

УДК 504+550+551+552+624

Наведено результати геологічних, стратиграфічних, палеонтологічних, гідрогеологічних, геофізичних та геоінформаційних досліджень.

Для викладачів, наукових співробітників, аспірантів і студентів.

Видання індексується в наукометричних базах даних Web of Science, Academic Resource Index ResearchBib та Google Scholar.

Приведены результаты геологических, стратиграфических, палеонтологических, гидрогеологических, геофизических и геоинформационных исследований.

Для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов.

Издание индексируется в наукометрических базах данных Web of Science, Academic Resource Index ResearchBib и Google Scholar.

Published are the results of geological, stratigraphic, paleontological, hydrogeological, geophysical and geoinformation research.

For scientists, professors, graduate and postgraduate students.

Jornal is indexed in Web of Science, Academic Resource Index ResearchBib and Google Scholar.

Відповідальний за випуск О.І. Меньшов

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ РЕДАКТОР**РЕДАКЦІЙНА
КОЛЕГІЯ**

В.А. Михайлов, д-р геол. наук, проф.

І.М. Безродна, канд. геол. наук, ст. наук. співроб. (заст. відп. ред.); О.І. Меньшов, д-р геол. наук (відп. секр.); В.Г. Бахмутів, д-р геол. наук, ст. наук. співроб.; С.А. Вижва, д-р геол. наук, проф.; З.О. Вижва, д-р фіз.-мат. наук, проф.; В.М. Гулій, д-р геол. наук, проф.; О.В. Дубина, д-р геол. наук, В.М. Загнітко, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; В.І. Зацерковний, д-р техн. наук, доц.; О.М. Іванік, д-р геол. наук, проф.; О.М. Карпенко, д-р геол. наук, проф.; М.М. Коржнев, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; І.М. Корчагін, д-р фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.; О.Є. Кошляков, д-р геол. наук, проф.; В.М. Курганський, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; В.Г. Лозицький, д-р фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.; Б.П. Маслов, д-р фіз.-мат. наук, проф.; О.Ю. Митропольський, чл.-кор. НАН України, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; О.В. Митрохин, д-р геол. наук, проф.; П.О. Міненко, д-р фіз.-мат. наук, проф.; Г.П. Міліневський, д-р фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.; В.А. Нестеровський, д-р геол. наук, проф.; В.В. Огар, д-р геол. наук, проф.; М.І. Орлюк, д-р геол. наук, ст. наук. співроб.; О.Л. Шевченко, д-р геол. наук, доц.; В.В. Шевчук, д-р геол.-мінералог. наук, проф.; С.Є. Шнюков, д-р геол. наук, доц.; Т.В. Пастушенко, канд. філол. наук, доц.; Т.А. Мірончук, канд. філол. наук, доц.

Іноземні члени редакційної колегії:

М. Бур'яник, Шелл Глобал Солюшн Інтернешнл, Нідерланди; Л. Верник, Нафтова корпорація Маратон, США; А. Веснавер, Італійський національний інститут океанографії та прикладної геофізики, Італія; К. Зенг, Китайський геологічний університет, Китай; М. Короновський, Московський державний університет імені М. В. Ломоносова, Росія; Д. Ленц, Університет Нью-Брансвік, Канада; К. Лі, Китайський геологічний університет, Китай; М. Олівія, Лісабонський університет, Португалія; П. Перейра, Університет Миколаша Ромеріса, Литва; В. Портнов, Карагандинський державний технічний університет, Казахстан; Д. Робертс, Стаффордширський університет, Велика Британія; С. Спассов, Геофізичний центр Доурбес, Бельгія; М. Феді, Неапольський університет ім. Федеріко II, Італія; О. Ханчук, Далекосхідний геологічний інститут, Росія

Адреса редколегії

03022, Київ-22, вул. Васильківська, 90, ННІ "Інститут геології",
☎ 380442597030, електронна адреса: geolvisnyk@ukr.net;
<http://www.geolvisnyk.univ.kiev.ua/>.

Затверджено

Вченою радою ННІ "Інститут геології"
16.02.18 року (протокол № 10)

Атестовано

Вищою атестаційною комісією України.
Постанова Президії ВАК України
№ 1-05/6 від 12.06.02

Зареєстровано

Міністерством юстиції України.
Свідоцтво про Державну реєстрацію КВ № 16181-4653Р від 25.12.09

**Засновник
та видавець**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет"
Свідоцтво внесено до Державного реєстру
ДК № 1103 від 31.10.02

Адреса видавця

01601, Київ-601, 6-р Т.Шевченка, 14, кімн. 43
☎ (38044) 239 31 72, 239 32 22; факс 239 31 28

UDC 504+550+551+552+624

Published are the results of geological, stratigraphic, paleontological, hydrogeological, geophysical and geoinformation research.
For scientists, professors, graduate and postgraduate students.

Jornal is indexed in Web of Science, Academic Resource Index ResearchBib and Google Scholar.

Наведено результати геологічних, стратиграфічних, палеонтологічних, гідрогеологічних, геофізичних та геоінформаційних досліджень.

Для викладачів, наукових співробітників, аспірантів і студентів.

Видання індексується в наукометричних базах даних Web of Science, Academic Resource Index ResearchBib та Google Scholar.

Приведены результаты геологических, стратиграфических, палеