Подільська, Золотогірсько-Бахтинсьтка та Виножський рудопрояв.

Висновки. Проаналізовано прояви свинцю та цинку в межах рудопроявів флюоориту Середнього Придністров’я. За вмістом свинцю, цинку та флюориту визначено перспективні ділянки для можливої комплексної розробки – Карпівка-Воєводчинці – Могилів-Подільська, Золотогірсько-Бахтинська та Виножський рудопрояв.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000 аркуші М-35-XXXIII (Бар), М-35-XXXIV (Могилів-Подільський) (в межах України). Пояснювальна записка [2007]. – К.: Міністерство охорони навколишнього середовища України, Державна геологічна служба. УкрДГРІ, – 206с.

2. *Михайлов В.А., Курило М.М.* [2010] Мінерально-сировинна база флюсової сировини України. – К.: „Ніка-Центр”, – 198 с.

3. Стан мінерально-сировинної бази плавикового шпату Середнього Придністров’я / Н. О. Крюченко, Е. Я. Жовинський, О. А. Жук, М. В. Кухар, Е. В. Панаіт, К. Е. Дмитренко [2016] // Пошукова та екологічна геохімія. – № 1. – С. 41– 48.

УДК550.372/372+551.24.055

ПРОЯВИ ВУГЛЕВОДНІВ ТА СЕЙСМІЧНОСТІ В ГЕОЕЛЕКТРИЧНО НЕОДНОРІДНИХ ЗОНАХ ТАРХАНКУТСЬКОГО ПІВОСТРОВУ

Кушнір А.М.[1], Бурахович Т.К.[2], Ширков Б.І.[3], Тонковид Є.М.[4]
1 – канд.геол.наук, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна, antonn@ukr.net;
2 – док.геол.наук, с.н.с., професор, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна, burahovich@ukr.net;
3 – канд.геол.наук, Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна, bog_dan90@ukr.net;
4 – Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна.

Електромагнітні поля, індуковані в Землі джерелами природного іоносферно-магнітосферного походження, дають можливість отримати унікальну інформацію про глибинну будову, а також перебіг геодинамічних процесів в її надрах, що мають домінуючий вплив на утворення корисних копалин, зокрема горючих, а також накопичення і реалізацію сейсмічної енергії тощо. Основним результатом аналізу отриманої моделі розподілу питомого опору є виявлення областей високої електропровідності як в земній корі, так і у верхній мантії Тарханкутського півострову так і Криму загалом, які характеризуються різною провідністю і глибиною залягання, конфігурацією і по-різному характеризують геологічні структури. Субвертикальні електропровідні зони часто збігаються з розломними структурами різного порядку, більшість таких об'єктів приурочено до границь між різними тектонічними елементами, такими як, Східноєвропейська платформа і Скіфська плита та структур більш низького рангу – Каркінітсько-Північнокримського прогину, Донузлавського підняття, Тарханкутського валу та інші. Глибше в земній корі та верхній мантії геоелектричні неоднорідності, навіть якщо вони просторово і збігаються з розташуванням глибинних зон розломів, перетворюються в субгорізонтальні структури (шари) та проявляються в регіональних аномаліях електропровідності. Неоднорідність корових та мантійних високопровідних шарів може свідчити про високу проникність для глибинних флюїдів зон контактів у процесі їх формування, що можна розглядати як райони глибинних вогнищ генерації вуглеводнів і місця надходження їх у верхні частини земної кори.

HYDROCARBON AND SEISMICITY MANIFESTATIONS IN THE GEOELECTRICALLY INHOMOGENEOUS ZONES OF THE TARKHANKUT PENINSULA

Kushnir A.M.[1], Burakhovich T.K.[2] Shyrkov B.I.[3], Tonkovid E.M.[4]
1 – Ph. D., Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, antonn@ukr.net;
2 – Doctor of Geological Sciences, Leading Researcher, Full Professor, National Academy of Sciences of Ukraine, burahovich@ukr.net;
3 – Ph. D., Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, bog_dan90@ukr.net;
4 – Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine.

The electromagnetic fields are induced in the Earth by the sources of a natural ionospheric-magnetospheric origin and make it possible to obtain unique information about the deep structure and geodynamic processes in its bowels. They have a dominant influence on the mineral formation, including combustibles, and seismic energy accumulation and realization. The main result of the analysis of the obtained resistivity distribution model is the high electrical conductivity area identification in the earth's crust and upper mantle of the Tarkhankut Peninsula and Crimea in general. They are described by the different conductivity, depth and configuration and differently characterize the geological structures. The subvertical conductive zones often coincide with the fault structures of different rank, most of such objects are confined to the boundaries between different tectonic elements, such as the Eastern European Platform and the Scythian Plate and lower level structures - Karkinitsko-North Crimean Deflection, Donuzlav uplift, Tarkhankut shaft and others. Deeper in the Earth's crust and upper mantle, the geoelectrical inhomogeneities, even if they spatially coincide with the location of deep fault zones, are transformed into subhorizontal structures (layers) and manifest themselves in the regional conductivity anomalies. The heterogeneity of crustal and mantle high-conductivity layers may indicate high permeability for deep fluids of the contact zones in the process of their formation, which can be considered as the areas of deep hydrocarbon generation origins and their entry into the upper crust.

Вступ. Проблема дефіциту енергоресурсів вимагає нових підходів, які могли б узагальнити всю наявну інформацію про фізико-хімічні процеси утворення і накопичення вуглеводнів, а також їх проявів у фізичних полях. Багато вчених дотримуються думки, що ці перетворення за своїм характером глибинні та пов'язані з флюїдними процесами і дегазацією земних надр. Остання нерозривно пов'язана з вертикальними і субвертикальними зонами руйнування гірських порід, які проявляються як зони ослаблення, розущільнення, виникнення напруг і тріщинуватості. З іншого боку такі зони є ареною розвитку та реалізації землетрусів, що викликані дією внутрішніх локалізованих джерел пов’язаних з деформацією структур консолідованої земної кори шляхом проникнення у них висхідних потоків легких газів і теплових реакцій з флюїдами у тріщино-поровому просторі. Загалом такі зони мають особливі, найчастіше досить контрастні геофізичні властивості, в тому числі і геоелектричні, оскільки характеризуються підвищеною електропровідністю і можуть бути виявлені електромагнітними методами.

Тривимірна геоелектрична модель Кримського регіону. Основним результатом інтерпретації МТ/МВ спостережень є виявлення областей високої електропровідності як в земній корі, так і у верхній мантії Криму, які характеризуються різною провідністю і глибиною залягання, конфігурацією і по-різному відображають геологічні структури [Бурахович та ін., 2016].

3D геоелектричну модель Криму, що включає різноманітні тектонічні елементи, можна в першому наближенні представити наступним чином. Електропровідні утворення на поверхні Землі – осадові відклади, морська вода – розташовуються на фоні загального високого опору ρ = 1000 Ом·м, характерного для консолідованої кори і верхньої мантії, які включають цілу систему різноорієнтованих аномалій з неоднорідним розподілом ρ від 1 до 100 Ом·м на різних глибинах від 2,5 до 100 км. Можна представити три глибинних інтервали (H): H_1) 2,5-5÷10-12 км, H_2) 16-30÷30-60 км, H_3) 60÷90 км, які залягають над неоднорідною астеносферою на глибинах від 110 до 140 км.

Прояви сейсмічності в геоелектрично-неоднорідних зонах Степового Криму. В районі Степового Криму зареєстровано велику кількість землетрусів з М – 2–3,5, вогнища яких залягають на глибинах 5–25 км. Район вирізняється різноманітними геоелектричними неоднорідностями як в земній корі (3,5-5÷10 км), так і в верхній мантії (60-100 км). Епіцентри землетрусів розташовані саме на границях аномалій складної конфігурації, тобто, в зонах різкої зміни орієнтації телуричних токів, по їх різні сторони, які, як правило, приурочено до розломів чи меж різних тектонічних структур.

Геоелектричний вертикальний зріз 3D моделі (рис. 1) вздовж пр. Краснополянський, який перетинає різні тектонічні структури, характеризується низькими ρ= 2÷5 Ом·м з поверхні

до глибини підошви осадових відкладів (в Донузлавському піднятті (Дг), Тарханкутському валу (Тв) та прибортових зонах Каркінітсько- Північнокримського прогину (КПнКпр) – 3,5 км, в осьовій частині – 5 км) на фоні ρ= 1000 Ом·м, що відповідає нормальному розрізу. Гальванічно пов'язану з осадовими відкладами аномалію електропровідності виявлено в верхній частині консолідованої земної кори на глибинах від 5 до 10 км, проекція якої на поверхню збігається з КПнКпр. Необхідно підкреслити, що за ρ вона є неоднорідною і всередині міститься осередок високого опору ρ= 1000 Ом·м, який з усіх боків оточено ρ=5 Ом·м. Тобто на цих глибинах спостерігається просторова перемежованість ділянок загальними розмірами 10-20 км високого та низького опору, що можуть розглядатися як канали для вертикального проникнення глибинної речовини. Нижче в земній корі та в верхах верхньої мантії розташовано суцільне перешарування: 10-60 км - консолідована зона з нормальним опором 1000 Ом·м; 60-90 км – високопровідна астеносфера з ρ= 100 Ом·м, яка переривається локальним (шириною ~ 20 км) ізолятором ρ=1000 Ом·м під граничною областю поміж Тв та КПнКпр; 100-110 км – друга консолідована зона з нормальним опором 1000 Ом·м; 110-140 км – шар, з якого глибше починаються відмінності у нормальних розрізах Скіфської плити (СП) та Східноєвропейської платформи (СЄП), представлений ρ= 40 Ом·м під СП та ρ= 1000 Ом·м під СЄП. Границя між СП та СЄП проходить в межах профілю по осьовій частині КПнКпр.

При детальному аналізі зрізу геоелектричної моделі сейсмічні події просторово концентруються в двох областях (в північній частині профілю та його продовженні на північ в акваторію Чорного моря), які співпадають з проекціями на поверхню електропровідних вертикальних зон в земній корі. Вогнища землетрусів розташовані над північною гілкою Тарханкутської аномалії та на півночі від границі СЄП та СП. Як правило, осередки землетрусів сконцентровано в консолідованих блоках земної кори над, біля чи поміж областями з високою електропровідністю. Можна припустити, що саме у шарі нижче за 10 км (для осередків на глибинах 10-30 км) та контактах областей з різним ρ 5 Ом·м та 1000 Ом·м (для землетрусів до 10 км), реалізуються сейсмічні події. Підкреслимо, що неоднорідності електропровідності шарів: 1) з різкою зміною ρ = 100, 1000, 100 Ом·м на глибинах від 60 до 90 км в локальній зоні; 2) нижчих за 110 км, а саме контакт з різним ρ (40 Ом·м та 1000 Ом·м), який знаходиться під локальною зоною високого опору, необхідно розглядати як джерело для створення середовища напружено-деформаційного стану. Наявність електропровідних каналів в консолідованій земній корі, що гальванічно пов'язані з добре провідними осадовими товщами, сприяють реалізації накопиченої сейсмічної енергії.

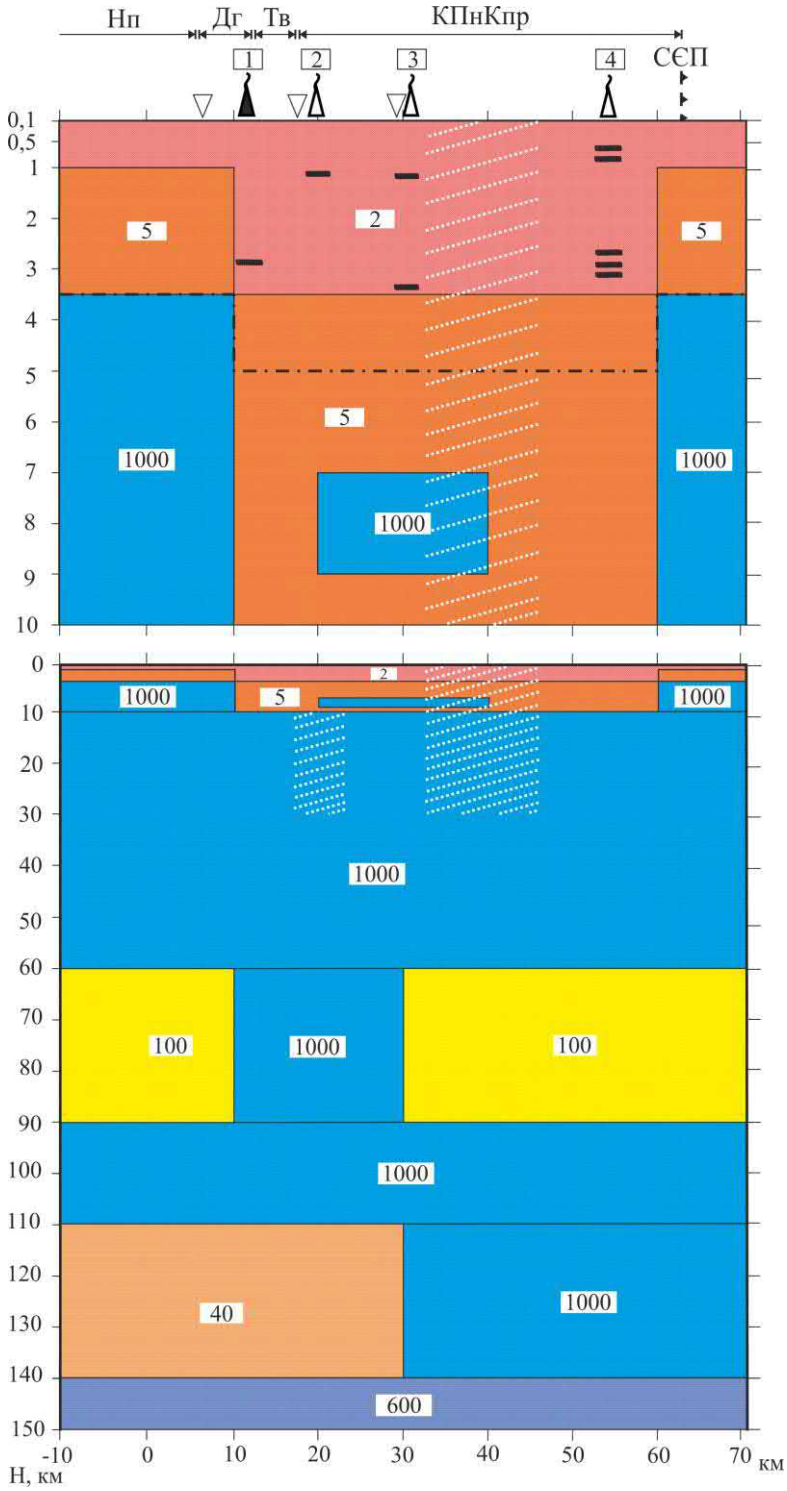


Рис. 1. Зріз тривимірної геоелектричної моделі пр. Краснополянський і проекції вуглеводневих родовищ та сейсмічних зон. Тектонічні структури: СЄП – границя Східноєвропейської платформи та Скіфської плити; КПнКпр – Каркінітсько-Північнокримський прогин; Дг – Донузлавське підняття; Тв – Тарханкутський вал. Цифри у прямокутниках – питомий електричний опір Ом·м. Цифри в прямокутниках у чорній рамці – нафтогазові родовища: 1 – Західно-Октябирське; 2 – Краснополянське; 3 – Карлавське; 4 – Шмідтівське. Пунктиром – границя консолідованого фундаменту.

Прояви вуглеводнів в геоелектрично-неоднорідних зонах Степового Криму та шельфу Чорного моря. У геологічній будові Причорноморсько-Кримської нафтогазоносної області беруть участь палеозойські, мезозойські й кайнозойські осадочні відклади потужністю до 6–8 км. Великі підняття і прогини, ускладнені локальними структурами, часто стають

нафто- і газоносними. Нафтогазопрояви є в породах від неогенового до девонського віку, але промислові поклади (газові й газоконденсатні) поки що виявлено лише в палеогенових і нижньокрейдових відкладах на глибинах від 350 до 4500 м. Просторово абсолютна більшість проявів вуглеводневих родовищ на території Тарханкутського півострова та Степового Криму потрапляє в області аномалій підвищеної електропровідності земної кори та верхньої мантії. Так, наприклад, до області, де проходить пр. Краснополянський та його північному продовженні у моделі, приурочено Західнооктябрське, Краснополянське та Карлавське газоконденсатні родовища (рис. 1), які приурочені до Октябрськокрейдяної зони антиклінальних складок південного борту КПнКпр. Промисловий видобуток газу Карлавського родовища отримано з відкладів палеогену – нижнього палеоцену в інтервалі 1126–1200 м, а також нестабільні дебіти – з відкладів сеноману нижнього ярусу верхньої крейди в інтервалі 3387–3460 м. У випадку Західнооктябрського родовища продуктивними товщами є відклади середнього альба нижньої крейди в інтервалі 2894–2918 м. Промислові притоки отримано з палеогенових відкладів верхнього палеоцену в інтервалі 1065–1081 м [Шеремет и др., 2016].

Як видно із зрізу тривимірної геоелектричної моделі вздовж пр. Краснополянський газоконденсатні родовища знаходяться над добре провідним вертикальним каналом в земній корі з ρ = 5 Ом·м та неоднорідними високопровідними шарами у верхній мантії на глибинах 60–90 км з ρ = 100 Ом·м та 110-140 км з ρ = 80 Ом·м.

Родовища можуть бути приурочені до локальної ділянки високого опору, що розташована в/поміж високопровідними осадовими відкладами та породами до 10 км консолідованої земної кори, що характеризуються аномалією електропровідності. Швидше за все природу аномалії на глибинах 3,5-5÷10 км можна пояснити наявністю флюїдів в порово-тріщинному середовищі, а субвертикальні електропровідні (ρ = 5 Ом·м) канали, що гальванічно пов’язані з осадовими утвореннями, створюють шляхи надходження глибинної речовини. На користь такого припущення вказує присутність неоднорідних провідників в верхах верхньої мантії саме під вертикальними каналами в земній корі.

Висновки. Основним результатом аналізу отриманої моделі розподілу питомого опору є виявлення областей високої електропровідності як в земній корі, так і у верхній мантії Тарханкутського півострову так і Криму загалом, які характеризуються різною провідністю і глибиною залягання, конфігурацією і по-різному характеризують геологічні структури.

Субвертикальні електропровідні зони Тарханкутського півострову у модельному зрізі вздовж пр. Краснополянский збігаються з розломними структурами різного порядку, більшість таких об'єктів приурочено до границь між різними тектонічними елементами, такими як, СЄП і СП, КПнКпр і Тв, Тв і Дг, а також Дг і Нп та інші. В зрізі впевнено

простежується глибинна структура в земній корі, яка на півночі та півдні із високоомною вставною між ними підтверджує та деталізує виділену раніше Тарханкутську аномалію. Глибше в земній корі та верхній мантії геоелектричні неоднорідності, навіть якщо вони просторово і збігаються з розташуванням глибинних зон розломів, перетворюються в субгоризонтальні структури (шари) та проявляються в регіональних аномаліях електропровідності. Остаточний варіант розташування північної границі геоелектричної астеносфери на глибинах 110-140 км, за існуючими на даний час експериментальними електромагнітними спостереженнями, вибрати складно, можна передбачаємо, що вона проходить в осьовій частині грабенів в зоні зчленування різновікових платформ. Неоднорідність корових та мантійних високопровідних шарів вказує на високу проникність для глибинних флюїдів зон контактів у процесі їх формування.

Поклади вуглеводнів у Кримсько-Чорноморському регіоні формуються в різних за морфологією пастках. Згідно з сучасними поглядами, водень, піднімаючись від ядра Землі в ближчі до поверхні шари, може вступати в реакцію з різними формами вуглецю, що й обумовлює формування вуглеводнів. Перенесення їх у верхні частини земної кори є одним із проявів процесу дегазації, що впевнено свідчить про перспективи пошуку природних вуглеводнів на глибинах понад чотири кілометри де залягають недавні (пліоцен-четвертинні) або сучасні (що знаходяться в стані формування) вуглеводневі системи.

Розглянутий матеріал впевнено вказує на приуроченість проявів сейсмічності і нафтогазоносністі до виділених за даними геоелектромагнітного зондування та тривимірного моделювання аномалій високої електропровідності, які часто пов'язані з глибинними зонами розломів. Тоді як зони контакту перемежування високого та низького опору можна розглядати як райони глибинних вогнищ генерації вуглеводнів і області надходження їх у верхні частини земної кори.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Бурахович Т.К., Кушнир А.М., Николаев И.Ю., Шеремет Е.М., & Ширков Б.И.* (2016). Результаты экспериментальных электромагнитных исследований Крымского региона. Геофизический журнал, 38(2), 57–78.

2. *Шеремет Е.М., Бурахович Т.К., Дудик А.М., Николаев И.Ю., Дудик С.А., Кушнир А.Н., ... Агаркова Н.Г.* (2016). Геоэлектрические и геохимические исследования при прогнозировании углеводородов в Украине. Киев: Компринт.

УДК 622.014.2: 550.835.41

ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ДОБЫЧИ СЕРЕБРА И МЕДИ НА РУДНИКАХ ТОО «КОРПОРАЦИЯ КАЗАХМЫС»

Нигматулин А.М.[1],Абдрахманова З.Т.[2], Кан А.Н.[3], Юн Р.В.[3], ,Ефименко С.А.[4], Исатаева Ф.М.[5]
1 – ТОО «Казахмыс Холдинг», Нур-Султан, Казахстан,
2 – к.т.н., ТОО «Корпорация Казахмыс», Караганда, Казахстан,
3 – ТОО «Корпорация Казахмыс», Алма-Ата, Казахстан;
4 – к.т.н., ТОО «Корпорация Казахмыс», Жезказган, Казахстан, serg_yef@mail.ru,
5 – Государственный технический университет, Караганда, Казахстан

В работе обсуждаются результаты методических, аппаратурных и экспериментальных исследований по решению задачи эффективного геофизического online мониторинга медьсодержащих руд месторождений, разрабатываемых горными предприятиями ТОО «Корпорация Казахмыс» на ленточных технологических конвейерах обогатительных фабрик на основные (Cu, Pb, Zn) и сопутствующие (Ag, Cd, Mo) рудные компоненты с целью обеспечения: оперативного управления добычей меди и серебра; пропорционального и максимально объективного распределения сливного металла по поставщикам руды. Основные проблемы: низкие (от 1+ ppm) содержания серебра в рудах большинства месторождений; сложный химический состав руд, высокая крупность (класс –300 мм) кусков руды, загрязненность руды. Метод исследований – рентгенофлуоресцентный. Аппаратурное обеспечение исследований – энергодисперсионные рентгенофлуоресцентные (EDXRF) рудоконтролирующие станции (РКС) РЛП–21Т. Определяемые элементы: медь, свинец, цинк, серебро, кадмий (молибден) и железо. РКС РЛП–21Т были внедрены на Жезказганских, Балхашской и Карагайлинской обогатительных фабриках и на магистральном конвейере Нурказганского подземного рудника (всего внедрено 8 РКС). Проведенными исследованиями доказано, что задача обеспечения управляемого процесса добычи серебра в рудах успешно решена: серебро эффективно определяется, начиная с содержаний 1+ ppm. Попутно решена проблема максимально объективного распределения сливного металла по поставщикам руды.

OPERATIONAL QUALITY MANAGEMENT OF SILVER AND COPPER MINING IN THE MINES OF LLC “KAZAKHMYS CORPORATION”

Nigmatulin A.M[1]., Abdrakhmanova Z.T.[2]Kan A.N.[3], Yun R.V.[3], Yefimenko S.A.[4]
1 – «Kazakhmys Holding» LLC, Nur-Sultan, Kazakhstan;
2 – «Kazakhmys Corporation» LLC, Almaty, Kazakhstan;
3 – Issatayeva F.M., State Technical University, Karaganda, Kazakhstan;
4 – «Kazakhmys Corporation» LLC, Zhezkazgan, Kazakhstan.

The paper discusses the results of methodological, instrumental and experimental studies on solving the problem of effective geophysical online monitoring of copper-containing ore deposits developed by mining enterprises of LLP “Corporation Kazakhmys” for the main (Cu, Pb, Zn) and related (Ag, Cd, Mo) ore components in order to provide controlled management of silver mining. The main problems: low (from 1+ ppm) silver content in the ores of most deposits; complex chemical composition of ores, high fineness (class –300 mm) of ore pieces, ore contamination. The research method is X-ray fluorescent. Research hardware - energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) ore control stations (RKS) RLP-21T. Identified elements: copper, lead, zinc, silver, cadmium (molybdenum) and iron. RKS-RLP-21T were introduced at the Zhezkazgan, Balkhash and Karagailinsk concentrators and at the main conveyor of the Nurkazgan underground mine (a total of 8 RCC were introduced). The studies proved that the task of ensuring a controlled process of silver mining in ores was successfully solved: silver is effectively determined starting from 1+ ppm. Along the way, the problem of the most objective distribution of the discharge metal among ore suppliers was solved.

ТОО «Корпорация Казахмыс» является крупнейшим производителем катодной меди в Казахстане. Шахты и карьеры ПО «Жезказганцветмет», ПО «Балхашцветмет» и ПО «Карагандацветмет» Горно-обогатительного комплекса (ГОК) разрабатывают месторождения медьсодержащих полиметаллических руд очень сложного вещественного состава: Жезказган, Жаман – Айбат, Желандинская группа, Коунрад, Саякская группа, Шатырколь, Нурказган, Абыз, Акбастау, Кусмурын. Самая богатая часть запасов медных руд указанных

месторождений уже отработана, поэтому содержания меди в руде падают из года в год. Экономические потери от такого тренда содержаний меди частично компенсируются попутной добычей серебра. Вот почему ранг одной из наиболее актуальных производственных задач приобретает задача оперативного управления качеством добываемых медьсодержащих руд и попутной добычи серебра. Для эффективного решения этой задачи необходимы технические средства online мониторинга содержаний меди и серебра в добываемых рудах.

На стадии горного передела таким средством являются портативные энергодисперсионные рентгенофлуоресцентные (EDXRF) анализаторы вещесвенного состава руд РПП–12Т, позволяющие вести рентгенофлуоресцентное опробование (РФО) руд на 34 элемента, включая медь и серебро. Это единственные спектрометры, позволяющие вести РФО забоев высотой до 7 м (рудные залежи и тела месторождений Жезказган и Жаман–Айбат имеют горизонтальное или пологое залегание, поэтому опробуются вертикальными сечениями). Спектрометр РПП–12Т при экспозиции единичного измерения 10 с позволяет определять содержания серебра от 1,0 ppm.

В идеале, для эффективного управления добычей меди и серебра необходимо обеспечить РФО забоев после каждого очистного цикла. Имеющийся сейчас парк спектрометров РПП–12Т не позволяет этого сделать. Поэтому требуется инструмент ведения online мониторинга содержаний меди и серебра в рудах, поступающих на переработку на обогатительные фабрики ТОО «Корпорация Казахмыс»: Жезказганские №1 и №2, Балхашскую, Карагайлинскую и Нурказганскую. Такое средство online мониторинга, помимо решения задачи online управления процессом отгрузки руды на обогатительные фабрики, должно стать эффективным инструментом учета для пропорционального и максимально точного распределения сливного металла по поставщикам руды и отвальных шлаков на ОФ за отчетный период.

Сразу укажем на два крайне неблагоприятных обстоятельства для мониторинга вещественного состава руд: большая крупность кусков руды на ленточном конвейере (класс – 300мм) и низкие средние содержания серебра (Жезказган – 15 ppm, Коунрад и Нурказган – 2–3 ppm). Задача такой сложности ещё нигде никаким методом не решалась.

Эффективным средством такого online мониторинга являются EDXRF рудоконтролирующие станции (РКС) РЛП–21Т (ТОО «Аспап Гео», Алма–Ата, Казахстан). На Жезказганской обогатительной фабрике №2 (ЖОФ–2) с 2014 года находилась в эксплуатации EDXRF РКС РЛП–3–02 (ООО «Геотех, С–Пб, Россия), которая себя хорошо зарекомендовала при РФО руд на медь (по серебру на низких содержаниях она работала нестабильно, поэтому не рекомендовалась к использованию в качестве элемента управления процессом добычи меди и серебра).

РКС РЛП–21Т проектировалась именно под решение задачи РФО руд с максимально низкими (от 1+ ppm) содержаниями серебра. Всего в ТОО «Корпорация Казахмыс» были введены в эксплуатацию 8 РКС РЛП–21Т на ленточных конвейерах: №1Т (25 октября 2016г) и №2Т (25 января 2017г) ЖОФ–2, №1А (25 января 2017г) и №1 (август 2019г) ЖОФ–1, №2 и №2А (4 мая 2018г) Балхашской ОФ (БОФ), №4 (27 июля 2018г) Карагайлинской ОФ (КОФ), и на магистральном конвейере №1 (14 июня 2018г) Нурказганского подземного рудника (НПР).

Список элементов online мониторинга руд: медь, свинец, цинк, серебро, кадмий, железо (ЖОФ – 1, 2, БОФ, КОФ), медь, свинец, цинк, серебро, молибден, железо (НПР).

Процедура проведения измерений: единичные измерения, каждое длительностью 1 сек, выполняется одно за другим, без пропусков; содержания меди, свинца, цинка и железа рассчитываются, как средняя величина из 20 единичных измерений; содержания серебра, кадмия и молибдена рассчитываются, как средняя величина из 40 единичных измерений.

Самая сложная аналитическая задача была решена на БОФ, куда одновременно поставляются руды, как с гетерогенных объектов – руды месторождений, так и фактически гомогенный объект – отвальные шлаки Балхашского медеплавильного завода (БМЗ). Руды представлены всей палитрой содержаний меди: богатые (Шатырколь), средние (Саяк–1, Тастау, Нурказган), бедные (Коныpат) и убогие (Акжал, Ашалы). Отвальный шлак БМЗ имеет очень сложную для рентгенофлуоресцентного метода элементную матрицу содержаний: Cu – до 1,15%, Zn – до 6,0%, Pb – до 0,70%, Fe – до 53,0%.

Для сокращения времени остановки конвейера для выполнения процедуры проверки работоспособности РКС, в комплект РКС РЛП–21Т введена искусственная контрольная проба, которая одевается на окна рентгеновской трубки и SDD детектора на торцевой части корпуса РКС РЛП–21Т и удерживается магнитами. Содержание элементов в контрольной пробе: Cu – 1,38%, Ag – 12,0 ppm, Zn – 0,05%, Pb – 0,20%, Cd – 1,8 ppm, Fe – 4,65%. Вся процедура проверки занимает не более 10 минут.

Учет переменного зазора «руда – РКС» в РКС РЛП–21Т производится двумя способами: с помощью ультразвукового датчика расстояния – MaxBotix MB7067 (основной способ); с помощью интенсивности рассеянного излучения элементов, слагающих руду на ленте конвейера.

Факторы, влияющие на точность РФО руд с помощью РКС РЛП–21Т: переменная крупность руды (от 1–2 до 300 мм); грязь и пыль на поверхности руды (энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный метод является мало глубинным (пленочным) методом, поэтому пыль и грязь на поверхности кусков руды могут существенно исказить результаты online мониторинга); переменная плотность руды (на переработку на ОФ поступает преимущественно сульфидная руда, но есть и окисленная руда); переменный зазор «руда –

РКС РЛП–21Т»; неравномерность заполнения ленты конвейера рудой; «гуляние» ленты конвейера относительно оси конвейера; одновременное поступление руды на ОФ с разных месторождений; поступление на БОФ отвального шлака с тяжелой для рентгенофлуоресцентного метода матрицей содержаний элементов; присутствие в материале конвейерной ленты цинка в количествах от 2 до 4 %; низкие содержания серебра и кадмия в рудах месторождений Карагандинского и Балхашского регионов.

Особо отметим, что с момента введения в эксплуатацию, зафиксированные РКС содержания серебра составили:

– на БОФ: максимальные: 11,5 ppm (Тастау) и 12,3 ppm (отвальный шлак); минимальные – 1,9 ppm (Коунрад);

– на КОФ: 19,6 ppm (максимальное) и 6,5 ppm (минимальное);

– на НПР: 7,4 ppm (максимальное) и 1,1 ppm (минимальное); молибдена: 0,1105% (максимальное) и 0,0011% (минимальное).

Это гораздо ниже уровня содержаний серебра в рудах, поступающих на ЖОФ–1 и ЖОФ–2. Таким образом, впервые в мировой практике EDXRF РКС смогла взять столь низкие содержания серебра на рудах крупностью –300мм.

Для создания online отчетов о работе РКС созданы специальные программы (РКС «Клиент» (ЖОФ–1, ЖОФ–2), РКС «БОФ» (БОФ), РКС «КОФ» и РКС «НПР»). Специалисты ТОО «Корпорация Казахмыс», имеющие доступ к этим программам, могут в любой момент посмотреть текущую ситуацию с отгрузкой руды, меди и серебра на ЖОФ–1,2, БОФ, КОФ, НПР и оперативно принять (в случае необходимости) действия по корректировке процесса отгрузки руды.

Общий вид РКС РЛП–21Т показан на рисунке 1. Результаты работы РКС РЛП–21Т на конвейерах №1Т и №2Т ЖОФ–2 за 2019 год и начало 2020 года приведены в таблице 1.

Таким образом, поставленная очень сложная аналитическая задача было успешно решена. Горняки получили:

– текущую (в online режиме) информацию по отгрузке руды и металлов на ОФ;

– возможность оперативно вносить корректировки в процесс отгрузки руды;

– инструмент, гарантирующий объективное распределение сливного металла между шахтами и карьерами как в разрезе смен и суток, так и в разрезе месяца (по заключению аудитора фирмы SGS (ЮАР) P. Van Schalkwyk: данные РКС по Cu и Ag болем точны и прецизионны в сравнении с любым ручным методом опробования руд на ОФ).

А. РКС РЛП–21Т. Общий вид

В.РКС на конвейерах 1Т и 2Т ЖОФ–2

Рис. 1. – РКС РЛП–21Т на конвейерах ЖОФ–1 и ЖОФ–2

Таблица 1.

Результаты работы РКС РЛП–21Т на конвейерах №1Т и №2Т ЖОФ–2 за 2019 год и начало 2020 года

Месяц	Медь, %				Серебро, ppm			
	Слив ОФ	РКС	Δ	σ, %	Слив ОФ	РКС	Δ	σ, %
1	0,86	0,82	0,04	4,65	11,546	11,848	-0,302	-2,62
2	0,83	0,82	0,01	1,20	10,850	11,396	-0,546	-5,03
3	0,81	0,80	0,01	1,23	10,732	11,393	-0,661	-6,16
4	0,83	0,81	0,02	2,41	12,037	12,257	-0,220	-1,83
5	0,777	0,74	0,037	4,76	11,226	11,545	-0,319	-2,84
6	0,835	0,823	0,012	1,44	12,950	13,37	-0,423	-3,27
7	0,821	0,825	-0,004	-0,49	13,729	13,923	-0,194	-1,41
8	0,807	0,83	-0,023	-2,85	12,042	12,777	-0,735	-6,10
9	0,820	0,812	0,008	0,98	13,037	13,363	-0,326	-2,50
10	0,824	0,813	0,011	1,33	14,387	14,952	-0,565	-3,93
11	0,817	0,834	-0,017	-2,08	16,103	14,936	1,167	7,25
12	0,810	0,824	-0,014	-1,73	15,300	14,281	1,019	6,66
2019 г.	**0,820**	**0,813**	**0,007**	**0,91**	**12,828**	**13,004**	**-0,175**	**1,37**
1	0,692	0,716	-0,024	-3,478	11,897	9,79	0,577	3,827
2	0,766	0,785	-0,019	-2,48	13,210	11,93	0,144	0,866
3	0,804	0,813	-0,090	-1,119	16,569	15,168	1,408	8,456
4	0,781	0,777	0,004	0,512	13,769	14,723	-0,954	-6,929
2020 г.	**0,809**	**0,810**	**-0,001**	**0,093**	**15,512**	**15,220**	**0,292**	**1,882**

УДК 556.164:632.15(262.5/54)

ВЫНОС ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ С ПОДЗЕМНЫМ СТОКОМ РЕК В ЧЕРНОЕ И АЗОВСКОЕ МОРЯ

Осокина Н.П.
канд. геол.мин. наук, Институт геологических наук НАНУ, г. Киев, Украина,
N.Osokina@gmail.com

Газохроматографическим методом в подземных водах Украины определены хлорорганические пестициды: ДДТ и его метаболиты, ГХЦГ и его изомеры, альдрин, гептахлор; фторсодержащий пестицид – трефлан; фосфорорганические пестициды: метафос, карбофос, фозалон; азотсодержащие пестициды: атразин, симазин; рисовые гербициды: ялан, сатурн, пропанид. Подсчитан вынос хлорорганических пестицидов с подземным стоком рек в Черное и Азовское моря.

REMOVAL OF CHLORORGANIC PESTISIDES WITH UNDERGROUND WATERS RUNOFF OF RIVERS INTO THE BLACK AND AZOV SEAS

Osokina N.P.
Institute of Geological sciences, National academy of sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
N.Osokina@gmail.com

Summary – Using gas chromatography method it was established that in underground waters and sea water of the Black, Azov Seas there could be detected stable chlororganic pesticides – DDT and its methabolites, hexachlorocyclohexane and its isomers; organophosphorus pesticides; nitrogen-containing pesticides:atrazine, simazine; fluor – containing pesticide: trephlane and others. Calculation was made of the removal of chlororganic pesticides with underground waters runoff of rivers into the Black and Azov Seas.

Вступление. На основании изучения содержания пестицидов в подземных водах Украины с 1985 по 2008 г.г. в лаборатории по определению пестицидов в подземных водах и почвах при отделе гидрогеологических проблем ИГН НАНУ нами подсчитано количество стойких хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов, ГХЦГ и его изомеров), выносимых с подземным стоком рек в Черное и Азовское моря.

Количество хлорорганических пестицидов, поступающих с подземным стоком рек в Черное и Азовское моря, зависит в первую очередь от обьема подземного стока рек и уровня содержания хлорорганических пестицидов в воде подземного стока рек.

Целью данной работы является подсчет выноса хлорорганических пестицидов с подземным стоком рек в Черное и Азовское моря. Для определения пестицидов в воде подземного стока рек применяли **метод** газовой хроматографии.

Результаты.

Расчет можно производить по формуле:

- $Pz = (V1 + V2 + V3 + \ldots Vn) \times C \times n$,

  где Pz – суммарный вес пестицидов в тоннах;

- V1, V2, V3, Vn – ежегодный объем подземного стока рек, впадающих в Черное и Азовское моря, км3 (табл.1);

Название реки	V, км3
Днепр	35.1
Днестр	3.64
Южный Буг	0.96
Реки Крыма:	0.08
Кача	
Черная	
Дерекойка	
Су-Индол	
Бурульца	
Биюк-Карасу	
Реки Приазовья:	
Молочная	0.13
Кальмиус	4.20
Дон	3.19
Кубань	5.49
Итого:	52.79

Таблица 1. Ежегодный объем подземного стока рек, впадающих в Черное и Азовское моря [1].

С – средняя концентрация хлорорганических пестицидов в подземных водах, мкг/л; n – процент обнаружения хлорорганических пестицидов в подземных водах общего количества опробованных участков всех обследованных областей Украины, n = 86%.

Реки Украины питаются главным образом за счет талых, подземных и дождевых вод. Крупные реки (Днепр, Юж. Буг, Днестр), дренирующие большое количество водоносных горизонтов, в значительной степени питаются за счет подземных вод [2].

По нашим расчетам средняя суммарная концентрация стойких хлорорганических пестицидов (ДДТ и метаболитов, ГХЦГ и изомеров) в подземных водах основных водоносных горизонтов Украины составила 0,066 мкг/л.

Исследования подземных вод на содержание в них пестицидов проводилось в пределах 553 участков, 176 из которых являются опорными, остальные – одноразового опробования. Пестициды обнаружены в подземных водах всех областей Украины на 86% общего количества опробованных участков на разных глубинах (до 370 м) [3].

Следовательно, в Черное и Азовское мрря с подземным стоком рек ежегодно выносятся стойкие хлорорганические пестициды (ДДТ и метаболиты, ГХЦГ и изомеры):

Р Σ = 52.79 км3 х 0.066 мкг/л х 86% = 2.996 т.

В Черное море Р = 39.78 км3 х 0.066 мкг/л х 86% = 2.258т.

В Азовское море Р = 13.01 км3 х 0. 066 мкг/л х 86% = 0.738т.

Вывод. В результате вертикальной миграции большое количество пестицидов поступило в подземную геосистему. Подземные воды медленнее, чем поверхностные освобождаются от ретроспективного загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по водным ресурсам // Под редакцией Б.И. Стрельца. – К.: Урожай, 1987. – С.191.

2. Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР. – М. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1978. – С.183.

3. *Яковлев Е.А.* Геолого-экологические аспекты химизации сельского хозяйства // Проблемы обоснования и реализации мероприятий по минимизации негативного воздействия на подземные воды сельскохозяйственных загрязнений. – К: 1989. – С.5-8.

АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ГОРНОРУДНОГО УЗЛА ПО ДОБЫЧЕ РЕДКОМЕТАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРИАЗОВЬЕ

А. Н. Пономаренко, доктор геол.-мин. наук, академик НАН Украины, pan.igmof@gmail.com;
Е. М. Шеремет, доктор геол.-мин. наук, профессор, evgsherem53@gmail.com;
Н.А. Козар, канд. геол. наук, ст. научный сотрудник, geolog46@ukr.net;
С. Н. Стрекозов, научный сотрудник, ssss2116@gmail.com;
Шпилевой Л.В., ст. научный сотрудник, mineralltech.azov@gmail.com,
Кривдик С.Г., доктор геол.-мин. наук, профессор, kryvdic@ukr.net;
Сетая Л.Д., ст. научный сотрудник, lasetaya@gmail.com
Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семененко НАН Украины, г. Киев, Украина

Рассматриваются аспекты создания горнорудного узла по добыче редкометально-редкоземельного сырья в Восточном Приазовье Украинского щита. Предлагается проект создания горнорудного предприятия (горнообогатительный и гидрометаллургический комплексы) по разработке Мазуровского редкометально-полевошпатового месторождения с вовлечением редкоземельных руд Анадольского и редкоземельно-циркониевых руд Азовского месторождений на площадях химико-металлургического завода ГУ «НИОХИМ (бывшего Донецкого ХМЗ), пгт Донское, Волновахского района Донецкой области. Дается стратегический план по годам освоения месторождений в составе горнорудного узла и экономический расчет затрат финансовых средств для разработки Мазуровского месторождения.

ASPECTS OF CREATING MINING COMPLEX FOR PRODUCING RARE METAL IN AZOV

Ponomarenko A.N., pan.igmof@gmail.com;
Sheremet Ye.M., evgsherem53@gmail.com;
Kozar N.A., geolog46@ukr.net;
Strekozov S.N., ssss2116@gmail.com;
Shpilevoy L.V., mineralltech.azov@gmail.com,
Kryvdik S.G., kryvdic@ukr.net;
Sietaja L.D., lasetaya@gmail.com
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation, Kiev, Ukraine

The aspects of creation of mining knot of the booty of rare metal-earth elements and feldspar raw material are examined in East Priazov of the Ukrainian shield. The project of creation of mining enterprise ((separation factory and hydrometallurgical complex) is offered on development of Mazurovka of raremetal-feldspar deposit with involving of rare-earth ores of Anadol and rare-earth-zirconia ores Azov deposits on the areas of chemical- metallurgical plant of ГУ "НИОХИМ (former Donetsk ChMP), settlement of municipal type Donskoe, of district Volnovacha of the Donetsk area. A strategic plan on the years of mastering of deposits in composition a mining knot and economic calculation of expenses of financial means is given for development of the Mazurovka deposit.

Мы возвращаемся к теме создания редкометально-редкоземельной отрасли Украины, связанной с инвестиционной привлекательностью редкометально-редкоземельных месторождений Приазовского мегаблока Украинского щита [1-4]. Авторы рассматривают аспекты создания горнорудного узла в Восточном Приазовье на промышленных площадях ранее работавшего Донецкого химико-металлургического завода (ДХМЗ), пгт. Донское, Волновахский район Донецкой области.

Целесообразность разработки Мазуровского редкометально-полевошпатового месторождения как основы редкометально-редкоземельного горнорудного узла.

Экономическая целесообразность и инвестиционная привлекательность наиболее подготовленных для эксплуатации месторождений – Азовского цирконий-редкоземельного, Мазуровского тантал-ниобий-цирконий–нефелин-полевошпатового и Анадольского редкоземельного – были нами рассмотрены ранее [1-4]. Для создания горнорудного узла наиболее привлекательным является Мазуровское месторождение, которое ранее разрабатывалось, кроме того – техногенное месторождение отходов обогащения его выветрелых руд и промплощадки ДХМЗ. По проекту переработка этих руд будет производиться на месте. На Азовском месторождении обогащать руды планируется на самом месторождении, а гидрометаллургическую переработку полупродуктов и черновых концентратов осуществлять на предприятии ВостГОК (г. Желтые Воды). При глубокой переработке продуктов обогащения Мазуровского месторождения с получением оксидов или других соединений редких металлов в качестве альтернативы «ВостГОК» должен рассматриваться также бывший ДХМЗ (ликвидирован Постановлением КМУ в 1999 г., имущество передано в 2015 г. на баланс Харьковского института НИОХИМ).

Инвестиционная привлекательность группы месторождений в составе горнорудного узла определяется тем, что Мазуровское месторождение (вместе с техногенным месторождением) находится рядом с ДХМЗ, где сохранилась инфраструктура (хвостохранилище и шламонакопитель); Анадольское рудопроявление – в 6 км от бывшего ДХМЗ, а Азовское месторождение – в 35-40 км, т. е. налицо выгодная логистика. При переработке руд Мазуровского или техногенного месторождений в качестве товарной продукции будут получены нефелин-полевошпатовый Zr-Ta и Ta-Nb концентраты. При переработке последнего можно получить оксиды или химические соединения Ta и Nb. Переработка руд Азовского и Анадольского месторождений позволяет дополнительно получить REE-концентраты.

Мазуровское месторождение имеет необходимую инфраструктуру. Оно расположено в 12 км от железнодорожной станции Волноваха на землях промышленного назначения государственной собственности, в 1 км от него проходит автомобильная дорога государственного значения Мариуполь-Донецк. Через месторождение проведены две высоковольтные электросети 110 кВ. К промышленной площадке завода подведены газораспределительные сети высокого давления и водопроводы технической воды с Вали-Тарамского водохранилища и Южно-Донбасского канала. ДХМЗ, как и месторождения (коренное и техногенное), расположен в 400-600 м от поселка.

Во время деятельности ДХМЗ (1939-1992 гг.), обслуживавшего Мариупольское (Мазуровское) месторождение руд Zr, производились следующие продукты: цирконовый концентрат – технический и чистый; двуокись циркония, стабилизированная Ca, Y или Sc;

различные соли циркония – соединения, порошки и слитки; цирконий йодидный; гафниевый концентрат; двуокись гафния; порошок и слитки гафния металлического. Вначале использовали местную циркониевую руду, а позже, после закрытия карьера – цирконовый концентрат Вольногорского ГМК (Днепропетровская обл.).

Ожидаемые технико-экономические показатели освоения месторождений в составе горнорудного узла показаны в табл. 1-2.

Таблица 1. Главные технико-экономические показатели освоения Азовского месторождения

Наименование показателей	Варианты оценки	
	Подземный способ	Открыто-подземный способ
Годовая производительность предприятия		
– по добыче и обогащению рулы, тыс. т	800,0	800,0
– по триоксидам редкоземельных элементов, тыс. т, всего	6,78	7,08
– по цирконовому концентрату, тыс. т	16,3	17,0
– по полевошпатовому концентрату, тыс. т	175,9	175,9
Стоимость продукции за весь период разработки, млн дол.	1 948,04	2 013,85
Прибыль после оплаты всех налогов, платежей и сборов:		
– годовая, тыс. дол.	16 116,7	16 647,8
– за весь период разработки, млн дол.	493,17	509,3
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	7,7	7,8
Прибыль Государства от промышленного освоения месторождения:		
– годовая, млн дол.	**9,59**	**9,91**
– за весь период разработки (30 лет), млн дол.	**293,5**	**303,2**

Таблица 2. Ожидаемые технико-экономические показатели разработки Мазуровского и Анадольского месторождений

Наименование показателей	Месторождение	
	Мазуровское	Анадольское
Годовая производительность предприятия		
– по добыче и обогащению рулы , тыс.т	150,0	32,0
– по триоксидам редкоземельных элементов, тыс. т, всего	-	1377
– по цирконовому концентрату, тыс. т	1,074	
– по полевошпатовому концентрату, тыс. т	104,76	
– по пирохлоровому промпродукту, тыс. т	0,735	
Стоимость продукции за весь период разработки, млн. грн	3 272173	163 800
Прибыль после оплаты всех налогов, платежей и сборов:		
– годовая, тыс. грн	12 683,19	6,0
– за весь период разработки, млн грн	350,056	126,0
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	4,3	1,25
Прибыль Государства от промышленного освоения месторождения:		
– годовая, млн дол.	**7,793**	**3, 66**
– за весь период разработки, млн грн	**215,09** (30лет)	**76 ,86 (26лет)**

В итоге, по трем рассматриваемым месторождениям прибыль Государства за 30 лет составит **812,7 млн дол.**

Затраты на освоение горнорудного узла

Строительство на каждом месторождении ГОК и химико-металлургического завода требует значительных инвестиций. Капитальные расходы на строительство рудника, обогатительной фабрики с хвостохранилищем и создание необходимой инфраструктуры на Азовском месторождении для добычи и переработки 800 тыс. т руды в год составляют 68,032 млн дол. Это негативно влияет на инвестиционную привлекательность месторождений и перспективы их освоения. Наши расчеты показывают, что при наличии на Азовском месторождении необходимой инфраструктуры, хвостохранилища и промышленных зданий и сооружений необходимый объем инвестиций уменьшится до 22-23 млн дол, а уровень рентабельности вырастет от 26,7 до 74-75 %.

Капитальные расходы на освоение Мазуровского месторождения показаны в табл. 3.

Таблица 3. Предполагаемые затраты на освоение Мазуровского месторождения

№	Виды работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. грн.	Процент
1	Сметная стоимость строительства в том числе:	82 347, 443	100,0
1.1	- строительных работ	24 837,319	30,16
1.2	- монтажных работ и оборудования	57 050,561	69,28
1.3	- иных затрат	1 474,362	1,79

Расчеты показывают, что для создания необходимой инфраструктуры с «нуля» и строительства основных и вспомогательных объектов карьера и обогатительной фабрики сегодня нужно инвестировать около 47 млн дол. Наличие промышленной площадки с незадействованной инфраструктурой рядом с Мазуровским и техногенным месторождениями определяет инвестиционную привлекательность освоения месторождений в составе горнорудного узла.

На этой площадке целесообразной является дальнейшая переработка черновых редкометальных и редкоземельных концентратов, в том числе Азовского месторождения. При транспортировке железной дорогой REE- концентрата от обогатительной фабрики до «ВОСТОК ГЗК» (г. Желтые Воды) затраты составят 7 дол/т, или 49000*7 = 343 000 дол. При транспортировке автотранспортом REE-концентрата от обогатительной фабрики на Азовском месторождении к гидрометаллургическому цеху в пгт. Донское затраты составят 3,2 дол/т, или 156,8 тыс. дол в год с годовой экономией в 186,2 тыс. дол.

Применение на Азовском месторождении радиометрического покускового обогащения руды для дальнейшего магнитно-гравитационного обогащения может сократить расходы в 2-3 раза. Это дает возможность в дальнейшем перерабатывать обогащенные руды Азовского месторождения на фабрике в Донском и снизить затраты на строительство обогатительной фабрики на Азовском месторождении.

Стратегический план создания горнорудного узла

В табл. 4 приведены ориентировочные данные по месторождениям редкоземельных и редкометальных руд Приазовья.

Таблица 4. Запасы руды и полезных компонентов в месторождениях Приазовья

Показатели	Месторождение			
	Мазуровское	техногенное	Азовское	Анадольское
запасы руды, тыс.т	4 486,1	825,740	9 995,0	207,34
оксидов Zr, тыс.т	26, 76	0,857	550,0	-
оксидов РЗМ, тыс.т	-	-	361,0	14,23
оксидов Nb, тыс.т	6 ,04	0,713	-	-
оксидов Ta, т	202,50	-	-	-
полевошпатового сырья	2 990,80	825,740	6 685,0	-
Среднее содержание, ZrO_2 %:	0,60	0,11	2,33	-
Nb_2O_5	0,135	0,09	-	-
Ta_2O_5	0,0045	-	-	-
сума Т R_2O_3	-	-	1,48	6,86

Учитывая комплексный характер руд Мазуровского и Азовского месторождений, низкую экономическую эффективность и убыточность эксплуатации месторождений без полной реализации всех полезных ископаемых, включая нефелин-полевошпатовые материалы, песок и щебень, общие объемы ежегодной добычи и переработки руд (суммарные по двум месторождениям), как и проектная мощность обогатительных фабрик, должны определяться в зависимости от перспектив сбыта полевошпатовых концентратов.

Исходя из анализа рынков сбыта на сегодня, объем производства и реализации полевого шпата на внутреннем рынке прогнозируется на уровне 160-170 тыс. т в год. Такого объема можно достичь при переработке 150 тыс. т в год руды Мазуровского месторождения (или техногенного) и 400 тыс. т в год руды Азовского месторождения. Учитывая небольшие запасы сырья в техногенном месторождении (5-6 лет работы при мощности фабрики 150 тыс. т руды в год), отсутствие необходимости выполнения горно-капитальных и вскрышных работ, наличие проекта разработки карьера и обогатительной фабрики, прошедшего государственную экспертизу, существующие инфраструктуру и производственные

помещения, целесообразно провести первоочередную отработку техногенного месторождения. Это позволит сделать следующее:

– отработать в промышленных условиях технологию обогащения редкометальных руд и получить информацию для проектирования обогатительной фабрики на Азовском месторождении;

– получить цирконовый и пирохлоровый концентраты для научно-исследовательских и опытно-промышленных работ по технологии гидрометаллургической, химической или гидророметаллургической переработки черновых концентратов и полупродуктов;

– получить информацию для проектирования гидрометаллургического цеха;

– наработать связи с потенциальными потребителями и освоить рынки сбыта;

– накопить финансы для проектирования и строительства гидрометаллургического цеха, подготовительных работ на Мазуровском месторождении и дополнительных геологоразведочных работ на Анадольском.

Учитывая незначительные запасы редкоземельного сырья Анадольского месторождения и близость его к Мазуровскому, переработку его редкоземельных руд целесообразно осуществлять на химико-металлургическом заводе, создав для этого опытно-промышленную линию. В результате будут получены необходимые данные для проектирования и строительства ГОК на Азовском месторождении. Фактически Анадольское месторождение станет пилотным объектом для создания производства REE.

Таким образом, в течение 5-6 лет будут созданы предпосылки для одновременного введения в эксплуатацию двух основных месторождений Приазовья – Мазуровского редкометального и Азовского РЗМ-циркониевого. Если на первых этапах работ конечную переработку РЗМ-концентратов можно осуществлять на «Восток ГОК» (Желтые Воды), то в дальнейшем – в п.г.т. Донское. Это позволит снизить затраты лишь на перевозку черновых концентратов вдвое – от 343,0 тыс. дол. до 156,8 тыс. дол. в год.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пономаренко А.Н., Шеремет Е.М., Козарь Н.А., Сетая Л.Д.* Инновационная привлекательность добычи редкоземельного сырья из месторождений юго-востока Украины V международный геологический форум 18–23 июня 2018. г. Одесса, Украина. С.264–266.

2. *Шеремет Е.М., Стрекозов С.Н., Сетая Л.Д.* Азовское редкоземельное месторождение Украинского щита как новый инвестиционно-привлекательный тип промышленных месторождений / IV Международный геологический форум «Актуальные проблемы и перспективы развития геологии, наука и производство», посвященный 60-летию УкрГГРИ, 19–24 июня 2017, г. Одесса, Украина. С. 395–399.

3. *Пономаренко А.Н., Шеремет Е.М., Кривдик С.Г., Козар Н.А., Шпилевой Л.В., Стрекозов С.Н.* Инновационная привлекательность Азовского, Мазуровского и Анадольского месторождений для создания горнорудного предприятия / V1 международный геологический форум 17–21 июня 2019, г. Одесса, Украина. С.

4. Азовское редкометальное месторождение Приазовского мегаблока Украинского щита (геология, минералогия, геохимия, генезис, проблемы эксплуатации) / *Е.М. Шеремет, В.С. Мельников, С.Н. Стрекозов, Н.А. Козар и др*. – Донецк: «Ноулидж» (Донецкое отд.), 2012. – 374 с.

УДК 552.163: 551.24/242.51

ЗОНИ ІНДЕНТОРНИХ ЗСУВІВ ТА ПРИНЦИПОВА ДИСЛОКАЦІЙНА ЗОНА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА: ЇХ РОЛЬ У СИНКІНЕМАТИЧНОМУ МАГМАТИЗМІ

Привалов В.О.[1], Панова О.А.[2]
1 – д-р геол. наук, професор, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України, Київ, Україна, vitaliy.privalov@gmail.com, 2 – канд. геол.-мін. наук, провідний науковий співробітник, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України, Київ, Україна, olena.panova@gmail.com

У дослідженні простежено положення глибоко залягаючих зон сколювання, котрі перетинають Сарматський сегмент Східно-Європейського кратону. Ці інденторні зсувні зони за генезисом вірогідно генетично похідні від напруг вдавлювання внаслідок зіткнення Волго-Уралії та Сарматії в період 2,1-2,0 млрд років тому. Наступна геотектонічна подія, коли Фенноскандія зіткнулася з Волго-Сарматією близько 1,9–1,8 млрд років тому, мала вирішальне значення для локалізації деформацій у достатньо вузьких областях, уздовж декількох транскорових зсувів, що складають принципову дислокаційну зону (ПДЗ) Українського щита. У зв'язку з цим, обговорюються особливості структурного контролю локалізації та морфологічних ознак синкінематичного магматизму декількох великих інтрузивних систем та плутонів, що вкорінилися на рубежах 2.06-1.97 та 1.8-1.74 млрд років тому, у відповідності з окресленими механізмами транскорових зсувів та локалізації ділянок локального розтягу в межах Українського щита.

INDENT-LINKED STRIKE-SLIP ZONES AND THE PRINCIPAL DISPLACEMENT ZONE OF THE UKRAINIAN SHIELD: THEIR ROLE IN SYNKINEMATIC MAGMATISM

Privalov V.O.[1], Panova O.A.[2]:
1 – Dr.Sc., Professor, Leading Researcher, M.P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the NAS Ukraine, Kyiv, Ukraine, vitaliy.privalov@gmail.com;
2 – Cand.Sc., Leading Researcher, M.P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the NAS Ukraine, Kyiv, Ukraine, olena.panova@gmail.com

The study depicts the position of deep-seated strike-slip zones crosscutting the entire Sarmatian segment of the East European Craton. These shear zones appear to be genetically consistent with indent-linked stresses resulted from a collision between Volgo-Uralia and Sarmatia at 2.1-2.0 Ga. The further event, when Fennoscandia collided with Volgo-Sarmatia at ca. 1.9–1.8 Ga, was crucial for localizing strains into relatively narrow regions along with the set of en échelon arranged transcrustal shears assembling the principal displacement zone (PDZ) of the Ukrainian Shield. In this regard, the peculiarities of structural control of localization, and morphology of synkinematic magmatism of several large intrusive systems and plutons (emplaced at 2.06-1.97 Ga and 1.8-1.74 Ga) are discussed in relation with delineated transcrustal shear patterns and local releasing jogs within the Ukrainian Shield.

Серед дослідників Українського щита (УЩ) традиційно переважає думка щодо структурного контролю поліциклічного розвитку геодинамічних процесів еволюції на цій ділянці літосфери блоковою будовою. Головними тектонічними одиницями Сарматії є розділені девонським Прип’ятсько-Дніпровсько-Донецьким авлакогеном УЩ і Воронезький кристалічний масив (ВКМ), які зазнали, протягом особливо ранньопротерозойского часу, практично тих же самих наслідків переміщення блоків літосфери, що і реалізувалось у закономірному просторовому розподілі структурних елементів ВКМ і УЩ. Кора Сарматії складається з декількох архейських провінцій віком від 3,75 до 2,8 млрд років і

ранньопротерозойських Осницько-Мікашевицького і Липецько-Лосівського рухливих поясів, які були утворені по її периферії у віковому інтервалі між 2,06 і 1,95 млрд років.

Найдавніші архейські блоки зазнали акреції на рівні протоконтинентів, з подальшим об'єднанням в єдиний континент наприкінці архею. Інтенсивні деформації і накладені тектоно-термальні процеси в палеопротерозої привели до значних метаморфічних і анатексичних перетворень вихідних породних комплексів, формуванню протерозойских утворень - супракрустальних порід, гранітоїдів і інтрузивних порід основного і ультраосновного складу. Ініціальні магматичні, метаморфічні і тектонічні процеси в різних частинах Східно-Європейського кратону (СЄК) - Фенноскандії, Волго-Уралії і Сарматії, почалися приблизно в один і той же час - близько 2,8 млрд років тому. Найбільш важливими подіями в протерозойський час були два імпульсу тектоно-магматичної активізації, пов'язані з колізійними подіями взаємодії принципових сегментів, що складають СЄК. Спочатку в інтервалі 2,1-2,0 млрд років зіткнулися Волго-Уралія і Сарматія, створюючи мегаконтинент Волго-Сарматію [1]. Після цього зіткнення пройшло кілька сотень мільйонів років, перш ніж Волго-Сарматія і Фенноскандія наблизилися один до одного. Починаючи з рубежу 1,8-1,7 млрд років СЄК розглядається як єдиний континентальний масив, на заході якого до 950 млн років відбувалися акреційні і колізійні процеси.

Серед питань, що потребують нагального рішення, є вражаюча особливість Сарматії, в цілому, та Українського щита, зокрема, – це геодинамічні умови виникнення та вкорінення кількох великих інтрузивних комплексів та плутонів (у часових інтервалах 2,06–1,97 млрд років та 1,8–1,74 млрд років), котрі багаті на родовища і рудопрояви рудних корисних копалин (зокрема урану, рідкісних земель), пов’язаних з процесами метасоматозу [2].

За результатами наших досліджень суттєвим елементом інфраструктури Сарматського сегменту є існування на теренах УЩ і ВКМ трьох протяжних зон концентрованої деформації (ЗКД), котрі перетинають кордони між існуючими блоками та зонами (рис. 1). Бічні обмеження цих зон північно-східного простягання витягуються на сотні кілометрів поза межами УЩ і представлені регіональними зсувами. Так західна зона, обмежена площинами Сущано-Пержанського та Тетерівсько-Чорнобильського зсувів. Більш широка центральна ЗКД, обмежена Немирівською зоною зсувної тектоніки. Відносно вузька східна ЗКД (Північноазовський зсув) простежується уздовж узбережжя Азовського моря. Типовими ознаками цих структур є кулісне розташування окремих різномасштабних деформаційних ансамблів параґенезу зон сколювання, утворення тектонічних фацій - породних асоціацій стрес-метаморфічного типу за рахунок кліважування, розсланцювання та мілонітизації; кінематичний контроль розміщення палеопротерозойських інтрузивних комплексів (2,06-1,97 млрд років).

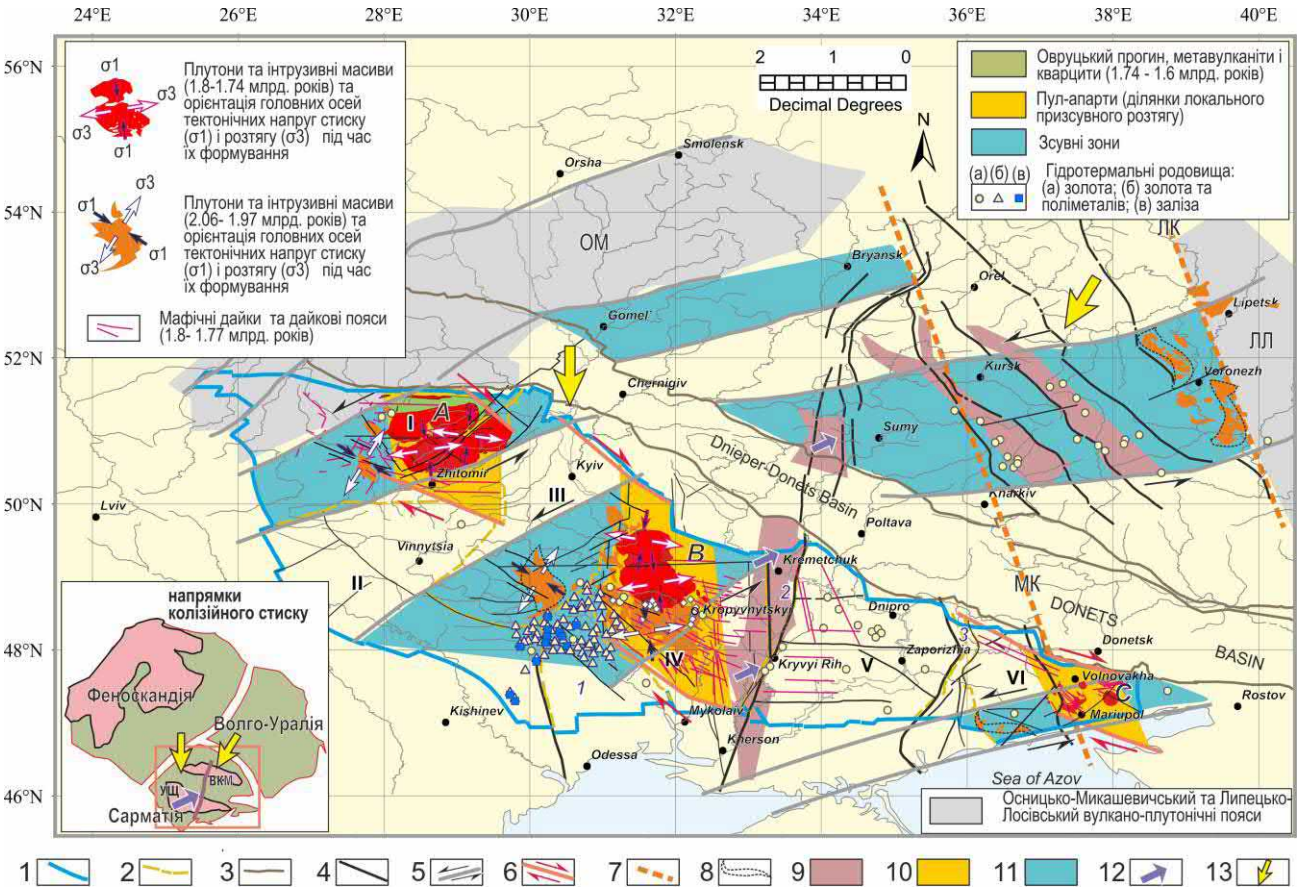


Рисунок 1. Основні тектонічні структури, умови їх тектонофізичної активізації й укорінення інтрузій під час колізійних подій датованих 2.06-1.97 млрд. років та 1.8-1.74 млрд. років та структурний контроль родовищ корисних копалин на теренах сучасної Сарматії

1 – контур УЩ, 2 - межі блоків та зон (римські цифри відповідають блокам: I – Волинський, II – Дністровсько-Бузький, III – Росинсько-Тікицький, IV – Інгульський, V – Середньо-Придніпровський, VI – Приазовський; арабські сині цифри відповідають зонам: 1 – Голованівська, 2 – Криворізько-Кременчуцька, 3 – Оріхово-Павлоградська), 3 – контури ПДД авлакогену, 4 – виходи розломів на денну поверхню, 5 – розломи, що обмежують зони концентрованої деформації інденторного типу (лівозсувні зони), 6 – розломи (праві зсуви) ПДЗ, 7 – транскорові лінеаменти (МК - Маріупольсько-Курський, ЛК - Липецько-Костянтинівський), 8 – області синкінематичних інтрузій S-подібної сигмоїдальної морфології, що кореспондують з тріщинами відриву в межах лівозсувних зон, 9 – зони нерегулярних магнітних аномалій , 10 - пулапарти ***A***, ***B*** і ***C*** (ділянки локального розтягу), 11 – зони концентрованої деформації інденторного типу (лівозсувні зони), 12 - напрямок конвергенції (2,05-1,95 млрд. років) Західно-Сарматської плити під Східно-Сарматську плиту, 13 – напрямок колізійного стиску під час зіткнення Феноскандії та Волго-Сарматії (1,8-1,6 млрд. років).

При аналізі морфології інтрузій цього вікового інтервалу, зокрема великих масивів новоукраїнських та уманських гранітів у межах центральної зони концентрованої деформації на УЩ та гранитоїдів усманського комплексу на подовженні цієї зони на території ВКМ, групи магматичних тіл салтичанського комплексу (Приазов'я) [3] слід зазначити S-подібну геометрію їх контурів. Під час утворення ембріональні тріщини розтягу - еліпсовидні й відкриті, але з часом вони на мікро- та мезорівнях заповнюються жильною мінералізацією або у регіональному сенсі за рахунок поступового розростання та об'єднання слугують осередками укорінення синкінематичних інтрузій. Отже, магматичний розплав направлявся при існуючому градієнті стиску з глибинної магматичної камери в сторону осередків розущільнення, в якості яких виступали тріщини відриву (рис. 2, а).

Саме такий сценарій типовий для інденторних зсувів (indent-linked strike-slip faults), котрі виникають під час колізій континентів за сценарієм косої плитної взаємодії. Отже, три протяжні ЗКД (див. рис. 1) були ініційовані зіткненням Волго-Уралії і Сарматії та розвивались протягом часового інтервалу 2,1-2,0 млрд років тому як транскорові лівозсувні інденторні зони похідні від колізійних процесів. Напрямок колізії – насування Волго-Уралії на Сарматію – субмеридіональний, зорієнтований на південь, можливо в східній частині Сарматії (ВКМ та Приазовський блок) – на південний захід. Принцип, на якому базуються такого типу реконструкції, заснований на тезі про те, що орієнтація континентальних зсувних зон пов'язана з орієнтуванням осей максимальних напружень, викликаних зближенням і колізійною взаємодією плит. Зони регіонального зсуву виникають під кутом ~ 45 °(135 °) відносно вектору колізійного тиску.

Це зумовило лівосторонню активізацію ЗКД та локалізацію у їх межах продуктів переважно внутрішньо-корового магматизму (2,06-1,97 млрд років тому). Цей перший імпульс магматизму на теренах УЩ та ВКМ призвів до наповнення різнорангових тріщин відриву магматичним матеріалом, який за хімічним складом та класифікаційними діаграмами нагадує колізійні гранітоїди. Сучасні зсувні зони інденторного типу характеризуються екстремальною сейсмічністю, і в той, час як архейські та протерозойські зони, особливо розміщені на теренах розвитку зеленокам'яних структур, грають суттєву роль в локалізації епігенетичної золоторудної, золото-поліметалічної, залізорудної мінералізації. Саме такий структурний контроль розміщення гідротермальних родовищ ми спостерігаємо на території УЩ та ВКМ [2].

Результати визначення напружено-здеформованого стану в Уманському і Новоград-Волинському гранітоїдних масивах, під час їх охолодження, довели, що обидва масиви, відстань між якими становить майже 300 км, формувалися в єдиному зсувному полі тектонічних напружень з субгоризонтальним положенням осей стиску σ_1 (азимут 301°) та розтягу σ_3 (азимут 31°). Практично аналогічні результати щодо полів напружень [4] отримано за стереограмами дзеркал ковзання та за парагенезисами тріщин: в Уманському масиві σ_1 – 121°/07°, σ_3 – 219°/06°; в Новоград-Волинському масиві σ_1 – 308°/08°, σ_3 – 208°/08°. Слід зазначити, що ці гранітоїдні масиви віком (2,02–2,05 млрд років тому) лежать у межах центральної та східної зон концентрованої деформації, які зазнали у цей час лівозсувної активізації при субмеридіональній орієнтації осі регіонального стиску σ_1 та субширотній орієнтації осі регіонального розтягу σ_3. На рис. 2, а показано, як в міру входження в контур лівозсувної зони спостерігається ротація (проти годинникової стрілки) локальних тектонодинамічних векторів напруг, в результаті якого вони займають положення зафіксоване за результатами польових тектонофізичних досліджень.

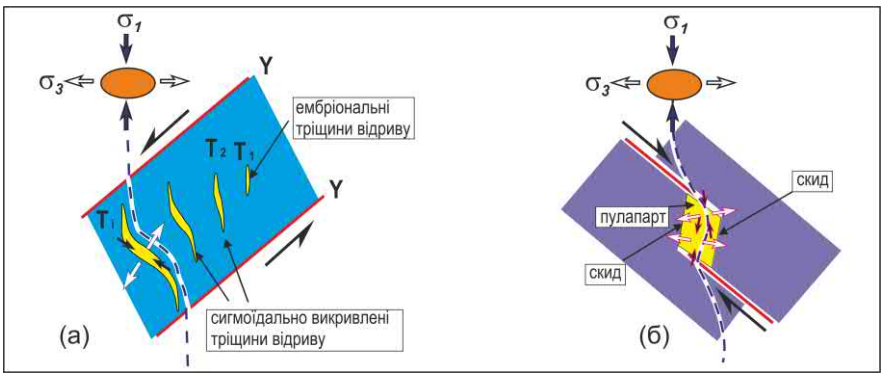


Рисунок 2. (а) - механізми утворення та еволюції S-подібної геометрії тріщин відриву (T_1, T_2… Ti) у межах лівозсувних зон інденторного типу УЩ; (б) - пул-апартів (ділянок призсувного розтягу) у контурі ПДЗ УЩ (зони правостороннього транскорового сколювання). Головні осі σ_1 (стиснення) та σ_3 (розтягнення) – субгоризонтальні.

Етап розвитку тектоно-магматичної активизації УЩ близько 1,8 млрд років співпадає з колізією Сарматії (на той час вже з причленованою Волго-Уралією) та Феноскандинавського сегменту. Вочевидь, ця подія призвела до дестабілізації літосфери, декомпресійного плавлення, утворення мантійних розплавів, а також до метаморфізму і метасоматозу, який сконцентровано розвивався в межах трьох пул-апартів; пул-апарти – призсувні структури локального розтягу, які виникають на ділянках кулісоподібного вигину або перекриття ешелонованих зсувів (рис. 2, б). Саме такі ділянки ешелонованих зсувів (азимут простягань 288…316°) встановлені нами при аналізі цифрових моделей рельєфу SRTM за матеріалами радарних топографічних зйомок та їх похідних, зокрема, та характеристик гідрографічної мережі [2]. Класичний пул-апарт має просторові кордони; принаймні пару кулісно-зчленованих зсувів, перекриття яких обмежено з боків скидами (рис. 2, б). У контурі пул-апарту, який стає своєрідним «вікном» у фундаменті, або навіть на транскорових рівнях, тобто найбільш привабливою ділянкою для нагромадження осадових та вулкано-кластичних відкладів, а в подальшому – депоцентром локалізації осередків магматичних утворень. Слід зазначити суттєву ротацію траєкторій осей σ_1 та σ_3 у центральних частинах ділянок пул-апарту відносно теренів поза його межами (рис. 2, б).

Другий етап розвитку тектоно-магматичної активізації Українського щита (УЩ) близько 1,8 -1,74 млрд років співпадає з колізією Сарматії (на той час вже з причленованою Волго-Уралією) та Феноскандинавського сегменту [1]. Трансрегіональний пояс плутонів та інтрузивних масивів УЩ, що утворився під час цих подій охоплює широке коло петрогенетичних утворень – від гранітів-рапаківі та габро-анортозитів – до сублужних гранітів (Кам'яномогильський, Південнокальчицький масиви) та багатофазних інтрузій Октябрського комплексу (в складі яких помітну роль відігравали лужні, основні та ультраосновні породи). Найбільш відомі інтрузії, що укорінилися під час цього етапу тектоно-

магматичної активізації – це Коростенський і Корсунь-Новомиргородський плутони, котрі складені породами габро-анортозит-рапаківі гранітної формації. Спочатку ці плутони умовно інтерпретувалися як «анорогенні», що виникли в умовах магматичного андерплейтінгу (magmatic underplating), тобто в результаті численних ін'єкцій основних і ультраосновних магм, вплив яких на матеріал нижньої кори ініціював плавлення і формування гранитоїдних інтрузій. Нещодавно було продемонстровано, що ці плутони виникли в тектонічному середовищі розтягу [5]. В кількох наших дослідженнях зафіксовано, що осередки укорінення плутонів та інтрузивних масивів УЩ віком 1,8 -1,74 млрд років просторово тяжіють до трьох ділянок локального розтягу (пул-апартів межах ***A, B*** та ***C***), у контурі транскорового зсуву або принципової дислокаційної зони (ПДЗ), що складається з серій ешелонованих сколів (азимут простягань 288…316°), за умов її правозсувної активізації.

Простягання ПДЗ, в цілому, співпадає з простяганням більш пізнього - девонського Прип'ятсько-Дніпровсько-Донецького авлакогену та принципової дислокаційної зони (ПДЗ) Донбасу [6,7]. Деформації правого зсуву ПДЗ та формування пул-апартів, як осередків локалізації синкінематичних магматичних утворень, на ділянках пар кулісно-зчленованих зсувів є сумісними з внутрішньоконтинентальним полем напружень та субмеридіональним зорієнтованим на південь скороченням, що виникло під час континентального зіткнення Феноскандії та Волго-Сарматії. Прогресивне нарощування інтенсивності колізійної взаємодії призвело до нарощування проявів локального розтягу на ділянках пул-апартів, що відкрило на глибинних транскорових рівнях шляхи руху магми, гідротерм і флюїдів, тобто пул-апарти слугували найбільш сприятливими ділянками для локалізації інтрузивних тіл.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Elming S.A., Shumlyanskyy L., Kravchenko S., Layer P., Soderlund U.* Proterozoic Basic dykes in the Ukrainian Shield: a palaeomagnetic, geochronologic and geochemical study-The accretion of the Ukrainian Shield to Fennoscandia // Precambrian Res., 2010,178, 119- 135.

2. *de Boorder H., Zeylmans van Emmichoven M.J., Privalov V.A.* Distribution of Precambrian iron and gold deposits on the southwestern East European Platform reflected in underlying transcrustal structure and current river systems// Ore Geol. Rev., 2006, 29, 242–259.

3. *Danišík M., Sachsenhofer R., Privalov V.A, Panova E.A, Frisch W., Spiegel C.* Low-temperature thermal evolution of the Azov Massif (Ukrainian Shield-Ukraine) - implications for interpreting (U-Th)/He and fission track ages from cratons //Tectonophysics, 2008, 456,171–179

4. *Мычак, С.В.* Кинематика формирования западной и центральной частей Украинского щита в период 2,05–2,02 млрд лет назад // Геоф. журн., 2015, 37 (1), 83–99.

5. *Гинтов О.Б., Мычак С.В.* Кинематика формирования Украинского щита в период 1,80-1,73 млрд лет назад по результатам изучения трещиноватости горных пород Коростенского и Корсунь-Новомиргородского плутонов //Геоф. журн., 2014, 36(4), 24-36.

6. *Привалов В.А.* Принципиальная дислокационная зона Донбасса // Наукові праці ДонНТУ: Сер. гірн.-геол., 2001, 36, 34–40.

7. Pryvalov V.O.,Panova O.A., Pryvalov A.V. Geology in environmental management issues of the Donbas within the context of its forthcoming restoration // Mineral. Journ., 2020, 42, 76-85.

УДК 622.244.6

ЗНАЧЕННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН НА СТАДІЇ РОЗВІДКИ

М.М. Рой, канд. техн. наук, доцент, національний технічний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна, ongp1@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0415-3819.

Наголошується значення конструктивної досконалості технічних засобів при проведенні випробування свердловин безпосередньо на стаді їх буріння, тобто розвідувальних. Якість проведення дослідження на режимі саме розвідувальних свердловин означає повноту інформативної характеристики досліджуваного об'єкта. Причому, факт зростання інформативності щодо газогідродинамічних характеристик саме розвідувальних свердловин є фактором оперативного реагування при виборі стратегії відносно подальшої технологічної ситуації в свердловині. І оскільки на цей час поки що не існує надійної технології і технічних засобів, які б у повній мірі відповідали вимогам перспективної технології, то без сумніву цьому питанню є сенс приділяти увагу.

IMPORTANCE OF IMPROVING TECHNICAL MEANS FOR GAS WELL EXPLORATION AT THE EXPLORATION STAGE

N.Roy, candidate of technical sciences, associate professor, national university "Poltava Polytechnic named after Yuriy Kondratyuk", Poltava, Ukraine, ongp1@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0415-3819.

The importance of constructive perfection of technical means for testing of exploratory wells is approved, exactly at the stage of their drilling. Quality of research on the mode of exploratory wells means the completeness of the informative characteristics of the object under study. Moreover, the fact that the growth of informativity regarding the gas-hydrodynamic characteristics of exploratory wells is a factor of prompt response when choosing a strategist regarding the further technological situation in the well. And since today there is no reliable technology and technical means, which fully meet the requirements of advanced technology, it is clear that it makes sense to pay attention to this issue.

Підготовка свердловини до проведення будь-якого дослідження – важливий етап, від якого залежать не лише якість отримуваних результатів, а і, як правило, сама можливість проведення потрібних випробувань. У процесі проведення підготовки свердловини можуть проводитися, в залежності від виду передбачуваного дослідження і ступеня облаштування свердловини, різні операції, починаючи від встановлення пересувних містків, лубрикатора на відповідний тиск, вишки для спуску і підйому глибинних приладів у свердловину, перевірки і підключення газопроводу і приладів для вимірювання дебіту, підключення сепаратора для відділення рідинної фази, встановлення приладів для вимірювання устьових тисків, температури, тощо.

Опис пристроїв та апаратури та методів роботи з ними в традиційній літературі дається, як правило, в тому об'ємі, який необхідний, як доповнення до інформації, викладеної в паспортах та інструкціях по експлуатації до них. Вони випускаються заводами-виробниками таких приладів. Якщо ж мова йде про прилади несерійного характеру, роботи з якими ведуться виробничниками, то короткий опис до них використовується як довідковий матеріал.

Випробування та дослідження свердловин можливо проводити відповідно у процесі буріння у відкритому стовбурі свердловини або ж у колоні. Найперша інформація про досліджувані об'єкти отримується при випробуванні свердловин у відкритому стовбурі.

Надалі вона може уточнюватися при випробуванні в колоні. Та випробування у відкритому стовбурі в значній мірі залежить від стійкості стінок свердловини. Саме цей фактор є вирішальним при відкритті свердловини для її роботи при заданій депресії на пласт, та закритті свердловин для відновлення тиску на вибої. Тобто стійкість стінок свердловини є обмежуючим фактором для вибору часу, коли свердловина відкрита і іде інтенсивний приплив пластового флюїду. Випробування в колоні від цього не залежать. Але завдяки знайденим способам дослідження свердловин на одному режимі [1, 2] при певних технологічних обставинах та технічних умовах є можливість проводити випробування свердловин у відкритому стовбурі, тобто в режимі пробної експлуатації. І це є досить цінним, бо відкриває доступ до інформації про досліджувані свердловини.

Дослідження свердловин чи їх випробування є джерелом вихідних даних, які використовуються для отримання газогідродинамічних та фільтраційних параметрів досліджуваних об'єктів шляхом математичного їх оброблення.

Всі відомі методи оброблення кривих припливу і відновлення пластового тиску, отриманих при випробуванні свердловин випробувачами пластів у процесі буріння несуть в собі похибки, оскільки в розрахунках використовується несталий дебіт газу. В розрахунках дослідників основними вимогами для визначення фільтраційних параметрів пластів передбачається в обов'язковому порядку досягнення сталого (постійного) дебіту припливу газу перед закриттям свердловини для запису кривої відновлення тиску.

В зв'язку з цим дослідження газонасичених пластів з викликом газу на поверхню в процесі буріння на сучасному стані геолого-розвідувальних робіт набуває суттєвого значення. Але повною мірою вирішити це питання до цього часу не вдалося. Проте, враховуючи перспективність такого підходу в першу чергу з міркувань економічного та екологічного характеру, слід приділити увагу вдосконаленню технічних засобів, які можуть спростити технологічний підхід до випробування газових свердловин з випуском газу на поверхню та розширити інформативні властивості можливих нових методик, які можуть прийти на зміну традиційним методикам математичного оброблення результатів такого вибору способу дослідження свердловин.

Наведену проблему можливо вирішити в тому числі завдяки розробці глибинного обладнання, яке може дати можливість проведення випробування газових пластів в процесі буріння свердловин з випуском газу на поверхню з досягненням стаціонарного режиму фільтрації для визначенням достовірної характеристики колекторів. Насамперед мова йде про підземне обладнання - запірно-поворотний промивальний клапан, розбурюваний пакер а також вимірювач дебіту газу - в якості елементів наземного обладнання.

Розроблені технічні засоби і технологія дозволяють:

– виконувати продувку свердловини після зниження рівня рідини в бурильних трубах та викликати приплив;

– проводити заміри дебіт газу після досягнення стабілізації припливу газу;

– виконувати подачу промивальної рідини в затрубний і трубний простори свердловини;

– глушіння припливу газу із пласта;

– пряме і зворотне промивання свердловини;

– виконувати дегазацію промивальної рідини під час промивання свердловини;

– як в процесі дослідження, так і під час промивання після завершення випробування здійснювати контроль за тиском в трубах і в затрубному просторі свердловини;

– швидке знімання пакера при виникненні непередбачених ситуацій під час випробування для глушіння роботи пласта стовпом промивальної рідини в затрубному просторі;

– видалення газу з бурильних труб при одночасному їх розходжуванні та промивання свердловини.

Важливим вузлом підземного обладнання є запірний клапан. Разом з циркуляційним клапаном він є елементом компоновки серійного комплекту випробувача пластів. За допомогою запірного клапана можливо здійснювати один чи два цикли припливу газу з пласта, відновлюючи після кожного припливу тиск до статичного значення. При цьому циркуляційний клапан з'єднує трубний і затрубний простори випробувального інструменту і забезпечує після закінчення випробування промивання свердловини. Та у випадку накопичення вище циркуляційного клапана великої (300–500 м) товщі газу дуже часто вони не спрацьовують. Через це стає неможливим промивання свердловини для забезпечення зупинки припливу газу з пласта для вирівнювання параметрів промивальної рідини. Ще одним недоліком є неконтрольоване відкриття циркуляційного клапана при відчутних гідравлічних коливаннях рідини, що залита попередньо в бурильні труби. Тому для підвищення надійності і безпеки випробування газонасичених пластів з викликом газу на поверхню (в режимі пробної експлуатації) зроблена спроба створити єдиний вузол – запірно-поворотний промивальний клапан [4]. Він виконує функції запірного і циркуляційного клапанів. Крім того, значні гідравлічні коливання попередньо залитої в бурильні труби рідини не впливають жодним чином на його функціональні дії.

Іншим елементом обладнання, яке доцільно застосовувати в складних геолого-технологічних умовах, є пакер розбурюваний.

Пакер є одним з найважливіших вузлів комплекту випробувального обладнання, тому що його працездатність визначає вдалість чи невдалість всього процесу випробування пласта.

Ще більшого значення набуває це у тих випадках, коли передбачається перебування його на вибої протягом тривалого часу в умовах значних перепадів тиску і високих температурах у свердловині. Саме така ситуація характерна для випробування газонасичених пластів з випуском газу на поверхню, тобто в режимі пробної експлуатації [4].

З метою розширення технічних і технологічних можливостей пакера, які випливають з вимог необхідності тривалого випробування газового об'єкта і значного скорочення часу на усунення можливої аварії, пов'язаної з прихопленням опірного хвостовика, розроблена конструкція пакера розбурюваного діаметром 146 мм.

У випадку виникнення аварійної ситуації, пов'язаної з прихоплення випробувального інструменту, коли натягом бурильної колони пакер зняти не можливо, просто відокремлюють за рахунок обертання інструменту нерозбурювану частину розбурюваного пакера, залишаючи у відкритому стовбурі свердловини лише опірний хвостовик з фільтром та розбурювану частину пакера. В подальшому за спеціальним планом робіт виконують розбурювання залишеного у відкритому стовбурі обладнання – опірного хвостовика та фільтра і залишків розбурюваного пакера, саме розбурюваної його частини.

В якості удосконаленого наземного обладнання слід зупинитися на удосконаленій конструкції вимірювача дебіту газу [5]. З його допомогою контролюється на поверхні дебіт газу з продуктивного пласта. Він фіксує температуру та тиск на усті свердловини.

Крім безперервного вимірювання на усті свердловини протягом всього часу випробування дебіту газу він означає для високодебітних газових свердловин миттєве та безпечне відкриття і закриття свердловини.

Отже, досить часто в промисловій практиці відбуваються ситуації, які потребують обмеження часу нерухомого перебування випробувача пластів на вибої. Тоді в результаті випробування отримані криві припливу та відновлення тиску мають недовідновлений характер. Тоді немає можливості застосувати відомі методики, щоб обробити недовідновлені криві припливу і відновлення тиску. Іншими словами, немає можливості знайти реальні газодинамічну і продуктивну характеристики. В таких випадках задачу визначення газодинамічних і продуктивних характеристик виконують лише після спуску в свердловину експлуатаційної колони, що означає значні матеріальні витрати. Тоді можна використати нову методику оброблення недовідновлених кривих припливу та відновлення тиску [6], не спускаючи експлуатаційну колону, або ж застосувати технологію випробування газових свердловин у процесі буріння, тобто в режимі пробної експлуатації.

З метою корінної зміни напрямку геологорозвідувальних робіт, оперативної оцінки перспективності розвідувальної площі з одночасним здешевленням і прискоренням робіт, базуючись на трьох вищеназваних конструктивних доробках, розроблена технологія

дослідження газових пластів в процесі буріння свердловин. Вона базується на застосуванні удосконалених технічних засобів – запірно-поворотному промивальному клапанові, розбурюваному пакерові, та вимірювачу дебіту газу

Розроблена технологія випробування газових пластів та відповідна схема обв'язки устя свердловин із застосуванням комплексу нового наземного і глибинного обладнання в повній мірі забезпечують освоєння і дослідження газового пласта на стаціонарному режимі, зупинки роботи пласта після завершення випробування і промивку свердловини для вирівнювання параметрів промивальної рідини до величини, яка передбачається геолого-технологічним нарядом на проводку свердловини.

Застосування деяких дослідних зразків розроблених технічних засобів в окремих свердловинах підтвердило їх працездатність, що дає право пропонувати їх до застосування при випробуванні пошукових і геологорозвідувальних свердловин глибиною до 3500 м з випуском газу на поверхню з дослідженням припливу на стаціонарному режимі.

ВИСНОВКИ. Відставання технічних засобів для вимірювання фізичних параметрів газу, таких як температура, тиск, дебіт, при пуску свердловини в роботу і її зупинці, від теоретичних основ дослідження чи випробування свердловин при будь-якому режимі фільтрації, тобто відставання також технології дослідження, обмежують їх застосування у всіх випадках незалежно від фільтраційних можливостей продуктивних колекторів. Тому удосконалення технічних засобів має таке важливе значення. Це настільки важливо, що завдяки цьому є можливість удосконалювати чи створювати нові технологічні підходи при вирішення задач випробування чи дослідження газових свердловин. В свою чергу це дозволить розширити можливості отримання інформації про газогідродинамічні параметри пласта та свердловини і про продукцію, що видобувається з пласта, а також підвищить точність і надійність визначення цих параметрів на всіх досліджуваних об'єктах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. 110657 Україна, МПК(2016.01) E21B 47/00 E21B 43/00; Спосіб дослідження газових свердловин / Матус Б.А., Курилюк Л.В., Славін В.І., Горлачова Л.Ф, Токарєв В.П., Клименко Ю.О.; Заявник і патентовласник Матус Б.А.; заявл. 09.02.2017; опубл. 26.12.2017, Бюл. № 24. 5 с.

2. Пат. 121860 Україна, МПК(2017.01) E21B 47/00; Спосіб дослідження високопродуктивних газових та газоконденсатних свердловин при нестаціонарному режимі фільтрації / Рой М.М.; заявник і патентовласник Рой М.М.; заявл. 09.02.2017; опубл. 26.12.2017, Бюл. № 24. 5 с.

3. Пат. № 28146 Україна, МПК (2006) E21B 33/12 Запірно-поворотний промивальний клапан / Клименко Ю.О., Токарев В.П.,Ластовка В.Г., Рой М.М., Ластовка Ю.В.; заявник і патентовласник УкрДГРІ; заявл. 24.07.2007; опубл.26.11.2007 Бюл. №12.

4. *Рой М.М., Ластовка В.Г.* Перспективність випробування газонасичених пластів у процесі буріння в режимі пробної експлуатації. Тези доповідей науково-технічної конференції «Підвищення ефективності буріння свердловин та інтенсифікації нафтогазовидобутку на родовищах України»16–18 листопада 2010р.р. м. Івано-Франківськ. –С. 62–64.

5. Пат. 139512 Україна, МПК (2020.01). E21B 33/12(2006.01) E21B 47/00 / Вимірювач дебіту газу / Рой М.М.; заявник і патентовласник Рой М.М.; заявл. 07.06.2019, опубл. 10.01.2020, Бюл. №1.

6. *Рой М.М.* Методика оброблення початкових кривих припливу та відновлення тиску для газових свердловин / Микола Рой, Олександр Акульшин // Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2017. – №3. – С. 137–147.

УДК 553.98

ПЕРСПЕКТИВИ УКРАЇНСЬКОГО КРИСТАЛІЧНОГО ЩИТА ДЛЯ НАРОЩУВАННЯ ВУГЛЕВОДНЕВОГО ПОТЕНЦІАЛУ УКРАЇНИ

***Рудько Г.І.*[1]**

1 – доктор геолого-мінералогічних наук, доктор географічних наук, доктор технічних наук, професор, Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна, e-mail: office@dkz.gov.ua

Обґрунтовуються перспективи пошуків скупчень вуглеводнів в породах Українського кристалічного щита в процесі подальшого поглибленого вивчення кристалічних фундаментів осадових басейнів, а також описано новий підхід до проблеми пошуків і розвідки родовищ вуглеводнів.

PERSPECTIVES OF THE UKRAINIAN CRYSTALLINE SHIELD FOR THE EXPANSION OF HYDROCARBON POTENTIAL OF UKRAINE

Rudko H.*[1]*,

1 – Dr. Sci. (Geol.-Mineral.), Dr. Sci. (Geogr.), Dr. Sci. (Eng.), Prof., office@dkz.gov.ua, State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine

Perspectives of prospecting for hydrocarbon accumulations in the rocks of the Ukrainian crystalline shield in the process of further in-depth study of crystalline foundations of sedimentary basins have been substantiated, and a new approach to the problem of prospecting and exploration of hydrocarbon deposits in worldwide practice has been described.

Вступ. У минулому нафтові і газові родовища в утвореннях фундаменту були відкриті в основному випадково. Традиційний спосіб мислення в минулому полягав у тому, що фундамент в основному щільний і не виправдовує витрат на вивчення [1].

Пошук вуглеводнів (ВВ) на великих глибинах є непростим завданням, про що свідчить низька успішність пошуково-розвідувальних робіт, яка для більшості нафтогазоносних басейнів світу не перевищує 30 %, а при пошуках нафти в фундаменті – істотно нижча. Складність прогнозу покладів на великих глибинах полягає в тому, що в катагенноперетворених породах низів осадового чохла і особливо в породах кристалічного фундаменту практично відсутні витримані по площі порові колектори і відповідно обмежені умови для латеральної міграції вуглеводнів (ВВ). Відповідно до цього можна вважати, що на великих глибинах моделі басейнової міграції при прогнозах формування покладів ВВ є необґрунтованими. Виникла необхідність нових теоретичних обґрунтувань пошуку покладів ВВ в кристалічних породах фундаменту [2].

Виклад основного матеріалу. Нині в нафтогазовій геології відбувається наукова революція. На зміну гостро конкуруючим органічній і мінеральній гіпотезам походження нафти і газу приходить біосферна концепція нафтогазоутворення. Вона відносить нафту і газ до корисних копалин планети, які поповнюються при експлуатації родовищ, а самі родовища вважає пастками рухомого вуглецю, що циркулює через земну поверхню в трьох циклах кругообігу. До створення біосферної концепції суперечка між прихильниками органічної і мінеральної гіпотез йшла з питання, який із двох геологічних циклів домінує в утворенні нафти і газу. Прихильники першої стверджували, що нафта і газ виникають в самих родовищах з

органічної речовини, що надходить «зверху» – з земної поверхні. Тоді як прихильники другої наполягали, що газонафтові ВВ надходять в родовища «знизу» – з глибоких земних надр, де вони і утворюються. Участі у нафтогазоутворенні біосферного циклу ніяк не передбачалося. Але саме він грає головну роль в поповненні ВВ родовищ, що розробляються.

У біосферній концепції поняття «органічний і неорганічний вуглець», «нафтогазовий потенціал надр», «біогенний і абіогенний генезис ВВ», «осадовий чохол», «кристалічний фундамент», «глибинна дегазація», «нафтоматеринські світи» або позбавлені фізичного сенсу, або не важливі. Так, очевидно, що в природі немає «органічного» і «неорганічного» вуглецю, а є просто вуглець, який при хімічних реакціях змінює свій ізотопний склад.

Існує тільки один механізм, у якому донором водню в ВВ служить вода, а донорами вуглецю є органічна речовина, розчинена у воді CO_2 і вуглецевмісні мінерали. При цьому підземні води розкладаються на кисень і водень. Саме цей процес створює дегазацію, а не надходження CH_4, H_2, CO_2, N і ін. газів по «каналах дегазації» з «глибоких надр» Землі.

За допомогою цієї гіпотези можливо пояснити практично всі невирішені проблеми по нафті і газу [3]:

– протиріччя між біогенною і абіогенною концепціями;

– поповнення запасів нафти в виснажених родовищах без наявності каналів;

– наявність слідів і запасів нафти в сланцях, магматичних породах;

– вік вуглеводнів, наявність в нафті короткоживучих ізотопів;

– відмінність ізотопного складу вод нафтових і газових родовищ від інших типів вод;

– відмінність ізотопного складу вуглецю болотного газу від вуглецю нафти (природного газу);

– вплив космічних факторів та ін.

Проведене моделювання процесу поповнення запасів показало, що інтенсифікація видобутку провокує зростання надходження нафти, при цьому спостерігається деякий період запізнювання. У зв'язку з цим повинні існувати оптимальні темпи відбору по родовищу.

Отримані результати свідчать, по-перше, про те, що нові уявлення про формування родовищ вуглеводнів можуть кардинально змінити систему нафтовидобутку, методику пошуків і освоєння родовищ і, по-друге, про доцільність організації подальших теоретичних і експериментальних досліджень проблеми природного поповнення запасів нафтових родовищ спільно з компаніями-надрокористувачами і за активної і зацікавленої підтримки державних органів з вивчення та використання земних надр.

Довгий час при постановці геологорозвідувальних робіт колектори ВВ у породах фундаменту були недооцінені. Однак у різних регіонах світу скупчення нафти і газу в породах фундаменту відкриті й промислово розробляються.

Породи кристалічного фундаменту мають великий вплив на якість колекторів нафти і газу в ряді басейнів світу, включаючи Азію (Індонезія, Китай, В'єтнам і Індія), Росію, Близький Схід (Ємен), Африку (Алжир, Лівія і Єгипет), Південну Америку (Венесуела і Бразилія), США (Каліфорнія і Канзас) і Північне море (Великобританія на захід від Шетландських островів і Норвегії).

До теперішнього часу в утвореннях фундаменту в світі відкрито близько 500 родовищ нафти і газу, у тім числі великих і гігантських, таких як Білий Тигр (В'єтнам), Ауджа-Нафура (Лівія), Ля-Пас і Мара (Венесуела), Рамадан (Єгипет), Вілмінгтон (США) та ін., сумарні запаси яких перевищують 10 млрд т.

ВВ акумулюються в інтрузивних, ефузивних, метаморфічних і катакластичних породах фундаменту з вторинною пористістю. Катаклазити (пов'язані з розломами породи, які утворюються при тендітних деформаціях при високих значеннях тиску) мають високу вторинну пористість. Процес утворення катаклазитів відіграє важливу роль у тотальній вторинній пористості деформованих порід фундаменту. Наявність колекторів нафти і газу в метаморфічних і магматичних породах є загальновизнаним фактом; очевидно, настав час враховувати катакластичні породи в якості колекторів при плануванні геологорозвідувальних робіт.

Найпродуктивніші нафтогазові родовища в утвореннях фундаменту знаходяться в сильно тріщинуватих породах. Кращими типами порід є тріщинуваті кварцити або граніти, так як вони крихкі й тому руйнуються оптимально. Тріщинуваті гнейси є низькопродуктивними колекторами, так як вони можуть бути масивними, щільними або товстими з відкритими тріщинами, паралельними напрямку слойки. Породи, такі як гнейси і сланці, є пластичними і мають тенденцію «розмазуватися» і не руйнуватися під впливом тектонічного стресу. Філіти і тонкошаруваті сланці найменш привабливі, оскільки такі породи не є крихкими, вони шаруваті й пластичні та погано руйнуються. Вивітрілі гранітні породи фундаменту також можуть бути відмінними колекторами.

Оскільки сьогодні Україна значною мірою залежить від імпорту енергоресурсів, насамперед, природного газу, першочерговим завданням для нашої країни є пошук нових джерел енергетичного забезпечення. Цьому сприяють значне скорочення запасів нафти і газу з традиційних пластів на розроблюваних родовищах. Це визначає необхідність зміщення напрямків геофізичних робіт на підвищення ефективності досліджень за рахунок вибору раціонального підходу для вивчення складнопобудованих і малорозмірних об'єктів і збільшення глибини досліджень.

Для цього важливо провести оцінку можливої нафтогазоносності відкладів і порід фундаменту за рахунок виділення перспективних ділянок покладів вуглеводнів, у тім числі і в породах кристалічного фундаменту.

Нафтогазоносність регіонів України обумовлена особливостями їх геологічної будови, геодинамічною еволюцією. Багато дослідників підтвердило також зв'язок між тектонікою літосферних плит і закономірностями розміщення родовищ вуглеводнів. У різних регіонах було встановлено, що зони нафтогазонакопичення приурочені до глибинних розломів, найактивніших у сучасну епоху.

Із виявлених більш ніж 245 родовищ нафти і газу, промислова нафтоносність встановлена до глибини 5100 м (Карайкозівське родовище), газоносність – до 6300 м (Перевозівське родовище). Родовища із скупченнями вуглеводнів на глибинах понад 5000 м зосереджені в основних нафтогазоносних районах западини, що приурочені до центральної приосьової і крайових зон грабену.

Прикладом вдалого поєднання одночасного вирішення задач визначення промислової нафтогазоносності платформних відкладів та утворень фундаменту є Північний борт Дніпровсько-Донецького авлакогену. Тут, у докембрійських кристалічних породах поклади нафти і газу відкриті на дев'яти родовищах [5].

На Північному борті Дніпровсько-Донецького авлакогена (ДДА) Східноєвропейської платформи перша нафта одержана в свердловині № 1 в 1985 р. (69 м^3/добу нафти і 99 тис. м^3/добу газу на 12 мм штуцері з глибини 3200–3280 м) з утворень докембрійського кристалічного фундаменту (гранітів) на Хухринській площі [6].

В 1987 р. на Північному борті відкрито крупне Юліївське нафтогазоконденсатне родовище. Першовідкривачем стала свердловина № 2 – Юліївська, яка була обґрунтована на пошуки в ній нафтогазоносних об'єктів в розрізі фундаменту (за даними ГДС продуктивні горизонти в осадовому чохлі в цій свердловині були відсутні) [7]. Поверхня порід кристалічного фундаменту в свердловині Юліївська-2 була розкрита на глибині 3464 м. З інтервалу 3636–3735 м (фільтр) і 3435–3800 м (відкритий стовбур) на 7 мм штуцері одержано 77 тис. м^3/добу газу і 13,5 м^3/добу конденсату, тобто продукцію одержано з глибини 172–336 м нижче від поверхні фундаменту. При випробуванні інтервалу 3468–3486 м (4–22 м від поверхні фундаменту) на 6 мм штуцері одержано 172 тис. м^3/добу газу і 7,6 м^3/добу конденсату. Абсолютно вільний дебіт газоконденсатної суміші з фундаменту склав 2768 тис. м^3/добу.

Цими відкриттями було встановлено наявність двох і більше продуктивних горизонтів у породах докембрійського кристалічного фундаменту на Північному борті ДДА, представленому гранітами та іншими утвореннями. Свердловиною Юліївська-10 ці результати

були підтверджені – породи фундаменту тут були розкриті на глибині 3541 м, з інтервалу 3618–3687 м одержано нафту дебітом 45 м^3/добу, з інтервалу 3545–3560 м – газ, дебітом 210,3 тис. м^3/добу і конденсат дебітом 26 м^3/добу.

Для розширення доказової бази пошуку продуктивних докембрійських пасток проаналізовано та систематизовано основні геологічні закономірності результативного випробування докембрію на Хухрянському, Юліївському та Коробочкинському пошуково-розвідувальних полігонах, які були пілотними ділянками його вивчення. Основні риси будови полігонів і характерні параметри виявлених на них продуктивних резервуарів наведено в роботі [9].

Хухрянський пошуково-розвідувальний полігон, де продуктивність докембрію виявлено на однойменній і Чернеччинській площах. Докембрійське ложе полігону залягає на глибині до 4100 м.

Юліївський пошуково-розвідувальний полігон. Основні припливи з КФ отримані на Юліївській, Скворцівській і Наріжнянській площах. Поклади вуглеводнів приурочені, в основному, до прирозломних зон північних схилів горстових виступів кристалічного фундаменту (ВКФ). Сформовані вони тектонопарою, що складена прямим і зворотним скидами.

Коробочкинський пошуково-розвідувальний полігон. Максимальна глибина його занурення сягає відмітки мінус 5000 м. Промислові припливи вуглеводнів у докембрії отримані на Коробочкинській, Білозірській і Гашинівській площах.

Породи-колектори кристалічного фундаменту, як правило, повністю чи частково змінені гідротермально-метасоматичними процесами. Розглянутий матеріал безумовно ще далекий до представницької статистичної вибірки, тому неможливо зробити правильний висновок, який тип вуглеводневих флюїдів найпоширеніший у докембрії та з якими породами найчастіше пов’язана його нафтогазоносність [8].

Визначення ефективності виявлення колекторів і оцінки їх нафтогазоносності за результатами ГДС в породах кристалічного фундаменту ДДЗ. Пошуковими та розвідувальними свердловинами в межах північного борту ДДЗ розкриті кристалічні породи різного походження і складу – граніти, гнейси, діорити, магматити, серпентиніти, діабази, катаклазити, мілоніти та інші. В розрізах більшості свердловин встановлено наявність кори вивітрювання корінних порід з різною товщиною елювіальної частини.

До теперішнього часу ще немає великої кількості напрацьованих даних для того, щоб зробити узагальнені висновки за результатами випробувань різноманітних порід фундаменту, але основні риси і особливості продуктивних об’єктів встановлюються досить чітко.

Кора вивітрювання в розрізах свердловин захвачує різний об'єм кристалічних порід і має неоднакову глибину навіть в межах однієї площі. В цій корі часом спостерігається збільшення тріщинуватості і пористості знизу вверх, але частіше межа між елювієм і корінними породами нечітка. На діаграмах геофізичних методів видно поступовий перехід від однієї зони до іншої, що обумовлено різною інтенсивністю процесів вивітрювання в нижніх і верхніх частинах кори.

Очевидно, що виникнення кращих вміщуючих властивостей порід слід очікувати, в першу чергу, в тих зонах кори вивітрювання, де процес вилуговування розчинних продуктів проходив найінтенсивніше, що при інших однакових умовах пов'язано з типом кристалічних порід, їх хімічним складом і будовою. Тому при інтерпретації результатів ГДС необхідно знати, які саме гірські породи пройдені свердловиною в різних інтервалах розрізу. Це також важливо для виявлення зон тріщинуватості, оскільки породи, які вивчаються, в цілому неоднорідні, складені мінералами з неоднаковими коефіцієнтами пружності і розширення, що при відповідних умовах призводить до утворення тріщин в кристалічних породах. Крім того, хімічний склад цих порід, як відомо, надзвичайно різноманітний і відповідно впливає на деякі вимірювання величин, особливо при радіоактивному та електричному методах дослідження свердловин.

Аналіз результатів ГДС по свердловинах центральної частини північного борту ДДЗ показує, що для ефективного виявлення колекторів в кристалічних породах потрібний комплексний підхід. Якщо, наприклад, на діаграмах нейтронних методів окремі ділянки кристалічних порід виділяються за ознаками колектора, то обов'язково в тих же інтервалах необхідно мати дані про їх щільність по кривих гама-гама-щільнісного каротажу (ГГКщ), які залежать в основному від питомої ваги речовин, а не від їх хімічного складу. Це, в першу чергу, відноситься до магматичних масивів з підвищеним вмістом слюд, які приурочені, головним чином, до кислих інтрузивних порід і кристалічних сланців.

Через присутність в слюдах значної кількості водню (гідроксильні групи, молекули зв'язаної води), а в літійових різновидах – домішок берилію, породи, що їх вміщують, часто відмічаються чіткими мінімумами на діаграмах нейтронних методів, що в інших умовах служить ознакою пористості (колектора). В той же час на діаграмі щільності порід (метод ГГКщ) проти таких мінімумів відмічається протилежна картина завдяки підвищеній питомій вазі слюд відносно середнього рівня цього параметра у вміщуючих породах.

Наведене вище в значній мірі відноситься також і до акустичного методу, на результатах якого спостерігається вплив листуватої будови слюдистих порід, коли вони знаходяться ще в консолідованому стані. Тому результати АК також слід аналізувати одночасно з даними ГГКщ.

Найбільшою вірогідністю виявлення тріщинуватих зон в кристалічному фундаменті характеризується комплекс МБК-АК чи БК-АК. Інтервали залягання тріщинуватих порід на кривих мікробокового методу однозначно виявляються чітким зменшенням електричного опору відносно щільного оточення. Дуже цінну інформацію про наявність тріщин та кути їх падіння в породах дають результати широкосмугового акустичного каротажу (АКШ). Інтерпретація даних АКШ вказує на значну чутливість поперечних хвиль до впливу тріщинуватості на час їх проходження і амплітудно-частотний спектр.

Щодо кількісної оцінки ступеня нафтогазонасиченості колекторів «кристалічного» походження, то його однозначного вирішення на даний час немає. Це пов'язано зі складною будовою самої кори вивітрювання, особливо її елювіальної частини. Для отримання відповідних залежностей між коефіцієнтом збільшення опору і коефіцієнтом нафтогазонасичення особливе значення має всебічне і глибоке вивчення керну, піднятого із різних зон кори вивітрювання, тому що за результатами геофізичних досліджень очевидна їх індивідуальна характеристика. Особливо це відмічено в зонах повної дезінтеграції корінних порід, де спостерігається аномальність геофізичних величин і параметрів. Прив'язка особливостей геофізичних характеристик до петрофізичного складу розкритих порід сприяє виділенню за даними ГДС розущільнених зон, визначенню коефіцієнтів пористості порід з достатньою точністю, обґрунтуванню нижньої межі колекторських властивостей в розущільнених породах.

Висновки. Наведені характерні результати випробувань перспективних об'єктів у породах кристалічного фундаменту вказують на необхідність проведення дослідних робіт для оцінки їх ефективної проникності за даними геофізичних методів, оскільки навіть при значній пористості притоків часто не спостерігається. Необхідно визначити напрями, по яких чіткіше проявляються підлягаючі аналізу зміни та провести кореляцію розрізів свердловин по площах, де отримано припливи вуглеводнів з порід фундаменту.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Баренбаум А.А.* Научная революция в проблеме нефтегазообразования: «глубинная дегазация» и «углеводородный потенциал недр» в свете новых представлений. Углеводородный и минерально-сырьевой потенциал кристаллического фундамента: Материалы Международной научно-практической конференции. Казань: Изд-во «Ихлас», 2019. С. 33–36.

2. *Киреева Т.А.* Гидрохимические критерии нефтеносности фундамента. Углеводородный и минерально-сырьевой потенциал кристаллического фундамента:

Материалы Международной научно-практической конференции. Казань: Изд-во «Ихлас», 2019. С. 66–69.

3. *Иктисанов В.А.* Причины восполнения запасов нефти и необходимость пересмотра перспектив длительно разрабатываемых месторождений. Углеводородный и минерально-сырьевой потенциал кристаллического фундамента: Материалы Международной научно-практической конференции. Казань: Изд-во «Ихлас», 2019. С. 51–53.

4. *Кёнинг Т.* Поисковые работы на нефть и газ в Азии и Африке в естественно-трещиноватых коллекторах фундамента: лучший мировой опыт и усвоенные уроки. Углеводородный и минерально-сырьевой потенциал кристаллического фундамента: Материалы Международной научно-практической конференции. Казань: Изд-во «Ихлас», 2019. С. 20–24.

5. *Рудько Г.І., Махамбетова М.С.* Перспективи нафтогазоносності України на великих глибинах. Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Четвертої міжнародної науково-практичної конференції (6–10 лист. 2017 р., м. Трускавець). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). Т. 2. К.: ДКЗ, 2017. С.

6. *Гожик П.Ф., Чебаненко І.І., Краюшкін В.О.* та ін. Нафтогазоперспективні об’єкти України. Наукові і практичні основи пошуків вуглеводнів в Азовському морі. Київ, 2006. С. 183–204.

7. *Чебаненко И.И., Краюшкин В.А., Клочко В.П* та ін. Нефтегазоперспективные обьекты Украины. Нефтегазоносность фундамента осадочних бассейнов. К.: Наук, думка, 2002. 296 с.

8. *Лебідь В.П., Раковська О.Л.* / Аналіз нафтогазопроявів у докембрійському кристалічному фундаменті Дніпровсько-Донецького розсуву з метою прогнозу будови продуктивних пасток. Збірник наукових праць УкрДГРІ. № 2 2014. С.61–75.

УДК 553.6

ГІРНИЧО-ХІМІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ УКРАЇНИ

Рудько Г.І.[1], Гайдін А.М.[2],
1 – доктор геолого-мінералогічних наук, доктор географічних наук, доктор технічних наук, професор, Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна, e-mail: office@dkz.gov.ua;
2 – кандидат геолого-мінералогічних наук, старший науковий співробітник, ТзОВ "Інститут "ГІРХІМПРОМ", Львів, Україна, e-mail: anatoliy.haydin@gmail.com.

Україна має багату сировинну базу для розвитку гірничо-хімічної промисловості, значні запаси у розвіданих і перспективних родовищах. Наведено дані про родовища калійних і кам'яної солей, самородної сірки, апатиту, фосфориту, а також про вторинні ресурси – відходи збагачення корисних копалин, шахтні розсоли та ін. Крім природних родовищ корисних копалин у зонах діяльності колишніх гірничо-хімічних підприємств накопичені різноманітні відходи, які слід розглядати як техногенні родовища.

MINING AND CHEMICAL POTENTIAL OF UKRAINE

Rudko H.[1], Haidin A.[2],
1 – Dr. Sci. (Geol.-Mineral.), Dr. Sci. (Geogr.), Dr. Sci. (Eng.), Prof., office@dkz.gov.ua, State Commission of Ukraine on Mineral Resources, Kyiv, Ukraine
2 – Limited Liability Company "GIRHIMPROM", Lviv, Ukraine, e-mail: anatoliy.haydin@gmail.com.

Ukraine has a rich raw material base for the development of the mining and chemical industry, there are significant reserves in proven and prospective deposits. The data on deposits of potassium and rock salts, native sulfur, apatite, phosphorite, as well as secondary resources – waste from enrichment of minerals, mine brines, etc., has been given. In addition to natural mineral deposits, various kinds of waste, which should be considered as technogenic deposits, have been accumulated in the areas of activity of former mining and chemical enterprises.

Вступ. Сільському господарству України вкрай потрібні мінеральні добрива, стимулятори росту, засоби боротьби з шкідниками та інші хімічні продукти. Україна має багату сировинну базу для розвитку гірничо-хімічної промисловості, значні запаси у розвіданих і перспективних родовищах. Відкрито і розвідано близько 4 тис. родовищ, з яких майже 2 тис. розробляються чи розроблялися [1]. Окрім природних родовищ корисних копалин, в зонах діяльності колишніх гірничо-хімічних підприємств накопичені різноманітні відходи, які доцільно розглядати як техногенні родовища.

Калійна сіль

Більша частина запасів калійної сировини зосереджена у Передкарпатті. Соленосний басейн простягається смугою довжиною 230 км від Румунії до Польщі. Державним балансом запасів обліковується 13 родовищ калійно-магнієвих солей. Розвідані запаси руди складають близько 4,3 млрд т, (457 млн т K_2O). Перспективні та прогнозні ресурси дорівнюють 3,9 млрд т [2].

Калійні руди Передкарпаття полімінеральні. Основними мінералами є галіт (NaCl), лангбейніт ($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$), каїніт ($KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$), полігаліт ($K_2Ca_2Mg[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$), кізерит ($MgSO_4 \cdot 3H_2O$). Крім того, в руді присутні нерозчинні домішки, переважно глинисті, в кількості від 10 до 16 %.

Стебницьке родовище. Запаси сирої солі на Стебницькому родовищі за категорією В становлять 1087 млн т, C_2 – 119 млн т. В експлуатації були два рудника. Видобуток калійної солі на мінеральні добрива розпочався 1922 року, але великих масштабів досяг у 1946 році, коли потужність рудника № 1 довели до 1 млн т руди в рік. Нині технічний стан рудника № 1 в цілому задовільний, проте за майже 20 років простою частина обладнання потребує заміни. Рудник придатний також для створення в ньому оздоровчо-туристичного об'єкту, зважаючи на сусідство з курортом Трускавець. Планується відновити видобуток руди на пласті № 19. Розкриті запаси руди становлять 3,84 млн т, з них підготовлених 2,87 млн т, а готових до виїмки 0,427 млн т. Однак відсутність збагачувальної фабрики ставить рентабельність діяльності під сумнів.

Рудник № 2 вступив у дію в 1963 р. Після прориву дамби хвостосховища в 1983 році було вирішено спинити збагачувальну фабрику і побудувати нову, з комплексною галургічною переробкою руди. Однак фінансування не було забезпечено. Продукцією рудників став сиромелений каїніт з вмістом оксиду калію всього до 12 %. Внаслідок труднощів збуту видобуток руди зменшився, а з 2004 року взагалі припинився через збитковість та застаріле обладнання. В 1978 р в рудник № 2 розпочався приплив води. В січні 2002 року найглибший горизонт був затоплений. За рішенням Державної комісії з надзвичайних ситуацій осушення шахти припинили. Інститут "ВАТ "ГІРХІМПРОМ" розробив проект консервації рудника шляхом його заповнення насиченими розсолами, приготовленими із відходів збагачення. Однак фінансування проекту не було забезпечене. Рудник заповнювався прісною водою. Це призвело до підрізання ціликів і великого провалу земної поверхні. Нині 15 млн $м^3$ виробленого простору рудника повністю затоплені.

Калуська сукупність родовищ складається з Калуської і Волинської груп, а також дільниць Кадобно і Пійло. У Калуську групу входять родовища Західна і Східна Голинь, Сівка–Калуська і Домброво. Запаси калійних солей категорії В – 472,6 млн т, C_2 – 119,1 млн т, разом 591,7 млн т. Вміст K_2O – 10–11 % [2].

Ділянку Домброво відробляли відкритим способом. Згідно з Державним балансом «Сіль калійна» залишкові запаси руди Домбровської ділянки станом на 01.01.2010 року складали 32,3 млн т, вміст K_2O в руді – 10,0–10,69 %; MgO – 8,93–9,38 %. В 2008 році був опрацьований проект видобутку залишкових запасів разом з підготовкою кар'єру до рекультивації. Однак у тому ж році було припинено постачання електрики для відкачки розсолів із кар'єру і почалось його затоплення. В липні 2008 р. внаслідок катастрофічної зливи у кар'єр поступило біля 3 млн $м^3$ води і затоплення стало невідворотнім. Нині в кар'єрі формується велике озеро, в перспективі придатне для рекреації [3].

Ділянка Пійло являє собою два горизонти калійних солей – верхній і нижній, роз'єднаних прошарками соленосних глин потужністю від 14 до 94 м. Запаси калійної руди солей ділянки Пійло, за даними Інституту ГІРХІМПРОМ, становлять 358,8 млн т, зокрема K_2O – 39,6 млн т, MgO – 18,5 млн т. У 1979 році розпочалося будівництво підземного рудника: пройдені три стовбури та навколостовбурні виробки. Стовбури з'єднані між собою двома паралельними квершлагами довжиною приблизно 1500 м. З 1995 року рудник закинутий. Стан виробок і кріплення, наявність розсолу у виробленому просторі не відомі.

В Донецькій області калійні солі виявлені на **Краматорсько-Часов'ярській площі**. Калійні солі представлені карналітом, сильвінітом, полігалітом і лангбейнітом і залягають у вигляді прошарків і окремих пластів. Встановлені три горизонти калійних солей на глибинах від 750 до 1700 м. Промисловий вміст KCl мають два шари, прогнозні запаси яких становлять більше 2 млрд т [4]. Потужність верхнього сильвінітового шару досягає 5,5 м, вміст KCl – 30,5 %. Нижній шар сильвініт-карналітовий, потужністю 4,8 м, з вмістом KCl – 21,3 %.

Відходи збагачення калійних руд являють собою кристалічну сіль на соляному або глинистому цементі. Вміст розчинних солей 30–93 %, в середньому біля 58 %. У верхній частині хвостосховищ легкорозчинні солі вилуговані на глибину 50–70 см і в їх складі переважає гіпс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), а також пісок і глина. Грубі частинки представлені кристалами малорозчинних солей: гіпс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), лангбейніт ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4$) і кізерит ($MgSO_4 \cdot H_2O$). Тонкі частинки представлені глинистими мінералами. В ядрі хвостосховищ накопичена тонкокристалічна сіль та переважно глинисті частинки, з гніздами і кристалами солі текучо-пластичної і текучої консистенції. Вміст солей 23–38 %. Глибше сіль напівскельна, з вмістом солі 60–7 0%. Вологість на місці залягання біля 70 %.

В Калуші відходи збагачення накопичені у двох хвостосховищах. Хвостосховище № 1 має об'єм 15 млн $м^3$. Воно повністю заповнено відходами і частково рекультивовано. Прогнозні ресурси K_2O при середньому вмісті 5,42 % становлять за різними оцінками від 1,84 до 2,78 млн т. [2]. Вміст MgO – 1,25–6,35 %, прогнозні ресурси 1–1,3 млн т. Хвостосховище є одним із джерел забруднення довкілля. В дамбах хвостосховища спостерігаються джерела, біля яких взимку відкладається мірабіліт ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$). Влітку поклади мірабіліту розчиняються атмосферними опадами.

Хвостосховище № 2 ємністю 9,7 млн $м^3$, заповнено твердими відходами в об'ємі 8 млн $м^3$ і розсолами в об'ємі 1,7 млн $м^3$. До 2011 року часу надлишок розсолів із хвостосховища скидали в шахту. Зараз шахти вже заповнені. Через переважання опадів над випаровуванням хвостосховище може бути переповнене, тому утилізація розсолу вкрай необхідна для попередження негативних екологічних наслідків.

Хвостосховище Стебницького підприємства «Полімінерал» складається з двох секцій. В секції № 1 накопичені тверді відходи в кількості 8,4 млн $м^3$ (15,2 млн т). Розрізняється пляжна і ядерна частини хвостосховища. В пляжній частині хвостосховища, де накопичені переважно крупні частинки, середня потужність пласта солі становить 7 м, об’єм близько 2 млн $м^3$, маса відходів 3,6 млн т. Шляхом відмивки відходів від глини з них можна одержувати протиожеледний засіб.

В лабораторних умовах проводили дослідження з розчинення відходів прісною водою, при цьому одержали розсіл з густиною 1,25–1,27 г/$см^3$, що відповідає мінералізації 365–400 г/л. Із одержаного розчину при охолоджені до 9 °С в осад випадає мірабіліт.

Розсоли в хвостосховищах і в затоплених калійних рудниках можуть розглядатися як сировина для виробництва низки хімічної продукції. Загальний об'єм розсолів у копальнях і хвостосховищах досягає 30 млн $м^3$. Вони представлені трьома основними типами: 1) розсоли затоплених шахт, 2) розсоли кар’єру, 3) розсоли хвостосховищ.

В Калуші шахти заповнювали розсолами, які за хімічним складом насичені по відношенню до калійної руди. Рудник "Голинь" з об’ємом порожнин 1,7 млн $м^3$ затоплений стихійно. Рудник "Калуш" заповнений спеціально приготованими розсолами в кількості 2,5 млн $м^3$. В рудник "Ново-Голинь" подано 10 млн $м^3$ розсолів. Разом в Калуських шахтах накопичено біля 15 млн $м^3$ розсолу.

У Стебницькому руднику № 2 завершається затоплення. Об’єм розсолів досяг 15 млн $м^3$. Мінералізація розсолу 370–380 г/л, в тому числі 29 г/л калію і 19 г/л магнію.

Домбровський кар’єр має об’єм виробленого простору 52,5 млн $м^3$. Північна частина була заповнена розсолом ще в період експлуатації до відмітки 255 м, там накопичено близько 5 млн $м^3$ розсолу з мінералізацією до 373 кг/$м^3$. Вміст калію в концентрованих розсолах біля 9 %, що відповідає його вмісту в калійних рудах. Сульфат-йону міститься 70–75 кг/$м^3$ (20 %). Розсоли кар’єру можуть бути корисними з точки зору вилучення стронцію, бору, літію і брому. За результатами аналізу, виконаного в Інституті геології та геохімії корисних копалин НАНУ, вміст стронцію в концентрованих розсолах становить 270–320 мг/л, бору до 3400 мг/л, літію 20 мг/л.

У верхній частині озера накопичено біля 20 млн $м^3$ розсолів з меншою мінералізацією. Джерелом цих розсолів є зовнішній відвал солевмісних порід біля кар’єру, що зрошується дощами. З відвалів розсіл з мінералізацією 120–150 кг/$м^3$ стікає в кар’єр. Мінералізація води на поверхні озера становить 18 г/л.

Розсоли у Калуському хвостосховищі № 2 утворюються за рахунок вимивання солей із твердих відходів. Мінералізація розсолу повільно зростає від поверхні до глибини 4 м, після

чого різко збільшується і на самому дні досягає 400 кг/м^3. Середньозважена концентрація розсолу становить 293 кг/м^3, кількість розчинених солей 498 тис. т. В розсолі з хвостосховища у порівнянні з розсолами кар'єру всього на 5–10 % менше калію і сульфатів.

Подібним є склад розсолів у Стебницькому хвостосховищі. Основна їх маса має мінералізацію від 100 до 200 г/л. Насичений розчин залягає на глибині близько 4 м, його об'єм не перевищує 800 тис. м^3. На глибинах більше 3 м розсіл вміщає сірководень, який утворюється внаслідок мікробіологічного відновлення сульфат-йонів. В придонній частині знаходиться біля 150 тис. м^3 кислих розсолів з pH менше 3. Проведені визначення важких металів в розсолах показали, що їх вміст не виходить за межі ГДК для питних вод. Виключенням є стронцій, вміст якого досягає 260 мг/л при ГДК 7 мг/л.

Зовнішні відвали. Розкривні породи в Калуші представлені перемішаними суглинками, гальковиками, глинами, а також соленосними брекчіями і некондиційними рудами. Відвал № 1 містить 11,3 млн м^3, відвал № 4 – 7,4 млн м^3 соленосних порід. Вміст солей невідомий, оскільки первинний склад відходів змінився внаслідок вилуговування солей атмосферними опадами.

Отже, відновлення масштабного видобутку калійних солей можливе шляхом введення в дію рудника № 1 в Стебнику і рудника Пійло в Калуші. Перспективним напрямком є також переробка відходів та накопичених розсолів з одержанням сульфатів калію і натрію та технічної солі.

Кам'яна сіль

Ресурси кам'яної солі України зосереджені в Донецькому, Дніпровсько-Донецькому, Закарпатському, Передкарпатському, Переддобруджинському соленосних басейнах, а також в розсолах і самосадній солі озер Причорноморського регіону. Запаси кам'яної солі у твердій гірській породі сягають 26 млрд т, осадової солі й ропи в озерах – 127 млн т, у природних розсолах – 1911 м^3/добу [5].

Найбільше родовище кам'яної солі України – Артемівське – знаходиться в Донецькій області. Сіль тут залягає у вигляді потужних горизонтальних пластів. В межах гірничих відводів залягає 5 продуктивних пластів потужністю від 7 до 45 м. Зараз розробляють 2 пласти на глибинах 120–400 м. На родовищі працюють чотири рудники: об'єднаний рудник № 1–3, рудник № 4, рудник № 7 і рудник ім. Володарського. Максимальний річний видобуток в 1991 році досягав 7,2 млн т.

Слов'янське родовище кам'яної солі [6] складається з трьох ділянок: Розсольної, Райгородської та ділянки № 3. В районі Слов'янська з кінця XVI ст. видобували розсоли для випарки солі. З 1960 р. розпочалася експлуатація Райгородської ділянки методом підземного розчинення. Експлуатація Розсільної ділянки з 1961 р. припинена внаслідок

непрогнозованого протікання карсту. Запаси кам’яної солі переведені до забалансових, як такі, що втратили промислове значення.

Єфремівське родовище (Харківська обл.) приурочене до штоку девонської кам'яної солі. Запаси до глибини 1200 м становлять 390,7 млн т. Експлуатація здійснюється розсолопромислом Первомайського підприємства "Хімпром", проектна продуктивність якого 270 тис. т гірської маси або 879 тис. $м^3$ розсолу на рік.

Роменське родовище приурочене до куполоподібної структури, де мезозойські породи прорвані сіллю девонського віку. Потужність соляного покладу перевищує 1675 м. Балансові запаси кам'яної солі ($A+B+C_1$) 435,9 млн т. Родовище неосвоєне.

Крім того, в Дніпровсько-Донецькій западині перспективні Південно-Перещепинська ділянка із запасами (C_1) 108 млн т; Дмитрівський, Ромоданівський, Медведівський соляні куполи; Каплинцевська, Логовиковська, Олексіївська, Синявська, Валковська, Позняківська, Ісачківська, Ромоданівська, Солоницька структури.

На Закарпатті сіль залягає у вигляді соляних куполів – діапірів, які проривають теригенні відклади. Солотвинський і Тереблянської соляні куполи знаходяться в Тячівському районі. У Тереблянському куполі сіль неякісна. Родовище слабо розвідане і не розробляється.

Розробка Солотвинського родовища велася з XII ст. до 2008 року. На початку століття діяли дві шахти, № 8 і 9. Шахти також використовувалися в якості підземних лікарень. Нині шахти затоплені. Нами обґрунтована можливість осушення шахти № 9 і розробки родовища відкритим способом [7].

На Передкарпатті потужність соленосних відкладів становить від 360 до 800 м. Запаси кам’яної солі становлять 595,1 млн т. Пласти кам’яної солі присутні на всіх калійних родовищах. Вона не відповідає вимогам стандарту для кухонної солі, але її якість можна покращити шляхом розчинення та наступного випаровування, як це здавна практикувалося. В Передкарпатті видобували природні розсоли в Калуші, Стебнику, на Болехівському, Долинському і Дрогобицькому розсолопромислах. У Дрогобичі до цього часу діє солеварний завод. У складі Стебницького родовища калійно-магнієвих солей запаси кухонної солі становлять 248,7 млн т.

Розвідані також Губицьке і Верхньострутинське родовища. Промислові запаси Верхньострутинського родовища оцінені в 105 млн т. Інститутом "ГІРХІМПРОМ" розроблено ТЕО освоєння родовища для постачання розсолу на підприємство "Карпатнафтохім". Передбачено спорудження 15 розсоловидобувних свердловин, розрахованих на роботу впродовж 57 років. Наступні роботи з освоєння родовища заблоковані місцевим населенням.

У **Переддобруджинському прогині** соленосною є конгазька свита кімериджу, складена сіллю з прошарками ангідриту, потужністю 30–70 м, глибиною залягання 300–500 м,

площею – до 100 км^2. Оцінено Ізмаїльське родовище кам'яної солі з запасами категорії C_1 – 817 тис. т, C_2 – 2263 тис. т.

З точки зору авторів зосередження видобутку солі в одному районі є стратегічно небезпечним і економічно недоцільним. Необхідно прискорити відновлення експлуатації Солотвинського родовища.

Самородна сірка

Україна посідає одне з перших місць у світі за розвіданими запасами самородної сірки. Державним балансом запасів у Передкарпатському сірконосному басейні враховується 10 родовищ із загальними запасами біля 200 млн т.

На базі розвіданих Роздільського, Язівського і Немирівського родовищ працювали Роздільське і Яворівське підприємства. Сірку видобували відкритим способом і підземною виплавкою. У 2006 році видобуток сірки припинений. Залишкові балансові запаси на Головному покладі Язівського родовища дорівнюють 17,7 млн т сірки. Північний рудний поклад Язівського родовища мав запаси 15 млн т. Видобуто 6 млн т сірки. Залишкові запаси представлені слабопроникливими рудами і залягають переважно біля західної границі покладу на глибині більше 250 м.

Немирівське родовище поділяється на три ділянки: Завадівську, Шаварівську і Грушівську. Дві перші відпрацьовані підземною виплавкою. Відробка Грушевської ділянки, де руда слабо проникліва і залягає на глибині біля 260 м, виявилася неможливою. Залишкові запаси сірки на Грушівській ділянці становлять 9,8 млн т.

Нами розроблена концепція екологічно безпечної технології підземної виплавки сірки із слабо проникливих покладів [8]. Практичне освоєння нової технології потребує створення наукового колективу, що має широке коло знань.

На територіях колишніх сірчаних підприємств залишилася велика (більше 100 млн т) кількість відходів збагачення сірчаної руди. Відходи в середньому містять 75 % кальциту, 5 % сірки, 6–7 % гіпсу, до 1 % целестину, 10–15 % глинистих мінералів. Найбільшим вмістом сірки – до 10 % – відрізняються хвости плавки Яворівського підприємства, де накопичено 3,6 млн м^3 відходів. В минулому хвости збагачення широко застосовували в сільському господарстві для розкислення ґрунтів.

Відновлення видобутку самородної сірки можливе в комплексі з відродженням фосфорної та калійної галузі, де переробка руди на хімічну продукцію неможлива без сірки та її сполучень. В найближчій перспективі більш реальною є переробка відходів сірчаної промисловості.

Апатит і фосфорити

Запаси фосфорної сировини в родовищах України оцінюються в 82,1 млн т в перерахунку на P_2O_5 [9]. Україна має великі запаси титано-апатитових руд, зосереджених у корінних родовищах. Ведуться роботи з підготовки до освоєння магматичних Стремигородського, Федорівського, Видіборського, Носачивського, Бірзуловського титано-апатитових родовищ. Запаси P_2O_5 в корінних рудах Стремигородського родовища становлять 23 млн т при вмісті в руді 2,8 %. Слід зауважити, що вміст апатиту в корі вивітрювання, яка буде розроблятися в перші роки освоєння родовища, малий (0,9 %) і питання його вилучення ще не вирішено. Освоєння нових родовищ ускладнюють такі фактори, як обмеженість земельних ресурсів, підвищення екологічних стандартів, протести місцевого населення.

Одним з перспективних родовищ є також Новополтавське, де запаси зосереджені як у корінних породах, так і в потужній корі вивітрювання. Вертикальне рудне тіло простягається в довжину на 12 км і розповсюджується на глибину 800 м. Потужність покладу 25–140 м, довжина окремих покладів 0,3–0,4 км, падіння 83–87°. Запаси розвідані і підраховані до глибини 500 м. Запаси руди в скельних карбонатитах становлять 810 млн т, P_2O_5 – 37 млн т при середньому вмісті 4,59 %. Крім того, 5,9 млн т руди віднесено до категорії C_2. Руди з середнім вмістом P_2O_5 6,45 % в кількості 10,6 млн т віднесені до забалансових.

Верхня частина рудних покладів вивітрена, внаслідок чого карбонатна речовина вибірково розчинена і винесена. Руда, що залишилась на місці карбонатитів, перетворилась у пухку масу. Ця кора вивітрювання розповсюджується на глибину від 30 до 140 м, в середньому 66 м. Вміст P_2O_5 становить 10 %, а місцями досягає 20 %. Фосфат знаходиться в зернах апатиту, вміст якого в руді – 22,9 %. Запропонований спосіб відробки таких руд шляхом свердловинного видобутку [1].

Запаси фосфоритів України становлять більше 4 млрд т. P_2O_5 [9, 10]. Поклади фосфоритів поділяють на жовнуваті і зернисті. За Ю.М. Брагіним [11] на території України виділяються чотири фосфоритоносних райони: Донецький, Волино-Подільський, Унечський та Причерноморський. Для реального промислового освоєння придатні родовища перших двох районів. У Донецькому районі розвідані і освоюються Осиківське і Карпівське родовища. За вмістом P_2O_5 розрізняють руди багаті – понад 24 %, середні – 18–24 %, бідні – менше 18 %.

Згідно стандарту на фосфорне борошно вміст в ньому P_2O_5 повинен бути не менше 19 %. Більшість родовищ фосфориту не відповідає вказаному критерію, однак їх використовують як агроруду.

Окрім базових калійних та фосфорних мінеральних добрив, в сільському господарстві застосовують доповнюючі, нетрадиційні види сировини: фосфорит-крейдяні утворення, глини

бентонітові і сапонітові, глауконіти, вермікуліти, перліти, сірка, а також органічні добрива: торф, сапропель, торфовівіаніт та меліоранти: вапняк, крейда, доломіт, гіпс.

Крім того, сільському господарству необхідні кормові добавки. Особливе значення мають мінерали і породи з високими сорбційними властивостями, які застосовуються для очищення земель від забруднення, зокрема від радіонуклідів: цеоліти, вермікуліт, алуніт та ін. Стан запасів вказаних корисних копалин висвітлений в працях конференції, що відбулася в 2004 році [12].

Висновки. Як випливає з наведеного вище, Україна має багату сировинну базу для розвитку гірничо-хімічної промисловості, значні запаси у розвіданих і перспективних родовищах. Окрім первинних родовищ корисних копалин, на територіях діяльності колишніх гірничо-хімічних підприємств накопичені різноманітні відходи – техногенні родовища.

Однак практично всі колишні підприємства були закриті через їх нерентабельність, обумовлену застосуванням застарілих технологій, тому реалізація гірничо-хімічного потенціалу пов’язана з необхідністю освоєння нових економічно ефективних і екологічно безпечних технологій.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Гайдін А.М., Рудько Г.І, Чікова І.В.* Гірничо-хімічний потенціал України. Київ-Чернівці: Букрек, 2017. 192 с.

2. *Рудько Г.І., Петришин В.Ю.* Прогнозна оцінка ресурсів калійних та кам’яних солей Прикарпаття та вдосконалення методики їх пошуків і розвідки та експлуатації. // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Другої міжнародної науково-практичної конференції., Київ: 2015. С.175–183.

3. *Гайдін А.М., Собко Б.Ю.* Ревіталізація. Відновлення порушених ландшафтів в зонах діяльності гірничих підприємств. Дніпро: «Літограф», 2019. 218 с.

4. *Ємельянов О.С.* Агрохімічна сировина Донецької області. // Матеріали міжвідомчої науково-технічної конференції «Агрономічні руди України». Київ: УкрДГРІ. 2004. С. 52–54.

5. *Михайлов В.А., Виноградов Г.Ф та ін.* Неметалічні корисні копалини України. Підручник. Видання 2-е, виправлене і доповнене. К.:ВЦ «Київський університет», 2008. 495с.

6. *Алексєєнкова М. В.* Слов'янське родовище кам’яної солі та природних розсолів: геолого-літологічні особливості та проблеми освоєння. *Scientific Journal «ScienceRise»*, №5/1(5) 2014. С.38–41.

7. *Гайдін А.М.* Врятувати Солотвино. // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали П’ятої міжнародної науково-практичної конференції. ДКЗ, 2018. С. 57–65.

8. *Гайдін А.М., Собко Б.Ю.* Гідроекологія при гірничих роботах. Дніпро: «Літограф», 2018. 218 с.

9. *Олейник Т.А.* Перспективы развития сырьевой базы фосфора Украины. Вісник Криворізького технічного університету. Випуск 11. 2006. С.34.

10. *Галецький Л.С.* Перспективи використання українських фосфоритів // Матеріали міжвідомчої науково-технічної конференції «Агрономічні руди України». Київ: УкрДГРІ. 2004. С. 50–52.

11. *Брагін Ю.М.* Зернисті фосфорити України. Сімф.: ВПП «Таврія», 2000. 71 с.

12. Матеріали міжвідомчої науково-технічної конференції «Агрономічні руди України». Київ: УкрДГРІ. 2004. 162 с.

УДК 551.781.4(477-17)

ДО БІОСТРАТИГРАФІЇ ПАЛЕОГЕНОВИХ ВІДКЛАДІВ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ (ПІВНІЧНО-ЗАХІДНИЙ РАЙОН УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

Т.С. Рябоконь[1], Т.В. Шевченко[2], Я.С. Курепа[3]
1 – кандидат геол.-мінерал. наук, старший науковий співробітник, Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, t_ryabokon@ukr.net;
2 – кандидат геол. наук, старший науковий співробітник, Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, shetv@ukr.net;
3 – кандидат геол. наук, геолог, ser_lukas@ukr.net
В осадовому розрізі Житомирського Полісся встановлено відклади канівського, київського та обухівського регіоярусів еоцену Північної України за результатами мікропалеонтологічного і палінологічного аналізів зразків керну свердловин та гірничих виробок в районі с. Замисловичі Олевського району.

TO THE PALEOGENE BIOSTRATIGRAPHY OF THE ZHYTOMYR POLISSIA (NORTH-WESTERN REGION OF THE UKRAINIAN SHIELD)

T.S. Ryabokon[1], T.V. Shevchenko[2], Ya.S. Kurepa[3]
1 – Institute of geological sciences NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, t_ryabokon@ukr.net;
2 – Institute of geological sciences NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, shetv@ukr.net;
3 –* geologist, *ser_lukas@ukr.net
In the Zhytomyr Polissia the deposits of Kanivian, Kievian and Obukhovian Regional Stages of Eocene the Northern Ukraine have been proved by micropaleontological and palinological investigations of samples from holes and excavations near the Zamyslovychi village of the Olevsk Area.

Вступ. Житомирське Полісся розташоване в межах північно-західного району Українського щита (УЩ) [16, 17]. Спеціальні дослідження палеогенових відкладів цього району УЩ були проведені в 50-60-ті роки минулого століття [3, 4]. Погляди на стратифікацію палеогенових відкладів Житомирського Полісся, а також відомості про знахідки палеонтологічних решток, наявні в працях М.М. Клюшникова [11], В.Я. Дідковського [5], Д.Є. Макаренко [12, 13] та ін. [3, 4, 18].

За діючою стратиграфічною схемою [16, 17] в нижній частині еоценового розрізу північно-західного району УЩ залягає товща континентальних вугленосних піщано-глинистих порід бучацького горизонту/регіоярусу середнього еоцену. Київська світа однойменного регіоярусу розвинута не скрізь, доволі часто у мілководних фаціях: внизу – піски жовтувато-зеленувато-сірі глинисті різнозернисті, з галькою кварцу, кременю і кристалічних порід; вище – пісковик жовто-сірий, крупнозернистий, донизу грубо- і різнозернистий, з ядрами і відбитками молюсків, відбитками дрібних нумулітів, спікулами губок [11]. Вище залягає товща ясносірих, місцями опоковидних, глауконітових, слюдистих, пісковиків то пухких, пористих, то більш щільних, іноді зливних, яка у схемі [16] віднесена до верхнього еоцену, обухівського регіоярусу. У цих пісковиках багато спікул губок, зустрінуті поганої збереженості відбитки і ядра гастропод та пелеципод. Пісковики еоцену перекриті

фауністично не охарактеризованою товщею зеленувато-сірих з вохристими і жовтими смугами, середньозернистих, глинистих, глауконітових пісків, які місцями переходять у глинисті, неміцні пісковики і піщані глини. Ця товща в північно-західному районі Українського щита, згідно [16, 17], належить до межигірської світи нижнього олігоцену.

Територія дослідження знаходиться в районі сіл Замисловичі та Шебедиха Олевського району Житомирської області, в межах північно-західної частини Житомирського Полісся. За даними комплексних палеонтологічних досліджень уточнено та переглянуто вік порід, що складають стратиграфічну послідовність палеогенового розрізу означеної території. Ці результати вносять суттєві корективи до стратиграфічної схеми відкладів периферії палеогенових морських басейнів в межах північної і північно-західної частин УЩ, а також змінюють існуючі погляди на палеогеографію в регіоні.

Матеріалом для досліджень слугував керн 11 свердловин та зразки з чотирьох гірничих виробок (кар'єр, шурфи). Опис свердловин та гірських виробок, побудова геологічних профілів, відбір зразків здійснено Я.С. Курепою. Загалом на різні види мікрофауністичного і палінологічного аналізів було опрацьовано 37 зразків.

Результати і обговорення.

Загальна геолого-стратиграфічна характеристика об'єкту досліджень (Я.С. Курепа). Відклади палеогену в районі с. Замисловичі складені безкарбонатними піщано-алевритовими породами і пов'язані із тектонічними пониженнями фундаменту, які визначають літологію та характер поширення стратонів. Попередньо встановлено, що на південних схилах тектонічних понижень субширотного простягання залягають більш давні відклади ніж на північних.

На території району досліджень спостережені наступні особливості будови стратиграфічного нашарування еоценових відкладів. На південний-захід від с. Замисловичі в нижній частині розрізу залягають темно-сіро-зелені дрібно-тонкозернисті алевритові кварц-глауконітові піски київського регіоярусу середнього еоцену. Тільки з цим стратиграфічним рівнем пов'язані знахідки мікрофауни. У верхній частині розрізу – світло-зеленувато-сірі, сірі та темно-сіро-коричневі дрібнозернисті піски кварцового складу із зернами глауконіту та включенням органічних домішок обухівського регіоярусу. Загальна потужність палеогену на південному заході – до 4 м.

Для північно-західної частини території дослідження характерна інша послідовність нашарування. Нижня частина розрізу (київський регіоярус) складена пісками глауконіт-кварцовими, сіро-зеленими або темно-зеленими з коричневим відтінком, середньо-дрібнозернистими, з домішкою крупнозернистого та грубозернистого добре обкатаного кварцу. Вище з добре вираженою стратиграфічною перервою залягають поліфаціальні

відклади обухівського регіоярусу. Внизу – алеврити глинисті піщані від темно-зелених до сірувато-коричнево-зелених з темнішими більш глинистими прошарками та включенням каолінізованої жорстви і щебню кристалічних порід. Вверх по розрізу алеврити поступово змінюються пісками сіро-зелено-коричнюватими, місцями зеленувато-темно-сірими, тонко-дрібнозернистими, алевритистими, тонкошаруватими, що вміщують поодинокий гравій кварцу та уламки лігнітизованої деревини. Над цими пісками залягає малопотужний шар алевритів або пісків алевритових глинистих глауконіт-кварцових темно-сіро-зелених з включенням каолінізованої жорстви кристалічних порід. Загальна потужність палеогену на північному заході – до 3 м.

На всій території дослідження, часто над відкладами обухівського регіоярусу, залягають алеврити глинисті темно-коричневі, сіро-коричневі, гумусовані, з включенням відмінно-добре обкатаних зерен крупнозернистого та грубозернистого кварцу. Ці алеврити мають виражене континентальне походження (Pediastrum beds). Загальна потужність цього шару – в середньому 0,7 м (від 0,3 до 1,3 м).

Результати мікропалеонтологічного аналізу (Т.С. Рябоконь). Мікрофоссилії (форамініфери, спікули губок, остракоди, рештки водоростей) були виявлені в зразках з нижнього піщаного шару (св. 1139 і 1120, розріз кар'єру (т. с. 1 і 2)), який наприкінці 50-х років минулого століття був описаний Д.Є. Макаренко [12] як «пісковики з *Asterigerina* sp., *Nummulites* sp., Miliolidae» с. Замисловичі. Зустрінуті мікрофосилії мають погану збереженість: кальцитові черепашки крупних форамініфер заміщені кремнеземом; дрібні форамініфери представлені переважно ядрами, доволі часто напівзруйнованими; остракоди – також ядрами; дазикладієві (сифоникові) водорості – одиничні кільця гаметофор зі знищеними діагностичними видовими ознаками. Загалом, рештки сифонікових водоростей нагадують *Neomeris bipartita* Genot з лютецького ярусу середнього еоцену Паризького басейну [21]. Спікули губок (визначення за [10]) – oxea, caltrop, orthodichotriaena, plagiodichotriaena, prostylotriaena, orthomesotriaena – за спостереженнями поширені у середньо- і верхньоеоценових відкладах Північної України. Окрім вказаних мікрорешток, знайдений уламок зуба акули (св. 2584, зразок 4). За усним повідомленням М.І. Удовиченко уламок найбільш вірогідніше належить до роду *Carcharias* ламноподібних акул. Цей рід існує з пізньої крейди до нині і є характерним для лютету, бартону, приабону і рюпелю.

Комплекс дрібних бентосних форамініфер загалом характеризує численність, поряд з нумулітами, парароталій і міліолід. Його складають *Textularia agglutinans* d'Orb. *nalinnesensis* Kaasch., *Pyrgo* (*Biloculina*) *bulloides* d'Orb.*, *Triloculina angularis* d'Orb.*, *Tr. gibba* d'Orb.*, *Quinqueloculina* aff. *ludwigi* Reuss, *Q.* aff. *contorta* d'Orb.*, *Q.* ex gr. *carinata* d'Orb.*, *Q.* cf. *seminulum* (L.), *Spiroloculina perforata* d'Orb.*, *Sp.* cf. *canaliculata* d'Orb.*, *Sp. proboscidea*

Schwag., *Cancris* cf. *auriculus* (Fichel et Moll.), *Gyroidinoides octocamerata* (Cushm. et Hanna), *Alabamina* aff. *almaensis* (Samoil.)*, *Eponides praeumbonatus* (Mjatl.)*, *Discorbis* aff. *vesicularis* (Lam.)*, *Nonion laeve* (d'Orb.)*, *Cibicides* cf. *carinatus* (Terq.)*, *C.* aff. *karpaticus* Mjatl., *Pararotalia audouini* (d'Orb.)*, *P. inermis* (Terq.)*, *P.* cf. *armata* (d'Orb.)*, *Reussella terquemi* Cushm.*, *Cribrononion* aff. *hiltermanni* (Hagn)*.

За кількісною перевагою нумуліт, парароталій і міліолід, асоціація бентосних форамініфер нижнього піщаного шару еоценового розрізу с. Замисловичі подібна до комплексу форамініфер мандриківських верств обухівського регіоярусу верхнього еоцену УЩ. Однак схожість цих форамініферових асоціацій обумовлена близькими умовами формування вміщуючих відкладів в межах внутрішнього шельфу морського басейну. Комплекс дрібних бентосних форамініфер с. Замисловичі різко відрізняється від асоціації форамініфер київської світи середнього еоцену схилів УЩ і ДДЗ, яка відображає умови зовнішнього шельфу.

Разом з тим, більшість видів комплексу (у списку позначених *) відомі з середнього – верхнього лютету південного схилу УЩ [15]. Бентосні форамініфери описуваного комплексу Житомирського Полісся поширені в еоцені Англо-Паризько-Бельгійського басейнів [22, 24, 25, 26]. Стратиграфічний діапазон *Textularia agglutinans* d'Orbigny *nalinnesensis* Kaasch., *Tr. angularis* d'Orb., *Sp. proboscidea* Schwag., *Sp.* cf. *canaliculata* d'Orbigny, *Q.* ex gr. *carinata* d'Orbigny, *Cancris* cf. *auriculus* (Fichel et Moll.), *P. inermis* (Terquem) обмежено середнім еоценом (лютецьким – бартонським ярусами).

Таким чином, за дрібними бентосними форамініферами піщані відклади з нумулітами району с. Замисловичі Житомирського Полісся датуються середнім еоценом (лютецький – бартонський яруси).

Серед крупних форамініфер визначені *Nummulites incrassatus* de la Harpe *matwienki* Jarc., *N. prestwichianus* (Jones), *N.* cf. *variolarius* Lmk., які входять до складу так званого комплексу дрібних північних нумулітів середнього-верхнього еоцену [Північного Перітетісу].

В літературі є небагато згадок про крупні форамініфери Житомирського Полісся. Д.Є. Макаренко [13] повідомив, що в свердловині, пробуреній в 4 км на південь від с. Рудні Замисловецької на глибині 12-12,9 м розкрито пісковик з відбитками молюску *Crassatella fuchsi* Slod., перекристалізованими черепашками нумулітів *N.* aff. *chavannesi* de la Harpe (визначення Б.Ф. Зернецького). Він писав, що ці еоценові пісковики поступово заміщаються пісками, піскуватими глинами і далі поступово переходять у мергелі [київської світи], тобто середній горизонт «київського ярусу» верхнього еоцену за поглядами того часу. Згідно сучасних даних мергельна частина «київського ярусу» відповідає середньому еоцену (лютецькому ярусу) [14]. Роком раніше Д.Є. Макаренко [12] відклади, розкриті свердловиною

біля с. Перга, описав як «світло-сірі дрібнозернисті пісковики з *Asterigerina* sp., *Nummulites* sp., Miliolidae» і відніс їх до київської світи за складом молюсків. В пояснювальній записці до геологічної карти аркушу М-35-XI (Коростень) [4] на с. 49 наведені дані про фауністичну характеристику пісковиків і пісків київських верств біля с. Топільне: списки молюсків (визначення О.М. Ніколаєвської) і нумулітів (визначення М.В. Ярцевої). Там же зазначено, що в пісковиках відмічені спікули губок і форамініфери.

За визначенням М.В. Ярцевої на кінець 50-х років минулого століття, комплекс крупних форамініфер із опалових пісковиків київських верств району с. Топільне (с. 49 в [4]) є характерним для верхів верхнього еоцену і нижнього олігоцену. Тому в пояснювальній записці було зазначено, що пісковики з нумулітами району с. Топільне характеризують верхню частину київських верств верхнього еоцену, тобто за сучасними поглядами – приабонський ярус. З цього часу в літературі по стратиграфії палеогенових відкладів цієї частини УЩ закріпилась думка про пізньоеоценовий вік піщаних порід з нумулітами і молюсками (обухівська світа обухівського горизонту північно-західного району УЩ: с. 58 в [16]).

Пізніше М.В. Ярцева ревізувала колекцію крупних форамініфер св. 3 (11-13 м) с. Топільне Олевського району – *N. incrassatus* de la Harpe var. *matwienki* Jarc., *N. concinnus* Jarc., *N. prestwichianus* (Jones) *granulata* (de la Harpe), *N.* sp. Подібний комплекс нумулітів вона привела для піщано-мергелистих порід середнього горизонту «київського ярусу» верхів'я р. Базавлук (аналогів товщі мергелів київської світи ДДЗ) [20], який за стратиграфічними поглядами того часу вважали верхньоеоценовим. Саму ж київську світу в повному обсязі тоді відносили до верхнього еоцену.

На початок 60-х років минулого століття піщані породі з молюсками і нумулітами північно-західного району УЩ вважали верхньоеоценовими, що цілком узгоджувалось з поглядами на стратиграфію і біостратиграфію еоцену того періоду. Але на сьогодні, в стратифікації еоценових відкладів УЩ наявна суперечність між сучасними поглядами на стратиграфію середнього і верхнього еоцену [9] та офіційною стратиграфічною схемою означеного району України [16, 17].

По-перше. В уніфікованій стратиграфічній схемі палеогенових відкладів України [16, 17] до обухівського горизонту верхнього еоцену в північно-західному районі УЩ віднесені «кремнистые песчаники зеленовато- и желто-серые с отпечатками моллюсков» і нумулітами *N. chavannesi* de la Harpe. Однак Д.Є. Макаренко [13] писав, що ці пісковики околиць м. Коростишів в бік р. Дніпро заміщаються пісками, піскуватими глинами і далі поступово переходять у мергелі [київської світи, нижня, вапниста, частина якої нині [9] зіставляється з верхньою частиною лютецького ярусу середнього еоцену].

По-друге. За комплексом дрібних бентосних форамініфер стратиграфічне положення піщаних порід з нумулітами с. Замисловичі Житомирського Полісся – середній еоцен (лютецький – бартонський яруси). Комплекс крупних форамініфер з піщаних порід с. Топільне вважають верхньоеоценовим (приабонський ярус), спираючись на визначення М.В. Ярцевої [7].

Аналіз стратиграфічного поширення нумулітів, визначених в піщаних відкладах с. Топільне і с. Замисловичі Житомирського Полісся, виявив наступне:

- *N. incrassatus* de la Harpe var. *matwienki* Jarc., за свідченням самої М.В. Ярцевої [20], невідомий у верхньоеоценових відкладах північно-східного схилу УЩ, тобто в мандриківських верствах (с. Мандриківка та ін.) (нині – обухівський регіоярус, приабонський ярус);
- *N. prestwichianus* (Jones) *granulata* (de la Harpe), *N. prestwichianus* (Jones), за свідченням М.В. Ярцевої [19], відомі з веммельских пісків Бельгійського басейну. Нині власне веммельські піски [«Wemmelian»] корелюються за даними [26] з верхами лютецького ярусу – низами бартонського ярусу середнього еоцену, а за даними [23] – з середнім лютетом. *N. prestwichianus* (Jones) поширений в нижніх шарах бартонських глин Гемпширського басейну Англії [23]. За О.Ю. Закревською [6] на північній окраїні Східного Перітетісу стратиграфічний діапазон *N. prestwichianus* (Jones) охоплює верхній лютет – приабон. Є.М. Бугрова [2] зазначає, що верстви з *N. prestwichianus* на сході Середньої Азії простежуються на рівні зон планктонних форамініфер Acarinina rotundimarginata (верхня частина) і Hantkenina alabamensis, тобто осадовому розрізі України на стратиграфічному рівні верхньої частини новопалівського регіоярусу південних регіонів (= верхня половина лютецького ярусу) і нижньої частини київського регіоярусу північних (= верхня половина лютецького ярусу);
- *N. concinnus* Jarc. за даними М.В. Ярцевої [19] численний у мандриківських верствах верхнього еоцену (приабонський ярус) УЩ; поодиноко варієтети цього виду трапляються у верхів'ї р. Базавлук в піщано-мергелистих відкладах (верстви з численними *N. incrassatus* de la Harpe var. *matwienki* Jarc.) середнього горизонту «київського ярусу» [20], тобто у вапнистій частині київської світи середнього еоцену сьогодні;
- Напівзруйновані екземпляри нумулітів були визначені у відкритій номенклатурі як *N.* cf. *variolarius* Lmk. Вид *N. variolarius* Lmk., який на півдні України і на УЩ вважають індекс-видом середнього еоцену (середній-верхній лютет) [6, 8], широко розповсюджений в області Північного Перитетісу в середньому еоцені і

зустрічається в перехідних бартон-приабонських шарах тільки північного і південного Середземномор'я [6];

- *N.* aff. *chavannesi* de la Harpe, вказаний для пісковику з відбитками молюсків в свердловині (глибина 12-12,9 м), пробуреній на південь від с. Рудні Замисловецької [13], Б.Ф. Зернецький [8] визначив у свердловині с. Широке Криворізького району [південний район УЩ] разом з *N. variolarius* Lmk. За сучасними стратиграфічними поглядами відклади з *N. variolarius* Lmk. Криворіжжя відповідають середньому – верхньому лютету. За даними О.Ю. Закревської [6] *N. chavannesi* de la Harpe вважають керівним для куберлінського горизонту (елшанська світа, лютецький ярус) Нижнього Поволжя.

Таким чином, якщо керуватись сучасними поглядами на стратиграфію середнього – верхнього еоцену, то аналіз комплексу нумулітів з піщаних порід нижньої частини розрізу свердловин в районі с. Замисловичі і с. Топільне не заперечує його середньоеоценовий вік. Стратиграфічне положення цих відкладів за нумулітами можливо визначити як верхній лютет – бартон.

Підсумок мікропалеонтологічного аналізу: за мікрофаунистичними рештками (крупними і дрібними бентосними форамініферами, дазикладієвими (сифоніковими) водоростями, спікулами губок) нижня частина еоценового розрізу району с. Замисловичі Житомирського Полісся, датується середнім еоценом (верхній лютет – бартон). В стратиграфічному розрізі Північної України означені піски з нумулітами, міліолідами і парароталіями зіставляються з вапнистою частиною київської світи.

Результати палінологічного аналізу (Т.В. Шевченко). Майже всі зразки містять цисти морських динофлагелят, що свідчить про морський генезис вміщуючих порід. Окрім диноцист, палінофацію складають зелені водорості (празінофіти), акритархи, органікостінні (хітинові) шари форамініфер («палінофорамініфери» або «мікрофорамініфери»), пилок та спори наземних рослин, рослинний дебрис (кутикули, трахеїди, темноколірні фітокласти та інші мікрорештки наземних рослин), аморфна органічна речовина. Слід зауважити, що саме на рослинний дебрис припадає валова маса вивчених мацератів (лігнітизація). На протилежність, вміст водних (морських та прісноводних) планктонних організмів невисокий. Ступінь збереженості диноцист в цілому не дуже задовільна (загалом цисти пошкоджені (розірвані)), що відображає нестабільні гідродинамічні умови осадонакопичення. В цілому ж палінофація відбиває обстановку осадконакопичення за віддаленістю від берега – прибережні умови та умови внутрішньо-неритичної зони.

Загалом, в палеогенових відкладах району с. Замисловичі виявлено кілька різновікових комплексів органікостінного мікрофітопланктону.

Перший, найдавніший, комплекс з *Apectodinium* spp. визначено з коричнювато-сірих алевритів глинистих кварцових, слюдистих, тонкошаруватих, з численними уламки лігнітизованої деревини, (потужність алевритів до 1,5 м), які розкриті св. 2053 на глибині 12-13 м. Його складають *Apectodinium augustum, A. homomorphum, A. parvum, A. quinquelatum, Deflandrea oebisfeldensis,* – за якими вміщуючі відклади датовані іпрським віком [1]. Ці дані палінологічних досліджень є першим свідоцтвом наявності морських відкладів канівського регіоярусу в північно-західному районі УЩ.

Другий комплекс органікостінного мікрофітопланктону пов'язаний з пісками київського регіоярусу: *Thalassiphora fenestrata, Areosphaeridium diktyoplokum, A. ebdonii, Enneadocysta arcuata, E. partridgei, Lentinia serrata, Wilsonidium echinosuturatum, Charlesdowniea coleothrypta, Wetzeliella echinulata Phthanoperidinium geminatum, Ph. stockmansii, Heteraulacacysta porosa, Cordosphaeridium cantharellus, C. gracile, Araneosphaera araneosa, Glaphyrocysta semitecta, G. ordinata, Glaphyrocysta*? *vicina, Areoligera undulata, Areoligera senonensis, Deflandrea phosphoritica, Homotryblium tenuispinosum* (в масі), *H. caliculum, H. vallum, Palaeocystodinium golzowense Cribroperidinium giuseppei, C. tenuitabulatum, Dinopterygium cladoides* sensu Morgenroth, *Lingulodinium macharophorum, Adnatosphaeridium multispinosum, Microdinium reticulatum, Spiniferites* spp. / *Achomosphaera* spp. та ін. Серед зелених водоростей цього рівня відмічені *Pediastrum boryanum* subspp., *Cymatiosphaera spp., Palambages morulosa*. У великій кількості у ньому присутні акритархи *Cyclopsiella granosa* (в масі), *C. elliptica, Ovoidites* sp., *Pauicilobimorpha triradiata, Leiosphaeridia* sp., *Micrhystridium stellatum*. Ця асоціація органікостінного мікрофітопланктону відповідає бартонському ярусу середнього еоцену і зіставляється з комплексом диноцист, характерним для верхньої частини київського регіоярусу Північної України [1, 9].

Третій, наймолодший, комплекс органікостінного мікрофітопланктону пов'язаний з пісками і алевритами обухівського регіоярусу. В цілому склад асоціації диноцист подібний до другого, бартонського, комплексу. Однак на цьому рівні з'являються індекс-види приабонського ярусу: *Rhombodinium perforatum, Thalassiphora reticulata, Reticulatosphaera actinocoronata, Charlesdowniea clathrata angulosa.* Його ядро складають: *Thalassiphora fenestrata, Areosphaeridium diktyoplokum, Glaphyrocysta semitecta, Adnatosphaeridium multispinosum, Lentinia serrata, Heteraulacacysta porosa, H. campanula, Cribroperidinium giuseppei, Dinopterygium cladoides* sensu Morgenroth, *Phthanoperidinium stockmansii* та ін. Слід зауважити, що у комплексі зустрінуто вид *Saturnodinium pansum*, першу появу якого в європейських розрізах пов'язуються з початком – серединою олігоцену. Асоціація празинофітів (*Pediastrum boryanum* subspp., *Cymatiosphaera spp., Palambages morulosa, Tasmanites concinnus, Pterospermella* spp., *Planctonites stellarius, Botryococcus braunii* та ін.) і

акритарх (*Ovoidites* sp, *Leiosphaeridia* sp., *Pauicilobimorpha triradiata*, *Micrhystridium stellatum*, *Horologinella*? *pentagonalis* та ін.) також достатньо різноманітна і кількісно рясна.
В цілому описуваний комплекс органікостінного мікропланктону корелюється з комплексом обухівського регіоярусу ДДЗ та Волинського Полісся [1, 9].

Четвертий комплекс – моноасоціація з *Pediastrum* (Pediastrum beds) – в межах вивченої території простежена в глинистих алевритах, які залягають вище обухівських відкладів. Окрім великої кількості виду *Pediastrum boryanum* з різними підвидами (*Pediastrum boryanum* var. *boryanum*, *Pediastrum boryanum* var. *granulatum*, *Pediastrum boryanum* var. *longicorne*), в ній присутні лише пилок вищих рослин (Pinacea), уривки тканин наземних рослин (рослинний дебрис), темноколірні фітокласти, що вказує на умови ?континентального осадконакопичення (озерна?-болотна? фація). Вік вміщуючих відкладів (еоцен?, олігоцен? чи неоген?) не вдалося визначити. Прісноводні зелені мікроскопічні водорості роду *Pediastrum* існують з крейди до нині майже в незмінному складі. Скупчення *Pediastrum* (Pediatrum beds) описані в літературі для різних часових інтервалів, у тому числі як для палеогену, так і для неогену.

Підсумок палінологічного аналізу: за комплексами диноцист в розрізі району с. Замисловичи Житомирського Полісся вперше визначені морські відклади канівського регіоярусу (іпрський ярус), а також доведена присутність порід бартонського ярусу середнього еоцену, корелятних верхній частині київської світи, і порід приабонського ярусу, обухівського регіоярусу Північної України.

В цілому присутність *Pediastrum* та наземного рослинного «детриту» у майже кожному зразку говорить про постійне надходження прісних вод у морський басейн протягом усього періоду накопичення відкладів, а присутність *Cyclopsiella* свідчить, що відклади накопичувались у високоенергетичних умовах.

Висновки.

Досліджений розріз палеогену околиць с. Замисловичі Олевського району Житомирської області представлений осадовими породами периферії еоценових морських басейнів на території північного-західного району УЩ. Стратиграфічну послідовність району досліджень складають відклади канівського, київського і обухівського регіоярусів еоцену Північної України.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Андреева-Григорович А.С., Запорожець Н.И., Шевченко Т.В. и др.* Атлас диноцист палеогена Украины, России и сопредельных стран. Киев: Наук. думка, 2011. 204 с.

2. *Бугрова Э.М.* Нуммулиты и дискоциклины палеогена востока Средней Азии. *Изв. АН СССР, Сер. геол.* 1991. № 1. С. 58-70.

3. Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Центрально-Украинская. Лист М-35-Х. Объяснительная записка / сост. В.П. Бухарев, Р.И. Завистовский. Москва: Гос. н.-т. изд-во лит-ры по геол. и охране недр, 1963. 82 с.

4. Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Центрально-Украинская. Лист М-35-XI. Объяснительная записка / сост. И.В. Череватюк. Москва, 1970. 152 с.

5. *Дідковський В.Я.* Нові дані про відклади київського ярусу в долині р. Ужу (права притока р. Прип'яті). *Геол. журн*. 1951. Т. XI, вип. 2. С. 29-37.

6. *Закревская Е.Ю.* Стратиграфическое распространение крупных фораминифер в палеогене Северо-Восточного Перитетиса. *Стратиграфия. Геол. корреляция*. 2005. Т. 13. № 1. С. 66-86.

7. *Зернецкий Б.Ф.* Биостратиграфия палеоцена – эоцена платформенной Украины по крупным фораминиферам. *Зб. наук. праць ІГН НАНУ*. 2016. Т. 9. С. 97-113.

8. *Зернецький Б.Ф.* Нумуліти та орбітоїди палеогенових відкладів Причорноморської западини. Київ: Вид-во АН УРСР, 1962. 75 с.

9. *Зосимович В.Ю., Шевченко Т.В.* Палеогенові відклади Північноукраїнської палеоседиментаційної провінції. *Зб. наук. праць ІГН НАНУ*. 2015. Т. 8. С. 68-121.

10. *Иваник М.М.* Палеогеновая спонгиофауна Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов. Киев, 2003. 202с.

11. *Клюшніков М.М.* Палеогенові відклади околиць м. Коростишева. *Геол. журн*. 1950. Т. X, вип. 1. С. 88-98.

12. *Макаренко Д.Є.* До стратиграфії палеогенових відкладів Олевського району Житомирської області. *Доп. АН УРСР*. 1958. № 1. С. 59-41.

13. *Макаренко Д.Є.* Палеогенові відклади північно-західної частини Українського кристалічного щита. *Геол. журн*. 1959. Том XIX, вип. 1. С. 47-56.

14. *Мусатов В.А., Рябоконь Т.С.* Распределение нанофоссилий и фораминифер в опорном разрезе киевской свиты с.Халепье (Киевское Приднепровье, Украина). В кн.: 40 років палеонтологічному товариству України: Матеріали XXXVIII сесії Палеонтологічного товариства НАН України. Київ, 2017. С. 117-119.

15. *Рябоконь Т.С.* Биостратиграфическое значение фораминифер среднего эоцена южной части Украинского щита. У кн.: Сучасні напрямки української геологічної науки: *Зб. наук. праць ІГН НАН України*. Київ, 2006. С. 255-276.

16. Стратиграфическая схема палеогеновых отложений Украины (унифицированная) / Отв.ред. Д.Е. Макаренко. Киев: Наукова думка, 1987. 116 с.

17. Стратиграфическая схема фанерозойских образований Украины для геологических карт нового поколения: Графические приложения. Киев, 1993.

18. Стратиграфія УРСР. Том IX. Палеоген / Відп. ред. В.Т. Сябряй. Київ: Вид-во АН УкрРСР, 1963. 320с.

19. *Ярцева М.В.* Нуммулиты палеогеновых отложений северо-восточного склона Украинского кристаллического массива. В кн. Палеогеновые отложения юга европейской части СССР. Москва: Изд-во АН СССР, 1960 а. С. 143-164.

20. *Ярцева М.В.* Нуммулиты палеогена Украинского кристаллического массива (Днепропетровская область). В кн.: Палеогеновые отложения юга европейской части СССР. Москва: Изд-во АН СССР, 1960 б. С. 165-172.

21. *Genot P.* Cenozoic Dasycladales. A Photo-atlas of Lutetian species from French Cenozoic basins. *Carnet de Geologie*. 2009. Special Paper 1. 180 p.

22. *Kaaschieter J.*P.H. Foraminifera of the Eocene of Belgium. *Inst. Roy. Sci. Nat. Belg. Mem*. 1961. no 147. 271 p.

23. *King C.* A revised correlation of Tertiary rocks in the British Isles and adjacent areas of NW Europe. *Geological Society Special Reports*. 2016. No 27. 720 p.

24. *Le Calvez Y.* Contribution a l'etude des Foraminiferes Paleogenes du bassin de Paris. Paris, 1970. 326 p.

25. *Murray J.W., Curry D., Haynes J.R., King C.* Paleogene. In: (eds) G.Y. Jenkins, J.W. Murray Stratigraphical Atlas of Fossil Foraminifera. 2-nd ed. *British Micropaleontol. Soc. Series*, Ellis Horwood Limited, 1989. P. 490-536.

26. *Murray J.W., Wright C.A.* Paleogene Foraminifera and Palaeoecology, Hampshire and Paris Basins and the English Channel. *Special Paper in Palaeontology*. 1974. No 14. 171 p.

УДК 556.38

ЩОДО ОЦІНКИ РИЗИКУ НЕДОСЯГНЕННЯ ДОБРОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ВОД ТА НЕОБХІДНОСТІ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕРЕЖІ ЇХНЬОГО МОНІТОРИНГУ У БАСЕЙНІ ДНІПРА

Саніна І.В.[1], Люта Н.Г.[2]
1 – УкрДГРІ, Київ, Україна, ekogeol@ukr.net,
2 – УкрДГРІ, Київ, Україна, канд. геол.-мінерал. наук, nlyuta@ukr.net,
У тезах висвітлено досвід виділення масивів підземних вод у суббасейнах Верхнього Дніпра і Десни, Прип'яті, Середнього і Нижнього Дніпра, а також виконаної оцінки ризику недосягнення доброго кількісного і якісного стану підземних вод. Сформульовано пропозиції щодо розвитку мережі режимних свердловин державної системи моніторингу підземних вод.

ON ASSESSMENT OF THE GROUNDWATER RISK OF FAILURE TO ACHIEVE ENVIRONMENTAL OBJECTIVES AND THE NEED TO IMPROVE THE GROUNDWATER NETWORK MONITORING IN THE DNIPRO RIVER BASIN

Sanina I.V.[1], Lyuta N.G.[2]:
1 – UkrSGRI, Kyiv, Ukraine, ekogeol@ukr.net,
2 – UkrSGRI, Kyiv, Ukraine, nlyuta@ukr.net
The abstracts cover the experience of allocating groundwater bodies (GWB) in the sub-basins of the Upper Dnipro and Desna, Pripyat, Middle and Lower Dnipro, as well as the risk assessment of failure to achieve good groundwater quantitative and qualitative status. Proposals for the development of observation points network of the state groundwater monitoring system have been formulated.

Відповідно до вимог Водної Рамкової директиви, моніторинг природних вод, в тому числі і підземних, здійснюється за басейновим принципом. Кожне басейнове управління розробляє і впроваджує План управління річковим басейном. Зважаючи на значну територію басейну Дніпра, тут утворені чотири басейнові управління, що охоплюють територію суббасейнів. У межах басейну Дніпра виділяються суббасейни Верхнього Дніпра, Прип'яті, Середнього і Нижнього Дніпра. Через незначну площу першого суббасейни Верхнього Дніпра і Десни об'єднані в одному басейновому управлінні і далі розглядаються разом.

Території суббасейнів розміщені в різних геологічних та гідрогеологічних умовах, що визначає особливості формування ресурсів підземних вод у їхніх межах.

Територія суббасейнів Верхнього Дніпра та Десни лежить у межах найкрупнішого гідрогеологічного регіону України – Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Водоносні горизонти належать до зони активного водообміну, містять воду питної якості та використовуються для централізованого водопостачання населених пунктів і промислових підприємств.

Територія суббасейну Прип'яті характеризується значно складнішими гідрогеологічними умовами, оскільки вона розташована в межах трьох гідрогеологічних регіонів - Волино-Подільського артезіанського басейну, Гідрогеологічної області

Українського щита і Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Це визначає більш сприятливі умови формування підземних вод в межах артезіанських басейнів.

Територія суббасейну Середнього Дніпра розташована в межах двох гідрогеологічних регіонів - Гідрогеологічної області Українського щита і Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну, що визначає більш сприятливі умови формування ресурсів підземних вод у межах останнього.

Територія суббасейну Нижнього Дніпра характеризується найскладнішими гідрогеологічними умовами, оскільки вона розташована в межах чотирьох гідрогеологічних регіонів: Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну, Гідрогеологічної області Українського щита, Причорноморського артезіанського басейну та Донецької складчастої

області. Крім того, вона розміщена на півдні басейну Дніпра, де інфільтраційне живлення значно менше, ніж на півночі.

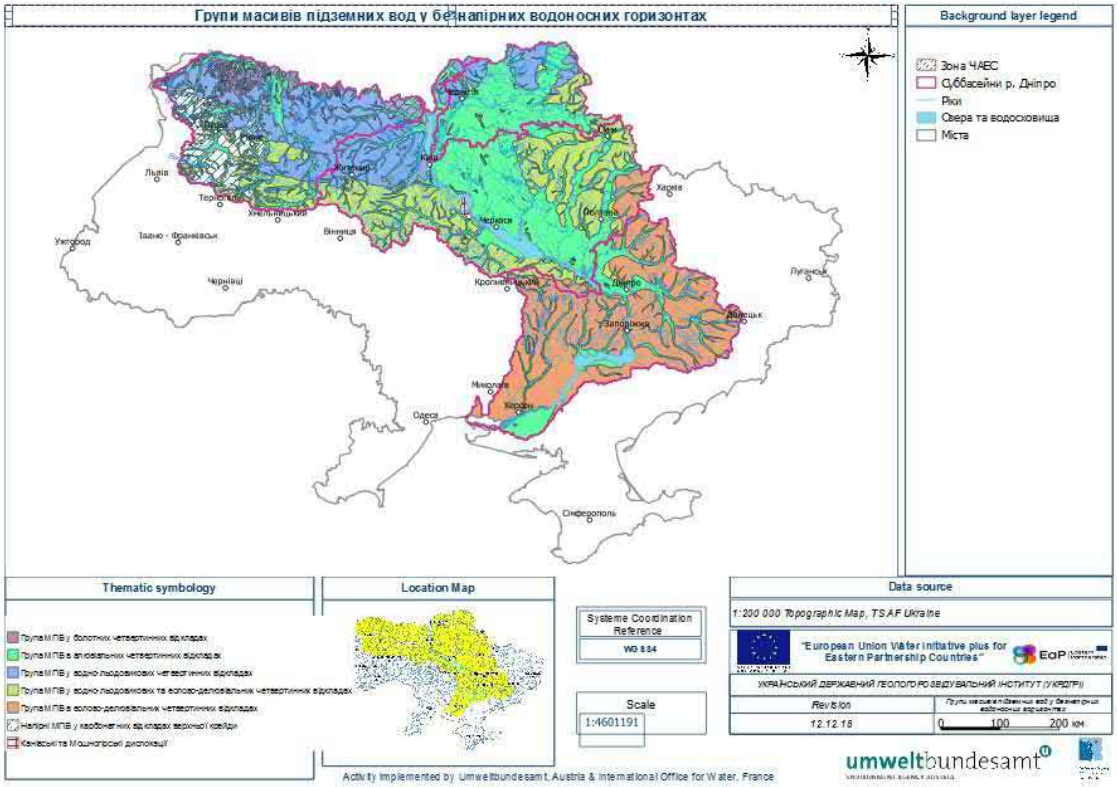


Рис. 1 – Безнапірні масиви підземних вод у басейні Дніпра

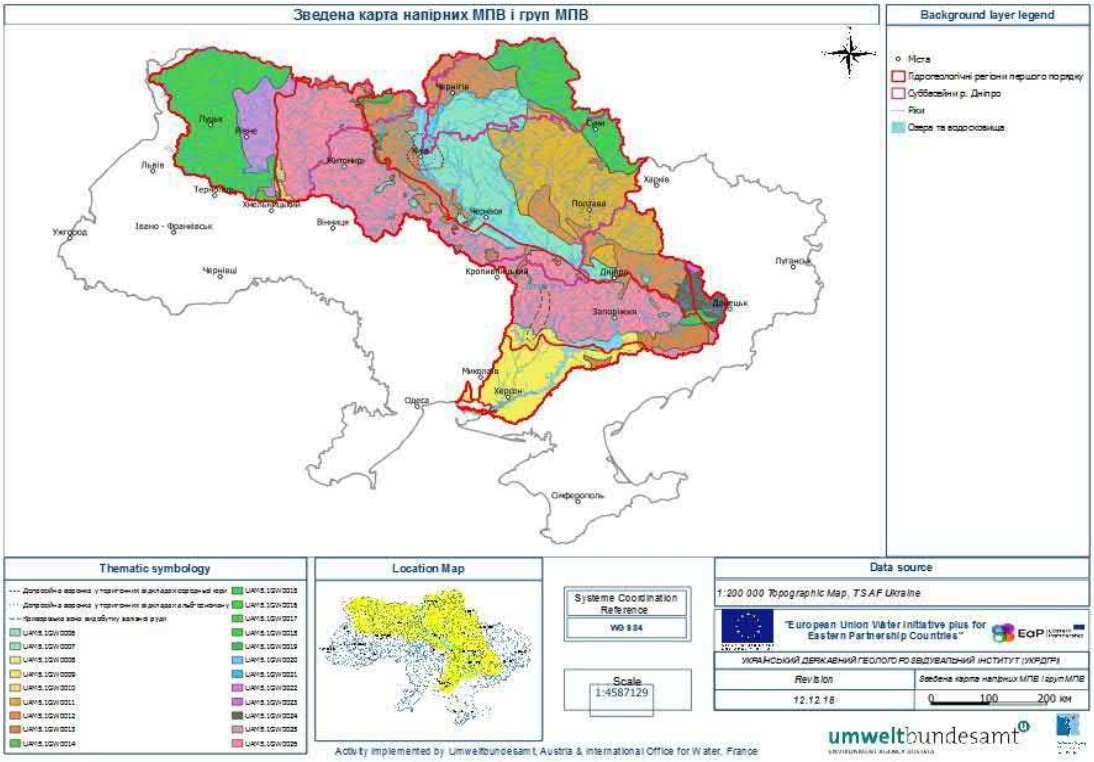


Рис. 2 – Напірні масиви підземних вод у басейні Дніпра (зведена карта)

Управлінськими одиницями моніторингу підземних вод є масиви підземних вод (МПВ) (рис.1, 2 [1]).

Саме для них встановлюються екологічні цілі. Залежно від геолого-гідрогеологічних умов у суббасейнах Верхнього Дніпра та Десни виділені 4 безнапірні і 6 напірних МПВ, у суббасейні Припяті - 4 безнапірні і 8 напірних МПВ, у басейні Середнього Дніпра - 4 безнапірні та 10 напірних МПВ, а в басейні Нижнього Дніпра - 3 безнапірні та 12 напірних МПВ.

Безнапірні МПВ належать до наймолодших – четвертинних порід. Напірні МПВ приурочені до різновікових порід – від четвертинних до юрських у суббасейнах В.Дніпра і Десни і від четвертинних до архейських – у межах решти суббасейнів.

Суббасейни Верхнього Дніпра та Десни є найбагатшими на ресурси підземних вод. Нині використання підземних вод на території цих суббасейнів у середньому становить лише 3% від їхніх прогнозних ресурсів, в той час як цей показник по суббасейну Прип'яті становить 5%, Середнього Дніпра – 7,2%, Нижнього Дніпра – 10,9%. Хоча цей показник дещо різниться по різних суббасейнах, загалом є суттєві ресурси для нарощування видобутку підземних вод у межах всього басейну Дніпра.

Динаміка видобутку підземних вод з напірних МПВ протягом останніх десятиріч свідчить про стійку тенденцію його зменшення. Це дозволяє на найближчу перспективу впевнено прогнозувати відсутність ризику погіршення кількісних показників МПВ, що використовуються для водопостачання. Про відсутність ризику погіршення кількісних показників МПВ також свідчить і загальна тенденція до незначного зменшення кількості населення [1].

Щодо безнапірних МПВ, статистичні дані про водовідбір із них відсутні, але оскільки вони експлуатуються лише розосередженими приватними водокористувачами, які здійснюють водовідбір у мінімальних кількостях, ризик погіршення кількісних показників для цих МПВ є несуттєвим. Певні локальні проблеми можуть виникати лише у масивах підземних вод у болотних відкладах, де зниження рівня пов'язане з видобутком торфу або впливом осушувальної меліорації.

Висновок щодо відсутності ризику недосягнення доброго кількісного стану МПВ у безнапірних і напірних МПВ підтверджується даними вимірювання рівнів у спостережних свердловинах моніторингової мережі.

Стосовно оцінки ризику недосягнення доброго хімічного стану, слід зауважити наступне. Безнапірні МПВ знаходяться під найбільшим ризиком забруднення, оскільки саме на них припадає основне навантаження від господарської діяльності. Дифузні (розосереджені) джерела забруднення (урбанізовані території, промислові зони, сільськогосподарські угіддя)

суттєво впливають на безнапірні МПВ – зокрема вони повсюдно характеризуються підвищеним вмістом сполук азоту. Водночас напірні МПВ є захищеними водотривкими відкладами, тому ризик їхнього забруднення мінімальний.

Приймаючи оптимістичний сценарій розвитку економіки, в подальші роки слід очікувати збільшення промислового виробництва і посилення тиску на довкілля, в тому числі підземні води. З іншого боку, є сподівання, що розвиток промислового виробництва, зважаючи на загальносвітові тенденції, буде здійснюватися на основі концепції сталого розвитку, тобто виробництво буде менш ресурсовитратне і задовольнятиме вимоги більш жорстких, ніж у попередні роки, екологічних нормативів. Отже, суттєвого збільшення тиску на підземні води від промислових підприємств (точкових джерел забруднення) у найближчі роки не очікується.

Щодо дифузних джерел, ситуація дещо інша. Суттєвий попит на продовольчу продукцію на світовому ринку обумовлює стійке зростання сільськогосподарського виробництва. Це супроводжується збільшенням використання добрив і засобів хімічного захисту рослин. Тому доводиться очікувати збільшення навантаження від дифузних джерел забруднення в межах сільськогосподарських угідь. Оскільки напірні МПВ є захищеними від поверхневого забруднення, негативних наслідків від впливу дифузного забруднення зазнаватимуть незахищені безнапірні МПВ.

Оцінюючи хімічний стан підземних вод, слід також зауважити, що як напірні, так і безнапірні МПВ у суббасейнах Середнього і Нижнього Дніпра подекуди містять воду із природно підвищеною мінералізацією, яка перевищує нормовані значення в 1 г/дм^3, що вимагає проведення водопідготовки перед поданням споживачам.

Отже, основною водно-екологічною проблемою підземних вод у басейні Дніпра є якісний стан безнапірних МПВ. Їхнє забруднення нітратами має повсюдний характер, що вимагає реалізації відповідних заходів. Очевидно, цьому має сприяти процес децентралізації, коли місцеві громади матимуть змогу направляти кошти на вирішення пріоритетних питань, наприклад, організацію централізованого водопостачання населення з напірних МПВ.

Гострою проблемою залишається недосконалість системи моніторингу підземних вод, обумовлена її багаторічним фінансуванням за залишковим принципом.

Кількість спостережних свердловин очевидно є недостатньою для характеристики таких значних територій зі складними природними і техногенними умовами.

Нині кількість спостережних пунктів державної мережі моніторингу підземних вод на території суббасейнів Десни і Верхнього Дніпра зменшилась до критичного рівня і складається лише з 11 спостережних свердловин, з них 6 – на безнапірні і 5 – на напірні МПВ. Для цієї території необхідно залучити для спостережень додатково щонайменше 24 свердловини: 19 на напірні МПВ і 5 - на безнапірні.

На території суббасейну Прип'яті нині функціонує 18 спостережних свердловин, з них 9 – на безнапірні і 9 – напірні МПВ. Для достовірної оцінки кількісного і якісного стану підземних вод у басейні Прип'яті необхідно додати ще не менше 30 свердловин, в т.ч. 6 для безнапірних МПВ та 23 для напірних, а також 12 колодязів на безнапірні МПВ.

В межах суббасейну Середнього Дніпра спостережна мережа складає лише 49 свердловин, з них 27 – на безнапірні і 22 – напірні МПВ. Необхідно залучити для спостережень додатково 82 спостережні пункти, з них на безнапірні МПВ - 8 свердловин і 4 колодязі, і на напірні МПВ - 70 свердловин.

На території Нижнього Дніпра спостережна мережа нині складається з 50 спостережних свердловин, з них 9 – на безнапірні і 41 – напірні МПВ. Для цієї території необхідно залучити для спостережень додатково щонайменше 30 свердловин, в т. ч., 5 для безнапірних МПВ та 25 для напірних.

Отже, в межах всіх суббасейнів необхідно організовувати додаткові спостережні пункти. Нині найгірше забезпечена ними територія суббасейнів Верхнього Дніпра і Десни, найкраще – територія суббасейну Нижнього Дніпра. Загалом до існуючих 128 спостережних пунктів слід додати ще 166, і головне, забезпечити регулярні спостереження з дотриманням вимог щодо періодичності спостережень і переліку контрольованих показників.

Зважаючи на обмежені обсяги фінансування та відсутність охоронного статусу свердловин державної системи моніторингу, найдоцільніше є залучати діючі свердловини місцевого населення і промислових підприємств. Обов'язковим інформаційним блоком моніторингу підземних вод повинні стати також результати спостережень, які на своїх водозаборах здійснюють водокористувачі відповідно до умов спеціальних дозволів на користування надрами і програм робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. *С. Гошовський, І. Саніна, Н. Люта.* Технічний звіт Розробка проекту плану управління басейном річки для басейну Дніпра в Україні: Фаза 1, Крок 2 – аналіз тиску та впливу, оцінка ризику, цілей довкілля, програма моніторингу підземних вод і трансгранична гармонізація. Водна ініціатива Європейського Союзу плюс для країни Східного партнерства (EUWI +). К., 2020.

УДК 551.782.13

МЕДОБОРИ-ТОВТРИ (ПОДІЛЛЯ, ЗАХІДНА УКРАЇНА) – ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИРОДНИЧИХ НАУК І РЕСУРС ДЛЯ РОЗВИТКУ РЕКРЕАЦІЇ Й ТУРИЗМУ

Я. М. Тузяк, кандидат геологічних наук. Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна, **yarynatuzyak@gmail.com**

Внаслідок аналізу праць українських і польських дослідників проаналізовано структурно-морфологічну будову середньоміоценової викопної рифової споруди Медобори-Товтри в межах України. Цю біогенну споруду вважають однією з найбільших рифогенних систем у Центральному Паратетисі. Її закладення та розвиток відіграли значну роль в еволюції усього Паратетису. Це не лише унікальна екосистема, яка виконує важливу екологічну функцію „легень планети", але й неповторна геоморфолого-геологічна споруда, аналогів якої не існує в межах планети Земля, а також резервуар для акумуляції і локалізації різних корисних копалин – вуглеводнів, бокситів, залізних руд, кобальту, нікелю та ін. З огляду на майде 100-літню історію досліджень вона і надалі привертає увагу науковців різних галузей і може бути об'єктом досліджень різних наукових напрямів. Це також унікальна комплексна пам'ятка природи – „музей", „науково-дослідна" і „навчальна лабораторії" під відкритим небом, яка становить високу освітню, геотуристичну й рекреаційну цінність. Розглянуто значення рифових структур у розвитку геотуризму як комплексного об'єкта та перспективи створення на їх основі геопарку. Висвітлено цінність рифової споруди як наукової, освітньої й геотуристичної пам'ятки природи з позиції різних наукових напрямів (геології, біології, географії, екології, геотуризму – музей під відкритим небом створений природою). Визначено їхню комплексність з позиції геології як об'єкта палеонтології, стратиграфії, літології, вуглеводневої геології, палеогеографії, спелеології.

MEDOBORY-TOUTRAS (PODILLYA, WESTERN UKRAINE) –NATURAL SCIENCES RESEARCH OBJECT AND A RESOURCE FOR RECREATIONAL AND TOURISM DEVELOPMENT

Ya. M. Tuzyak, PhD geology sciences, Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine, ***yarynatuzyak@gmail.com***

As a result of the analysis of the works of Ukrainian and Polish researchers, the structural morphological structure of the Middle Miocene fossil reef structure Medobory-Toutras within Ukraine was considered. This biogenoe structure is considered one of the largest reefal systems in Central Paratethys. Its laying and development played a significant role in the evolution of the entire Paratethys. It is not only a unique ecosystem that performs an important ecological function of the "light planet," but also a unique geomorpholic-geological structure, the analogues of which do not exist within the planet Earth, as well as a reservoir for accumulation and localization of various minerals – hydrocarbons, bauxite, iron ores, cobalt, nickel, etc. Given the almost 100-year history of research, it continues to attract the attention of scientists of different industries and can be the object of research in various scientific areas. It is also a unique complex monument of nature - "museum," research "and" educational laboratory" under the open air, constituting high educational, geotouristic and recreational value. The significance of reef structures (on the example of the Middle Miocene reef system of Medobory-Toutras) as a complex object of geotourism and the prospects for the creation of a geopark on their basis have been considered. The value of the reef structure as a scientific, educational and geotouristic monument of nature from the position of various scientific directions (geology, biology, geography, ecology, geotourism – open-air museum created by nature) is illuminated. Its complexity is determined from the position of geology as an object of paleontology, stratigraphy, lithology, hydrocarbon geology, paleogeography, speleology.

Серед значного різноманіття біо- і геооб'єктів Природного заповідника «Медобори» та Національного природного парку «Кременецькі гори» [5, 6], розташованих на територіях Тернопільської і Хмельницької областей, особливої уваги заслуговують Медобори-Товтри – структура біогенного походження, яка становить високу освітню, геотуристичну й рекреаційну цінність.

З огляду на це, вивчення цієї середньоміоценової викопної рифової системи має науково-прикладне, культурно-освітнє і природоохоронне значення (Рис. 1).

Рис. 1. Модель науково-прикладного, культурно-освітнього і природоохоронного значення середньоміоценової викопної рифової системи Медобори-Товтри

Мета досліджень: 1) з'ясувати геолого-геоморфологічну будову рифової системи Медобори-Товтри за майже 100-літню історію вивчення, її роль у Центральному Паратетисі як одного з чинників впливу на зміну фізичних, хімічних і біотичних параметрів середовища; 2) внести уточнення і доповнення у розуміння закладення і розвитку рифової споруди з використанням власних уявлень; 3) визначити наукове, прикладне, культурно-освітнє й природоохоронне значення складових елементів рифової споруди і прилеглих територій, вирішити дискусійні питання і розкрити їхній геотуристичний потенціал з метою його оцінки як об'єкта геотуризму та складового елемента геопарів для розроблення і прокладання перспективних туристичних маршрутів (екостежин), які можуть бути складовими заповідника, національного природного парку (НПП) чи геопарку. Аналіз і виокремлення критеріїв для створення геопарку з включенням його у світову мережу з метою природоохоронної діяльності.

Для реалізації мети проаналізовані результати з вивчення геотуристичного потенціалу природних, історико-культурних об'єктів заповідного фонду Тернопільської і Хмельницької обл. [5, 6 та ін.], у тому числі, рифової системи Медобори-Товтри за понад 100-річну історію досліджень та еволюції поглядів науковців (з моменту виділення до тепер) [6, 7, 9 та ін.], матеріали довідкових видань території досліджень й інших регіонів [8 та ін.], а також результати власних польових і лабораторних досліджень щодо вирішення дискусійних питань (зокрема мікрофосилій) для визначення поперечного (фаціально-екологічного), поздовжнього (латеральної зміни) і вертикального (еволюція у часі) зонування.

Для досягнення мети виконано низку завдань, серед яких головними є:

1. Аналіз поглядів дослідників щодо виділення рифової споруди Медобори-Товтри та введення її в об'єкт досліджень.

2. Огляд еволюції поглядів різних поколінь геологів щодо будови системи рифів за понад 100-річну історію досліджень, виявлення проблемних дискусійних питань.

3. Аналіз уявлень авторів щодо закладення і розвитку сучасних і викопних рифових споруд.

4. На підставі власних досліджень автора уточнити і доповнити уявлення щодо будови, та стадій розвитку рифової споруди Медобори-Товтри.

5. Визначити значення рифової системи Медобори-Товтри як об'єкта для різних напрямів природничих наук та їхню освітню, геотуристичну й рекреаційну цінність.

6. З'ясувати світовий досвід створення геопарків (виділення критеріїв) та їхнє значення для природоохоронної діяльності.

Аналіз будови рифової системи [2, 4, 9 та ін.] та вивчення мікрофосилій сприяло виділенню зон у просторі і часі. Так, у поперечному напрямі простежується виділення фаціально-екологічних зон – передрифової, рифової і зарифової фацій. У поздовжньому напрямі (з пн.-зх. на пд.-сх.) – омолодження і ускладнення структури рифової споруди. У часі виділено три стадії розвитку рифових систем, які відрізняються формою і типом біогенних тіл, зміною організмів-рифобудівників й організмів-мешканців та віковими рамками закладення й розвитку відповідних стадій рифів – від простих до більш складних. Простежено пряму залежність еволюції рифових систем від розвитку рифтових зон.

Як геолого-геоморфологічна структура – рифи Медобори-Товтри водночас з орогенною стадією у Карпатській складчастій системі відіграли важливе значення в ізоляції Центрального Паратетису від суміжних басейнів Середземномор'я/Індо-Тихоокеанського та Східного Паратетису, своїм утворенням наростили осадовий чохол неогену і стали джерелом формування нових геологічних тіл – буглівських верств, оолітових вапняків та ін.

Рифові споруди значно поширені у регіонах, що свого часу належали до басейнів Середземномор'я й Паратетису, й охоплюють віковий інтервал від аквітанію до п'яченцію, серед яких значна частка сформована в діапазоні серавалію-месінію (ранньому-пізньому баденії-сарматі). Вони виявлені в Іспанії, Балеарських островах, Італії, Сицилії, Мальті, Тунісі, Криті, Кіпрі, Ізраїлі, Турції, Австрії, Україні, Молдові, Румунії, Угорщині, Кримсько-Кавказькому регіоні. Ця виняткова діяльність з побудови рифів була результатом поєднання ряду кліматичних, тектонічних й евстатичних чинників, які сприяли створенню районів, в яких мілководні, теплі моря сприяли закладенню і розвитку коралово-водоростевих рифів.

Тому, перш ніж перейти до розгляду рифової споруди Медобори-Товтри та їхнього геотуристичного потенціалу, слід зазначити, яку цінність представляють собою рифові

системи як об’єкти досліджень для різних наукових середовищ і напрямів і, чому їх необхідно вивчати та охороняти. На сучасному етапі рифові споруди можуть були об’єктами досліджень таких наукових напрямів як біології, екології, географії, геології, геотуризму (Рис. 2). З огляду на такий значний спектр науковців-дослідників, для яких рифові споруди, як об’єкти досліджень становлять інтерес, доцільним буде навести їхнє наукове визначення в залежності від аспекту наукового зацікавлення.

Рифова система (споруда, побудова, конструкція) – це:

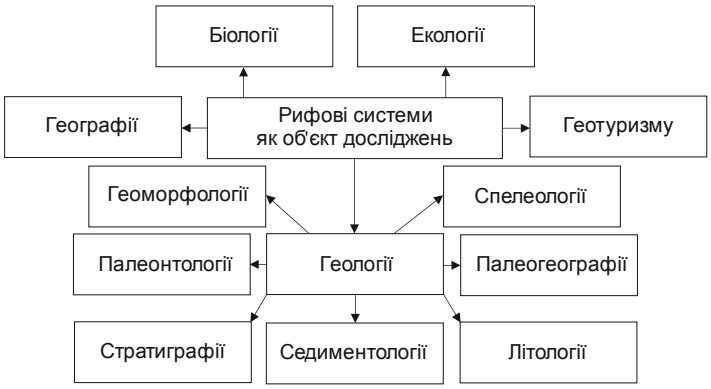


Рис. 2. Модель розгляду об’єкта вивчення рифових структур з позиції різних наукових напрямів (підходів)

з позиції **біології**: сучасна природна система організації живої речовини, або викопна біогенна споруда, складена (утворена) відповідними групами організмів (каркасо(рифо)будівників і мешканців), які взаємодіють між собою і навколишнім середовищем, або об’єкт для вивчення закономірностей розподілу, структури, зв’язків різних груп організмів.

з позиції **екології**: унікальна замкнута екосистема (автономне суспільство) або еко-морфодинамічна система, з власними (авто- і гетеро-)трофними зв’язками, власною первинною продукцією (є джерелом для продукування $C_{орг}$ і поглинання CO_2) [1], закладення і розвиток якої контрольований комплексом біотичних і абіотичних чинників. Це частина або складова біосфери, виникнення, розвиток, функціонування і взаємодія з іншими екосистемами якої здійснюється за відповідними закономірностями.

Термін „еко-морфодинамічна система“ вперше запропонований П. Кенчем із співавторами у 2009 р. (Kench et al., 2009) [10]. Під „еко-морфодинамічною системою“ автори розуміють продукт взаємодії і взаємозв’язків зовнішніх і внутрішніх чинників у формуванні структури рифів, а саме її морфології, фізичної гідродинаміки (фізичних процесів) й екологічних (біо-хімічних) процесів, і є результатом продукування, перенесення і осадження карбонату кальцію (Рис. 3).

Також РС можуть розглядатися як об’єкт для вивчення і розвитку екзогенних процесів (форм рельєфу, утворених внаслідок карсту [2] – печер, лійок, колодязів та ін.).

з позиції **географії**: геоморфологічна споруда складної конфігурації, чітко виражена в рельєфі (пасмо, пагорб, гряда), приурочена до мілководних прибережних зон, з своєрідною архітектурою форм. Нарощує береги і виконує захисну функцію (зберігає береги від

руйнування (абразії) під час трансгресій, хвильової і штормової діяльності), використовується в цілях картування.

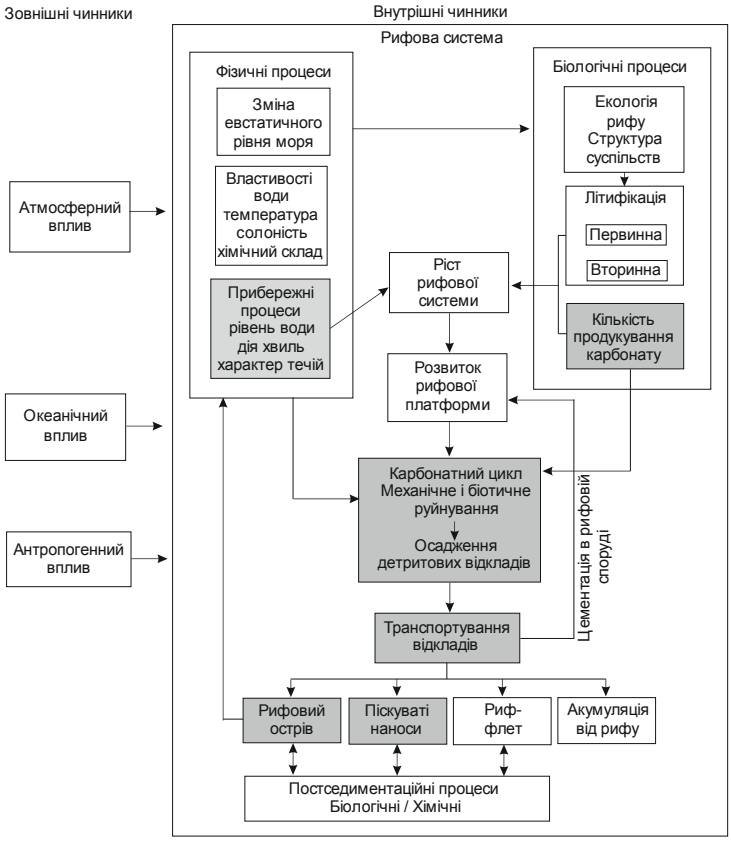


Рис. 3. Структура і функції еко-морфодинамічної моделі рифової системи.
Модель демонструє взаємодію біологічних і фізичних процесів і їх вплив на морфологію та седиментаційні форми рельєфу рифу, що діють упродовж часу. Сірим у прямокутниках і чорними стрілками показані головні зв'язки між сучасними системами, що контролюють розвиток седиментаційних форм від початку до сотні років, вбудовані у значно ширшу динамічну систему, що контролює розвиток рифу упродовж сотень і мільйонів років за Kench et al., 2009 [10]

з позиції **геології**: сучасна або викопна складна біогенна споруда (геологічне тіло), виникнення якої контролюється низкою фізичних, хімічних і біологічних чинників, і характеризується комплексом морфологічних, біотичних, літолого-седиментологічних ознак. Виступає картографічною одиницею для побудови різних геологічних моделей.

з позиції **нафтогазової геології**: унікальні резервуари (колектори карбонатного типу з комплексом показників) для акумуляції й локалізації промислових покладів вуглеводнів [3]. Сьогодні з сучасними і викопними рифовими системами пов'язані 75 % світових запасів нафти і газу. Також з закарстованими ділянками РС, пов'язані рудні родовища бокситів, залізних руд, кобальту, нікелю та ін.

з позиції **геотуризму**: унікальний комплексний природний об'єкт (екосистема, ландшафт), який має природоохоронне, культурно-освітнє, науково-пізнавальне і рекреаційне значення.

В галузі геології вони можуть становити цікавість для палеонтології, стратиграфії, седиментології, літології, палеогеографії, спелеології, геоморфології.

Для палеонтолога – це об’єкт, в якому зосереджена найбільш численна й різноманітна біота різних часових відрізків (від раннього баденію до сармату – в регіональному масштабі і від протерозою до сучасних – у глобальному масштабі) РС, серед яких аналогів не існує. Кожна з них унікальна і неповторна.

Для стратиграфа вони можуть розглядатися у двох аспектах: 1) як специфічні морфолітостратиграфічні підрозділи [7] – органогенні масиви – сукупність породношаруватих систем (геологічних тіл), що об’єднані за літологічними, фаціально-морфологічними ознаками і використовуються як допоміжні місцеві стратони. Стратони значної потужності і поширення можуть картуватися як окремі одиниці і мати власні географічні назви. Органогенні масиви (рифи, біогерми, біостроми) залягають серед стратифікованих порід у вигляді ізольованих лінзоподібних тіл або їх ланцюжків. Представлені масивними нешаруватими карбонатними породами або біогенними утвореннями. Межі різко діахронні. Потужність рифів може перевищувати потужність суміжних одновікових стратифікованих відкладів; біогерми і біостроми зазвичай малопотужні і входять до складу місцевих стратонів. 2) як геологічна границя баденію/сармату [9] місцевого і регіонального значення (для споруди Медобори-Товтри).

Для літолога – це можливість оцінити роль кожної з груп організмів у формуванні товщ карбонатів, а також відтворити умови осадонакопичення з найбільш ймовірним степенем реальності, розміщення й орієнтацію структурного плану органічної споруди у седиментаційному басейні. Визначення залежності заміщення і співвідношення фацій між ростом РС і тектонічним режимом території. З’ясування виникнення еколого-фаціального зонування (зарифової, рифової і передрифової фацій) від стадій розвитку РС.

Для геолога-нафтовика – з’ясування умов, виявлення пасток-колекторів, екрануючих порід (покришок) для акумуляції, локалізації й поширення промислових покладів вуглеводнів.

Для палеогеографа – розміщення ОС на поверхні планети для окремих часових інтервалів – це надійна основа для встановлення кліматичної зональності й визначення положення того чи іншого регіону в геологічному минулому.

Природоохоронна діяльність і перспективи створення геопарків. На сучасному етапі для природоохоронної діяльності й збереження унікальних і неповторних екосистем світова спільнота застосовує інноваційні ідеї і наукові підходи. Зокрема однією з таких прогресивних ідей є практика створення геопарків, мета яких полягає у популяризації, розширенні й поглибленні знань з наук про Землю, складовою яких є екологічна безпека і раціональне використання надр, а також розуміння закономірностей виникнення, розвитку, функціонування і взаємодії екосистем різного рівня та їх підпорядкування. Знання цих

закономірностей, виявлення й оцінка загрозливих чинників запорука збереження природних ресурсів і здоров'я населення.

Оскільки головними критеріями вибору територій для геопарків за О. Шевчук [8] є особливості геолого-геоморфологічної будови, кількість і рівень об'єктів геоспадщини, а також стан їхнього збереження й спосіб використання, то природно-антропогенну складову можна вважати головною передумовою для створення геопарку. Відповідно до підходів щодо вибору територій, які підлягають включенню в геопарк, важливе значення або перевагу надають тим, які характеризуються значною концентрацією геооб'єктів, місцевого, регіонального чи загальнодержавного значення, або території з одним геооб'єктом всесвітнього значення, що внесений до Списку світової спадщини ЮНЕСКО, та кількох нижчого рангу. Для проектованих геопарків мають значення й інші природні й історико-культурні об'єкти, які мають наукову, освітню й туристичну цінність.

Беручи до уваги критерії створення геопарків [8] і ту обставину, що рифова система середнього міоцену поширена не лише на території України, але й за її межами, а також її комплексність як об'єкта досліджень „спектра" наук, то вона без сумніву може бути включена у світову мережу геопарків.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Жирков И. А.* Жизнь на дне. Биогеография и биоэкология бентоса / И. А. Жирков. – М., 2010. – 453 с.

2. *Королюк И. К. Подольские Толтры* и *условия их образования* / И. К. *Королюк // Труды Ин-та* геол. наук АН СССР. Сер. геол. *– 1952. – Вып. 110. – № 56. – 120 с.*

3. *Максимович Г.А.* Карст карбонатных нефтегазоносных толщ / Г.А. Максимович, В. Н. Быков. – Пермский ун-т, 1978. – 96 с.

4. *Маслов В. П.* Ископаемые багряные водоросли СССР и их связь с фациями / В. П. Маслов. – Изд-во АН СССР. – Москва, 1962. – 221 с. (Тр. Геологич. ин-та. Вып. 53).

5. Національний природний парк "Кременецькі гори" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kremgory.in.ua/pro-park/

6. *Оліяр Г.* Медобори / Г. Оліяр // Тернопільський енциклопедичний словник : у 4 т. / редкол.: Г. Яворський та ін. Тернопіль : Видавничо-поліграфічний комбінат «Збруч», 2005. Т. 2 : К – О. С. 488–490.

7. Стратиграфічний кодекс України / відп. ред. П. Ф. Гожик. – 2-е вид. – К., 2012. – 66 с.

8. *Шевчук О.* Методичні засади створення національних геопарків в Україні / О. Шевчук // Науковий вісник Чернівецького університету. – Випуск 587-588. – 2013. – С. 82–88.

9. *Górka M*. The Medobory Hills (Ukraine): Middle Miocene Reef Systems in the Parathetys, their biological diversity and lithofacies / Górka M., Studencka B., Jasionowski M., Hara U., Wysocka A., Poberezhskyy A. // Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 449. – 2012. – P. 147–174.

10. *Kench P.S., Perry C.T., Spencer T.* Coral reefs. In Slaymaker, O., Spencer, T., and Embleton-Haman, C. (eds.). – *Geomorphology and Global Environmental Change*. – Cambridge: Cambridge University Press, Chap. 7, 2009. – P. 180–213.

УДК 622.2.553.4:519.85

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ГЕОЛОГІЧНО-ГІРНИЧИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИЛУЧЕННЯ ТВЕРДОЇ КОРИСНОЇ КОПАЛИНИ З НАДР

Хорольський А.О., к.т.н., khorolskiyaa@ukr.net,
Гріньов В.Г., д.т.н., проф., grinevv@ukr.net,
Інститут фізики гірничих процесів НАН України, м. Дніпро, Україна

Приведена ситуація із дослідження рівня раціонального природокористування мінеральними ресурсами в Україні на тлі світових виробників цінних корисних копалин. Розглянуті питання нормативного забезпечення питань проектування ефективної експлуатації родовищ руд кольорових металів. Запропоновано нові підходи щодо ефективного освоєння родовищ корисних копалин, а також зменшення техногенного навантаження на довкілля в регіонах де ведеться видобуток шляхом створення технології оптимального проектування із залученням сучасних інформаційних технологій.

ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF GEOLOGICAL AND MINING POTENTIAL FOR THE EXTRACTION OF SOLID MINERALS FROM THE DEPTHS

Khorolskyi A, Candidate of Technical Sciences, khorolskiyaa@ukr.net,
Hrinov V., Doctor of Technical Sciences, Professor, grinevv@ukr.net,
Institute for physics of mining processes NAS of Ukraine, Dnipro, Ukraine

The questions of creation of modern mathematical support, as well as the means of decision making for the feasibility study of Ukrainian deposits with valuable minerals and determination of the optimal strategy for their development are considered. Unlike economic scenarios, the development of the field of environmental requirements takes into account the rating of man-made environmental hazards at each stage, which allows not only the benefit but also the risks of production. The field of optimal design technology for the rational development of fields is independent of the type of minerals, since the determination of the optimal scenario of production of final products for a particular field is due to the model of changing the state of mineral reserves from balance sheet to final products, which after the transformation of acyclic graphs in the network can be optimized using classic algorithms.

В надрах нашої країни присутня потужна мінерально-сировинна база. За своїм ресурсним потенціалом рідкісних металів Україна посідає перше місце в Європі і відома як велика провінція світу. Підприємства кольорової металургії є одним з основних стаціонарних джерел забруднення середовища і тому під звалища промислових відходів доводиться вилучати значні земельні площі, а виплавка кольорових металів в Україні зменшується. Потребу раціонального користування українськими надрами важко переоцінити, але з часів незалежності жодне з таких родовищ не освоєне належним чином.

Таку ситуацію можна пояснити браком уваги до цього питання у відповідних державних структурах, а також відсутністю фахового відношення до складної науково-технічної проблеми ефективного вилучення корисних копалин з надр, яке супроводжується шкідливим виробництвом розташованим фактично у центрі Європи. Відомчі норми, які регламентують технологічне проектування є по багатьох видах галузевої діяльності, але, на жаль, у нас в країні досі відсутні нормативи по розробці кольорових металів.

Запаси корисних копалин і техніко-економічна оцінка їх розробки, що затвердила ДКЗ України (Державна комісія України по запасах корисних копалин) [1], є підставою для

складання проектів видобування корисних копалин. Технічно питання освоєння родовищ вирішуються наступним чином. Після проведення державної експертизи геологічних матеріалів та встановлення кондицій на мінеральну сировину оцінюються запаси і ресурси на конкретному родовищі. По даним геологічної розвідки родовища корисної копалини проводиться ГЕО (геолого-економічна оцінка) в стандартному або комерційному варіантах з відповідно обґрунтованими кондиціями на мінеральну сировину і підрахованими запасами [2, 3].

ОПР (особа, що приймає рішення – власник ліцензії, інвестор) розглядає декілька варіантів отримання кінцевої продукції. Згідно з діючими нормативами [4, 5] під час визначення варіанту освоєння оцінюваного геологічного об’єкту перевагу слід віддавати варіанту, що забезпечує максимальні величини інтегрального економічного ефекту. Останній, за якими б цінами він не розраховувався (незмінним або поточними), і який би метод обліку чинника часу при цьому не застосовувався, є відносною величиною, що служить критерієм для вибору найкращого варіанту (з точки зору ОПР) для проекту освоєння родовища [6].

Обґрунтування способу і системи розробки родовища, виробничої потужності і терміну дії підприємства, видів гірничого обладнання, засобів механізації, інших проектних рішень і параметрів рекомендовано проводити методами, які застосовуються в практиці проектування гірничодобувних підприємств, з використанням чинних галузевих норм технологічного проектування, державних будівельних норм, проектів діючих підприємств-аналогів, даних науково-технічних досліджень.

Проти таких рекомендацій важко заперечувати, проте слід зазначити наступне, що таких аналогів розробки, наприклад, золоторудних родовищ немає ні в Україні, ні в Європі (за винятком скандинавських країн, які відносно світового рівня мають низький рівень річного видобутку, менш 10 тонн) . Значний досвід і прогресивні технології вилучення з надр благородних металів існують на американському, азіатському і африканському континентах [7, 8, 9]. Згідно даних GFMS Gold Survey у рейтингу із понад 50 світових виробників рудного золота (без України) в першу п'ятірку входять Китай, Австралія, Росія, США, Канада з річними обсягами від 400 до 200 т металу [10].

Історія спроб освоєння золоторудних родовищ в Україні розпочалася з надбання незалежності. Ключові її моменти загальновідомі, а історія українського золота як «Клондайк для аферистів» доступна широкому колу користувачів мережі Internet [11]. У перелік цих моментів входять: розвідка більше десятка родовищ з промисловими запасами, програма «Золото України», створення компанії «Укрзолото», виготовлення золотого тризубу, ліквідація «Укрзолото» через неефективність роботи, створення ПАТ «Українські поліметали» на чолі з російською командою, не ефективна розробка Клінцовського і

Мужієвського родовищ з елементами декларативності і, як наслідок, ліквідація ПАТ «Український поліметал». Спроба інтенсифікації видобутку золота за рахунок залучення іноземних компаній в статусі повноправних надрокористувачів не увінчалась успіхом, також не було успіхів і в «золотобатонному» періоді, в якому НБУ України був наділений нечуваними «золотими» повноваженнями.

У проектах гірничих робіт на вітчизняних золотодобувних підприємствах були закладені не ефективні технологічні рішення, оскільки проектування було на низькому рівні силами гірничодобувних підприємств за рахунок окупності. Про це свідчить доступна в Інтернеті інформація про фактичний стан справ з даного питання.

В даний момент в Україні є декілька власників ліцензій, про які багато різноманітної і суперечливої інформації в ЗМІ, а видобутку золота немає. Зведення з інформаційного простору початку поточного року про підприємства, які мають діючі ліцензії на розробку конкретних золоторудних родовищ, окрім журналістських розслідувань, переліку судових процедур і імітації іноземних інвестицій приведені в таблиці.

Таблиця 1. Відомості про підприємства по видобутку рудного золота

Назва об'єкту ліцензування	***Власник спецдозволу Місцеположення***	***Дата видачі/ Дата закінч./ Ознака дії***	***Корисна копалина О-основна С- супут.)***	Експлуата-ція родовища	Доступна інформація о діяльності
Родовище Сергіївське	***ТОВ «Камнеобробна компанія України», м. Дніпро***	***14-10-2010 14-10-2030 Дійсний***	***О - Руди золота***	Не здійснює-ться	Сайт не діє. Інформація о діяльності відсутня
Родовище Сауляк. Ділянка – Рудне тіло 1, Ділянка – Рудне тіло 2	***ТОВ "САУЛЯК", Закарпатська обл., м Рахів***	***22-12-2010 22-12-2030 Дійсний***	***О - Руди золота***	Не здійсню-ється	Сайт не діє. Інформація о діяльності відсутня
Родовище – Мужіївське	***ПрАТ «Карпатська рудна компанія» Закарпатська обл., м. Берегове,***	***19-03-2012 19-03-2032 Дійсний***	***О - Руди золота, С -Води дренажні***	Розробка та утилізація відвалів	Сайт діє. Інформації не має

Багаторічний досвід наукових академічних досліджень одного з авторів даної статті [6, 12] за оцінкою і вибором параметрів підземної розробки родовищ з рудами рідкісних і благородних металів в країні, яка входить в трійку світових лідерів по видобутку золота, дозволяє проводити дослідження у напрямі створення технології оптимального проектування природокористування для раціонального освоєння вітчизняних родовищ корисних копалини.

Незважаючи на певні успіхи в цьому напрямі більшість малих золоторудних родовищ розробляються без виділення капвкладень, а через відсутність генеральних проектів на освоєння родовищ готуються і нарізаються тільки окремо взяті частини родовища. Це часто

призводить до вибіркового відробітку багатих ділянок і, як наслідок, до необґрунтованого списання запасів, що залишилися.

У країнах з розвиненими гірничодобувними видами діяльності відношення між ученими і галузевими проектувальниками в питаннях проектування експлуатації родовищ визначається технологічними регламентами, які розробляються, узгоджуються і затверджуються відповідними спеціалізованими державними структурами для використання їх при проектуванні гірництва. Проте, в Україні досі рівень природокористування не відповідає світовому, тому за наявності такої різноманітної і перспективної мінеральної бази держава не отримує відповідних доходів.

При розробці родовищ рідкісних і благородних металів дуже не простим є питання технології видобутку руди. Відомо, що до умов, що мають вирішальне значення для вибору системи розробки відносяться потужність і кут падіння рудного тіла, зміст корисної копалини, стійкість порід, міцність і глибина залягання. Перші три параметри в умовах невеликих по запасах родовищ різко міняються в межах очисного блоку. При проектуванні гірничих робіт рекомендується орієнтуватися на надійні прості технологічні схеми, здатні високопродуктивно працювати в різноманітних умовах. Найбільш практично при розробці жил з складною морфологією застосовувати технологічні схеми, ґрунтовані на застосуванні самохідного устаткування. Це дає можливість швидко пристосовувати технологію до умов залягання, що міняються, а також ефективно відпрацьовувати окремі ділянки з промисловим змістом.

У зв'язку з вищевикладеним гірничо-геологічні умови раціонального вилучення гірничої маси з надр можливі тільки при сумісному опрацювання геологів та гірників технологічних регламентів на проектування гірничодобувних підприємств. Також при підготовці початкових даних для проектування підприємства необхідно враховувати ряд особливостей експлуатації таких родовищ, що включають необхідність вирішення багатьох питань, які не пов'язані безпосередньо з гірничими процесами [12], а також визначення раціонального обсягу виробництва кінцевої продукції, при якому підприємство може отримувати максимальний прибуток [13]. І, нарешті, обов'язковою умовою такого проектування є оцінка екологічного аспекту цього виробництва [14].

Проектні параметри гірничо-збагачувального комбінату з етапами від балансових запасів до їх списання через складність системи практично неможливо описати однією цільовою функцією, тому для узгодженої взаємодії усіх ланок процесу виробництва кінцевої продукції при експлуатації родовища корисної копалини необхідно застосовувати методики оптимізації у багатовимірному просторі. Якщо математичну модель освоєння родовища представити графами або мережами, то це значно спрощує її рішення завдяки класичним

алгоритмам. Замість перебору варіантів може бути використана процедура динамічного програмування. Вона дозволяє вирішувати завдання, що виникають при оптимізації в значно коротші терміни, ніж поваріантні розрахунки [13].

Логічною основою такого методу є принцип оптимуму Р. Беллмана [15]. Згідно нього рішення, що приймається в кожному циклі, має бути найкращим відносно процесу в цілому. Для можливості застосування цього підходу при моделюванні експлуатації родовища цей процес необхідно представити у вигляді декомпозиційної системи з формалізацією завдань на окремих етапах зміни стану запасів копалини від балансових до видобутого металу з подальшим списанням запасів з балансу. Безперервність процесу забезпечується поетапною зміною стану балансових запасів.

Потенціал розвитку досліджень в напрямку оптимізації мережевих моделей достатній для здійснення економічної оцінки екологічного аспекту освоєння родовищ корисних копалин [14, 15, 17]. Процедура такої оцінки полягає у фінансовому порівнянні двох сценаріїв освоєння – оптимального з економічної точки зору із екологічно переважним. Реалізувати цю процедуру можна буде на базі моделювання процесів освоєння родовища за економічними показниками собівартості і прибутку та освоєння родовища з урахуванням екологічних переваг на усіх етапах.

Запропонований у цій статті підхід представлення процесу за увесь період освоєння конкретного родовища дозволяє обґрунтовувати область ефективної експлуатації альтернативними розробниками з різними правами на користування надрами і можливостями за фінансами, трудовими і матеріальними ресурсами. Моделювання експлуатації родовища дозволяє шляхом багатократних варіантних розрахунків проводити геолого-економічну переоцінку запасів родовищ.

Технологія оптимального проектування є інноваційною продукцією реалізації ефективного освоєння родовищ корисних копалини, яка базується на наукомістких процедурах ухвалення рішень. У Інституті фізики гірничих процесів НАН України для вирішення вказаних завдань розроблено програмне забезпечення з сучасним інтерфейсом для знаходження найкоротших маршрутів в мережевий моделі, динамічного програмування альтернативного графа на мінімум, визначення раціонального рівня продукції та для прийняття рішень в умовах невизначеності.

Обґрунтування ефективного освоєння родовищ корисних копалин включає визначення оптимального сценарію виробництва кінцевої продукції та раціонального обсягу продукції гірничо-збагачувального підприємства із максимальним прибутком, а також зменшення техногенного навантаження на довкілля, де ведеться видобуток. Таким чином, на основі достовірної геолого-гірничої інформації про стан родовища і сучасних технологій, а також за

наявності класичних обчислювальних методів можна реалізовувати нові підходи до геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалини і раціональної їх експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Рудько Г.І., В.Г., Грипль & В.І. Логвинюков* (2016). Правовий стан і напрями вдосконалення державної експертизи й оцінки запасів корисних копалин. Мінеральні ресурси України, (1), 3-7.

2. Кодекс України про надра. (1994), Відомості Верховної Ради України, (36).

3. Методика визначення початкової ціни продажу на аукціоні спеціальногодозволу на право користування надрами. (2004*). Кабінет Міністрів України.*

4. Методика визначення вартості запасів і ресурсів корисних копалин родовища або ділянки надр, що надаються у користування. (2004). Кабінет Міністрів України.

5. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах. (2005*). Наказ ДКУ по запасам корисних копалин.*

6. *Гринев В.Г., Изаксон В.Ю., & Зубков В.П.* (1999). Решение горных задач на ЭВМ при освоении рудных месторождений. Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 215 с.

7. *Hrinov V.* (1992). Gold-ore deposits underground mining design taking into amount cryolithozone. In Mining in the Arctic proceedings of the 2nd International symposium. AA Balkema/ Rotterdam/ Brook-field, 315 p.

8. *Гринев В.Г.* (1993). Оценка и выбор рациональных параметров подземной разработки рудных месторождений Якутии. Автореф. … докт. техн. наук. Новосибирск: ИГД СО РАН.

9. *Гринев В.Г., Петров А.Н., & Зубков В.П.* (1994). Определение области проектирования эффективной разработки рудных месторождений Якутии. Горное дело в Арктике, С.-Петербург.

10. https://ktovkurse.com/mirovaya-ekonomika/10-glavnyh-zolotodobyvayushhih-stran-mira

11. *Черная Н.* Украинское золото: Клондайк для аферистов / [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://economics.unian.net/industry/1167150-ukrainskoe-zoloto-klondayk-dlya-aferistov.html.

12. *Гринев В.Г.* (1992). Решение проблем разработки рудных месторождений Севера. Новосибирск: ВО “Наука”, 205 с.

13. *Гріньов В.Г., & Хорольський А.О.* (2019). Оптимальне проектування параметрів гірничозбагачувальних підприємств для раціонального освоєння цінних родовищ України. Физико-технические проблемы горного производства, (21), 128-145.

14. *Гріньов В.Г., Хорольський А.О., & Каліущенко О.П.* (2019). Розроблення екологічних сценаріїв ефективного освоєння цінних родовищ корисних копалин. Мінеральні ресурси України, (2), 46–50.

15. *Беллман Р., & Дрейфус С.* (1965). Прикладные задачи динамического программирования. М.: Наука.

16. *Гріньов В.Г., & Хорольський А.О.* (2018). Комп’ютерна програма «Програма знаходження найкоротших відстаней між усіма вершинами мережевої моделі» («GraphON.v1.2017»). Авторське право та суміжні права, (47).

17. *Хорольський А.О., & Гріньов В.Г.* (2020). Оцінка і вибір параметрів при розробці родовищ корисних копалин. Физико-технические проблемы горного производства, (22), 118-140.

УДК 502.5:(665.7:556.388)(477)

ВІДНОВЛЕННЯ ПІДЗЕМНОГО СЕРЕДОВИЩА, ЗАБРУДНЕНОГО НАФТОПРОДУКТАМИ

О. М. Шпак, канд. геол. наук, Інститут геологічних наук НАН України, Київ, shpak_lena@yahoo.com

Відновлення забруднених нафтопродуктами територій є одним з пріоритетних напрямів геоекологічної діяльності в Україні. В роботі проаналізовані існуючі методи відновлення підземного середовища, забрудненого нафтопродуктами - екскавація, вилучення дренами, траншеями та свердловинами, вилучення паром, біовентінг, біосларпінг, продувка повітрям, відкачка та обробка забруднених підземних вод, біоремедіація та фіторемедіація. Розглянуті методи мають свої переваги та обмеження, і для максимального видалення забруднення підземного середовища нафтопродуктами у більшості випадків потрібно використовувати послідовність процесів відновлення. Подальші дослідження будуть полягати в розробці оптимальної стратегії відновлення залежно від гідрогеологічних умов забрудненої ділянки та формування забруднення, швидкості міграції та розподілу нафтопродуктів у геологічному середовищі, мети відновлення та методів, що застосовують.

REMEDIATION OF THE SUBSURFACE CONTAMINATED WITH PETROLEUM PRODUCTS

O.M. Shpak, Candidate of Geological Sciences, The Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kiyv, shpak_lena@yahoo.com

Remediation of sites contaminated with petroleum products is one of the priority directions of environmental activity in Ukraine. This paper describes methods for remediation of subsurface contaminated with petroleum products such as excavation, pumping by drains, trenches and wells, steam extraction, bioventing, bioslurping, air sparging, pump-and-treat of contaminated groundwater, bioremediation and phytoremediation. These methods have their advantages and limitations, and a sequence of remediation processes is required to minimize subsurface contamination with petroleum products. Further research will consist in development of the optimal remediation strategy that depends on hydrogeological conditions of contaminated sites and the formation of contamination, the rate of migration and distribution of petroleum products in the subsurface, the purpose of remediation and applied methods.

Вступ. Відновлення забрудненого нафтопродуктами (НП) підземного середовища є екологічною проблемою світового масштабу і одним з пріоритетних напрямів геоекологічної діяльності в Україні. Досвід закордонних спеціалістів та досліджень, проведених в ІГН НАНУ на забруднених НП ділянках, свідчить про те, що традиційні методи, як відкачка та обробка забруднених підземних вод, не дозволяють відновити підземне середовище до потрібних стандартів якості [*4, 7, 8, 13*]. Необхідно застосовувати нові методи вилучення залишкових НП, які є джерелом довготривалого забруднення підземних вод, приділяти підвищену увагу методам природного затухання та корегуючого впливу, заснованого на ризику.

Методи відновлення підземного середовища, забрудненого нафтопродуктами. Застосування методів відновлення підземного середовища, забрудненого НП, залежить від гідрогеологічних умов забрудненої ділянки, властивостей забруднювача і його розповсюдження в підземному середовищі та мети відновлення.

Екскавація. Якщо об’єм НП, що потрапив у підземне середовище, незначний, і при цьому НП утримується у верхній частині зони аерації, для відновлення забруднених ґрунтів можна застосувати екскавацію та видалення НП. Перевагами екскавації є низька вартість порівняно з іншими методами та відносно невелика тривалість. Цей метод підходить для широкого спектру НП-забруднювачів і має високу надійність. До недоліків екскавації

відноситься неможливість повної ліквідації забруднення, через те, що неможливо детально оконтурити розподіл НП у підземному середовищі. Слід враховувати, що випаровування летких компонентів може бути суттєвим і створювати пожежонебезпечні ситуації.

Вилучення мобільного НП за допомогою траншей, дрен та свердловин. Для вилучення мобільних НП на забруднених ділянках можуть використовують траншеї, дрени та свердловини. За допомогою цього методу можна вилучити НП, затиснуті у підземному середовищі капілярними силами. За даними [*10*], можна вилучити до 50% всього об'єму НП, що знаходиться у підземному середовищі, а згідно [*17*] можна вилучити від 20 до 30% всього об'єму витоку НП. В результаті в підземному середовищі залишається значний об'єм НП, що призводить до подальшого забруднення підземних вод. Однак є значні переваги в тому, щоб видалити мобільні НП, а саме: 1) це призведе до обмеження міграції; 2) зменшення насиченості НП призведе до збільшення площі поверхні НП, що прискорить розчинення, деградацію і випаровування НП, і це може бути перевагою при проведенні відновлювальних робіт.

Траншеї та дрени застосовують для вилучення мобільних НП переважно на глибині 5-7 м. Системи траншей/дрен є найбільш гідравлічно ефективним способом для вилучення НП з водоносного горизонту. Вони підходять для слабкопроникних шарів і гетерогенних порід, де знадобилася б велика кількість свердловин, щоб контролювати потік НП [*14*]. Вилучення води для збільшення гідравлічного градієнта використовують, щоб збільшити витрати вилучення НП і гідродинамічного контролю. Однак зниження РГВ може привести до міграції НП у незабруднену зону - залишкові НП виявляться затиснутими нижче водної поверхні [*13*].

Використання *свердловин* для вилучення мобільних НП має більше переваг, ніж застосування траншей/дрен. Застосування даного методу є ефективним при великих об'ємах забруднення НП – більше 100 тис. м^3 [*4*]. Проектують свердловини для вилучення тільки НП, НП і води окремо, або суміші флюїдів. На ділянках із середнім та високим коефіцієнтом фільтрації порід ефективним є застосування одночасної роздільної відкачки НП і води, а у породах з низьким коефіцієнтом фільтрації – вилучення суміші флюїдів [*17*]. В цілому, практичною метою відновлення водоносних горизонтів, складених піщаними породами, є вилучення НП з метою ліквідації джерела та контролю міграції, тоді як контроль та стримання джерела НП є більш досяжною метою ремедіації в суглинистих та глинистих породах [*17*].

Факторами, що впливають на ефективність відкачки НП є особливості проектування систем відкачки (дебіти відкачки, розміщення ліквідаційних свердловин та інтервали фільтрів). Проведені дослідження на території складу ПММ аеропорту «Бориспіль», де забруднення підземного середовища НП у вигляді лінзи авіаційного гасу, існує з 1998 р. Було обладнано систему свердловин (42 шт.) призначених для вилучення підземних вод та НП та запобігання витоку лінзи НП за межі складу ПММ. За період експлуатації з 2001 р. вилучено

та очищено більше 30 тис. м^3 води та 354 м^3 НП (рис. 1). Система була ефективною в перші роки експлуатації – за 3 роки видалено 80 % від загального обсягу вилучених НП. Однак бажаного результату досягнуто не було – лінза авіаційного гасу не зменшилась за площею та поширилась за межі складу ПММ. Причинами стали обмежена кількість свердловин, які не охопили площу забруднення, та значні відстані між свердловинами, що не відповідають радіусам їх впливу. Результати математичного моделювання з імітації роботи ліквідаційних свердловин свідчать, що при потужності лінзи гасу 0,5 м свердловини мають розміщуватись за сіткою не рідше ніж 20х20 м [7], що не забезпечено існуючою системою.

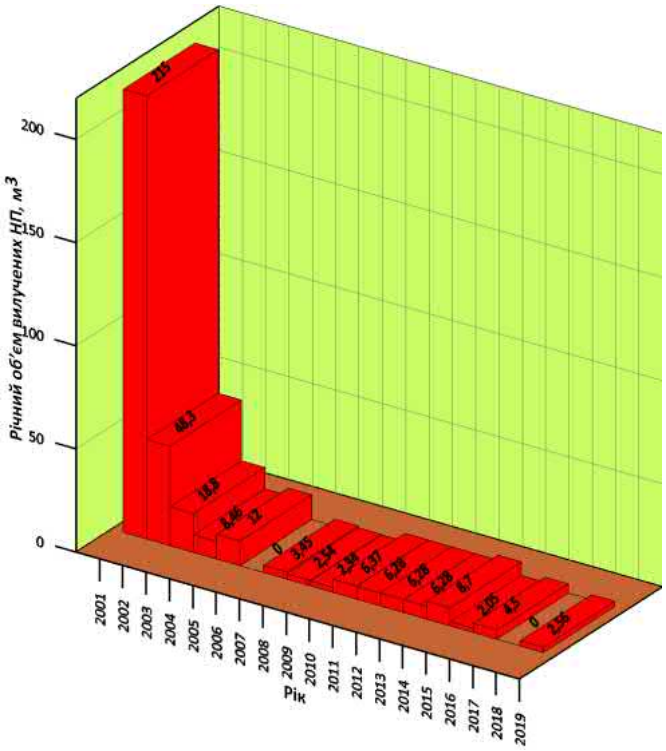


Рис. 1. Діаграма річних об'ємів вилучених НП на території складу ПММ аеропорту Бориспіль.

Вилучення паром - перспективна технологія для видалення летких компонентів з ненасиченої зони. Повітря пропускається крізь забруднену зону шляхом створення вакууму в свердловині. При цьому леткі вуглеводні захоплюються в потік повітря, що рухається у напрямку свердловини. Повітря, що містить вуглеводні, потім обробляється і видаляється в атмосферу. Ефективність системи вилучення НП паром залежить від хімічного складу НП, витрат потоку пара крізь ненасичену зону та шляху потоку пара в зоні забруднення [*13*].

Біовентінг полягає у використанні індукованого потоку повітря, щоб збільшити біодеградацію забруднювачів у зоні аерації [*11*]. Цей метод застосовують з метою відновлення ґрунтів, забруднених паливними НП [*1*]. Біовентінг успішно використовують за кордоном для видалення НП із забруднених ґрунтів. Так, в Австралії були виконані роботи з очищення ґрунту на ділянці площею 1,5 тис. м^2, забрудненій дизельним паливом на глибину 1,5-3,5 м (в ґрунт потрапило 50 тис. л палива). З метою прискорення природного біорозкладу НП була

проведена киснева біовентиляція ґрунту. За 6 місяців вміст НП на глибині до 3 м зменшився на 10-30%. Подальша біовентиляція з додатковим введенням в ґрунт необхідних для мікроорганізмів поживних речовин призвела до зменшення вмісту палива ще на 30% [*5*].

Біосларпінг є комбінацією біовентингу та вакуумної відкачки з метою вилучення мобільних НП з грунтів та підземних вод та біоремедіації забруднених грунтів [*14*]. В системі біосларпінгу використовується трубка з ухилом, яка проходить у шар мобільних НП. Насос відбирає мобільні НП з РГВ та капілярної кайми. На поверхні НП відділяють від води і повітря. Система включає аеробну біодеградацію вуглеводнів. Коли вилучення мобільних НП завершено, система перетворюється у систему біовентингу для завершення відновлення. Біосларпінг застосовують для відновлення грунтів та грунтових вод, забруднених паливними леткими та напівлеткими вуглеводнями на ділянках з глибиною залягання РГВ до 9 м.

Продувка повітрям застосовується для видалення летких компонентів з безнапірних водоносних горизонтів [*12*]. Цей метод має дві мети: 1) відділити леткі вуглеводні від водної фази та НП на шляху потоку повітря; 2) додати кисень у воду, щоб прискорити біодеградацію вуглеводнів. Продувку повітрям здійснюють у поєднанні з вакуумною екстракцією. Одне з обмежень продувки повітрям – чутливість до вибіркових шляхів і гетерогенності середовища. Контрольовані дослідження ефективності методу відносно обмежені. Потрібен регулярний моніторинг, щоб краще визначити його придатність і ефективність.

Відкачка та обробка підземних вод використовується для вилучення розчинених у підземних водах вуглеводнів. Щоб суттєво зменшити рівень забруднення, може знадобитись промивка сотень і тисяч порових об’ємів води. В залежності від умов ділянки, щоб вилучити НП, защемлені в насиченій зоні, можуть знадобитись десятиріччя, а можливо й сторіччя [*13*]. Незважаючи на обмеження, цей метод може бути використаний як елемент програми відновлення забруднених НП ділянок. Система відкачки та обробки підземних вод застосовується для встановлення гідродинамічного контролю, щоб попередити міграцію забруднювача, і для відновлення забруднених підземних вод, коли джерело забруднення ліквідоване.

Біоремедіація полягає у стимулюванні росту мікроорганізмів, які сприяють розкладу НП. Переваги біоремедіації полягають у використанні природних процесів для очищення забрудненого підземного середовища. Незважаючи на те, що бажані умови для розмноження мікробів (наявність поживних речовин та електронних акцепторів, pH, вологість) важко створити в зоні забруднення [*13*], біодеградація розчинених вуглеводнів може бути використана як елемент керування на забруднених ділянках. Найбільша користь біоремедіації полягає у доочищенні ділянки після вилучення мобільних або залишкових НП.

Вирізняють методи *in situ* та *ex-situ* біоремедіації. In situ біоремедіація включає дослід-

ження, які виконують безпосередньо на забрудненій ділянці без транспортування забрудненого ґрунту або води. Застосування in situ біоремедіації не потребує значної кількості обладнання, робочої сили та енергії порівняно з іншими методами, тому цей метод є дешевшим.

Прискорена in situ біоремедіація полягає у сприянні росту мікроорганізмів шляхом додавання поживних речовин або електронних донорів (при аеробному метаболізмі - кисень, анаеробному - бензоат та лактат). Додавання сторонніх мікроорганізмів безпосередньо на забруднену ділянку називається *біоприростом,* і застосовується, коли певний мікроорганізм є ефективним у деградації НП, але його немає в природі, або його популяція недостатня [*15*].

Моніторинг природного послаблення забруднення відбувається з незначним втручанням або без втручання людини. Цей процес опирається на мікробні популяції, що існують у підземному середовищі, з часом зменшуючи концентрації НП до бажаного рівня. Щоб відстежувати прогрес біоремедіації, проводиться моніторинг забруднення з відбором проб ґрунту та води. Відновлення забруднених НП ґрунтів може відбуватися внаслідок діяльності організмів-мікроміцетів, особливості знаходження й життєдіяльності яких залежать від глибини та ступеня забрудненості, умов аеробності тощо. Проведені дослідження на забрудненій НП території складу ПММ аеропорту “Бориспіль” з відбором зразків ґрунту, кількісним аналізом вмісту НП у ґрунтах і визначенням видового складу мікроміцетів. Дані визначень наявності мікроорганізмів в зразках ґрунту свідчать про різноманітність їх форм, залежно від ступеня забруднення, глибини відбору, літології та водонасичення [*8*]. Моніторинг природного послаблення забруднення проводять на ділянках, де джерело забруднення ліквідоване [*9*]. Цей метод перспективний та являє практичну та економічну альтернативу традиційним методам з метою керування забрудненням підземних вод розчиненими НП з низьким рівнем ризику.

Ex-situ біоремедіація полягає в обробці забрудненого грунту або води після їх екскавації або відкачування з місця, де було виявлене забруднення. Хоча даний метод вимагає видалення ґрунту до початку обробки, він може бути швидшим, простішим з точки зору контролю і, як правило, дає можливість вдало відновити ґрунти різного складу.

Фіторемедіація полягає у використанні рослин з метою часткового або повного відновлення забруднених НП грунтів та підземних вод. Фіторемедіація охоплює сукупність методів, використання яких приводить до деградації забруднювачів, їх видалення (шляхом акумуляції або розсіювання) або іммобілізації. Фіторемедіація є менш інвазивним та деструктивним методом, і приводить до заощадження коштів на 50-80% порівняно з традиційними технологіями [*18*]. Для фіторемедіації забруднених НП грунтів успішно використовується люцерна посівна - вона володіє добре розвиненою кореневою системою, збагачує ґрунт азотом, а в її ризосфері створюються сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів-деструкторів НП [*2, 6*]. Проведені досліди з посівів ріпаку та райграсу на забрудненій НП ділянці. За

три місяці початкові концентрації НП знизились на 77-85% та підвищилась чисельність мікроорганізмів у ґрунті [*3*]. Доведено доцільність використання обліпихи крушиновидної для відновлення НП-забруднення (на прикладі забруднених ґрунтів м. Борислава). Під дією рослин усувалась токсичність ґрунту, зросла кількість мікроорганізмів-деструкторів НП [*6*].

Висновки. Розглянуті методи відновлення підземного середовища, забрудненого НП, мають свої переваги та обмеження, і для максимального видалення забруднення у більшості випадків потрібно використовувати не один метод, а послідовність процесів відновлення [*4, 13*]. Детальне вивчення умов забрудненої ділянки і поглиблене розуміння процесів, які впливають на перенос і поведінку НП у підземному середовищі, дозволить оптимізувати відновлювальні заходи, максимально прогнозувати ефективність відновлення, мінімізувати його вартість і підвищити достовірність оцінки витрат [*13*]. Подальші дослідження будуть полягати в розробці оптимальної стратегії відновлення залежно від гідрогеологічних умов забрудненої ділянки та формування забруднення, швидкості міграції та розподілу НП у підземному середовищі, мети відновлення та методів, що застосовують.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Бреус И.П., Неклюдов С.А., Хузиахметов Р.Х., Бреус В.А., Хохлова Л.И., Картель Н.Т.* Мониторинг и восстановление почв, загрязненных нефтяными углеводородами (обзор). Часть 2. Современные подходы и технологии восстановления почв, загрязненных нефтяными и топливными углеводородами / Технологии нефти и газа, №1, 2008. – С. 30-38.

2. *Власов Є.* Як очистити грунт від забруднення нафтою / Экология предприятия, №10, 2015. – С. 20-32.

3. *Карпенко О.В., Вільданова-Марцишин Р.І, Карпенко О.Я., Чепига Т.І., Новіков В.П.* Очищення грунтів, забруднених нафтовими вуглеводнями, із застосуванням комплексних методів // http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/15516

4. *Кржиж Л., Резник Д.* Технологии очистки геологической среды от загрязнения нефтепродуктами / Экология производства. – №10, 2007. – С. 54-57.

5. *Лотош В.Е.* Очистка загрязненных земель / Экологические системы и приборы. – 2001. – № 11. – С. 29-34.

6. *Шевчик Л.З., Романюк О.І.* Аналіз біологічних способів відновлення нафтозабруднених грунтів / Scientific Journal “ScienceRise: Biological Science”, №1(4), 2017. – С. 31-39.

7. *Шпак О.М., Гаврилюк Р.Б., Логвиненко О.І.* Дослідження забруднення геологічного середовища авіаційним гасом в районі аеропорту Бориспіль із застосуванням математичного моделювання // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування.

Матеріали П’ятої міжнародної наук-практ. конференції 7-11 жовтня 2019 р., м. Трускавець. – К.: ДКЗ, 2019. – Т.2– С. 124-127.

8. *Шпак Е.Н., Логвиненко О.И.* Исследование природного самоочищения подземной среды, загрязненной нефтепродуктами / Мінеральні ресурси України – 2019, №3. – С. 49-51

9. A Citizen’s Guide to Monitored Natural Attenuation. Contaminated Sites Clean up Information. 2017. https://clu-in.org/download/Citizens/a_citizens_guide_to_monitored_natural_ attenuation.pdf

10. *Abdul A.S.*, 1992. A new pumping strategy for petroleum product recovery from contaminated hydrogeologic systems: Laboratory and field evaluations / Ground Water Monit. Rev., 12(1). – P. 105-114.

11. *Kampbell, D.H.*, 1992. Subsurface remediation at a gasoline spill site using a biovent approach, in Proc. Symp. on Soil Venting, EPA/600/R-92/174, U.S.EPA, R.S. Kerr Environ. Res. Lab., Ada, OK. – P. 309-315.

12. *Marley, M.C., D.J. Hazebrouck, and M.T. Walsh*, 1992a. The application of in situ air sparging as an innovative soils and ground water remediation technology, Ground Water Monit. Rev., 12(2). – P. 137-145.

13. *Newell C.J., Acree S.D., Ross R.R., Huling S.G.* Light nonaqueous phase liquids / EPA Ground Water Issue. EPA 540-S-95-500, July 1995. – 28 p.

14. *Ralinda R., Miller, P.G.* Bioslurping / Overview report. Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center, October 1996. – 14 p.

15. *Suthersan S.* "In situ bioremediation". Remediation engineering: design concepts. Boca Raton: CRC Press LLC, 1999. – 36 p.

16. *Testa S.M. and M.T. Paczkowski*, 1989. Volume determination and recoverability of free hydrocarbon / Ground Water Monit. Rev., 9(1). – P. 120-128.

17. U.S.EPA, 2005. Cost and performance report for LNAPL characterization and remediation. EPA 542-R-05-016, Office of Solid Waste and Emergency Response (5102G). – 47 p.

18. U.S. EPA, 2006. *Van Epps A.* Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbons. – 171 p.

Наукове видання

VII Міжнародний геологічний форум
«Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології:
наука й виробництво»
(ГЕОФОРУМ-2020)

02-03 листопада 2020 року

м. Одеса, Україна

Матеріали форуму

Відповідальний за випуск Олексій Зур'ян
Комп'ютерна верстка: Тетяна Риженко
Обкладинка: Олег Палямар
Підписано до друку 26.10.2020
Формат 60×84 1/8. Ум.-друк. арк.23,95
Тираж 100 прим. Зам. № 1-1020

Наукове видавництво «ПРО»
04074, м. Київ-074, вул. Шахтарська, 5
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7148 від 17.09.2020.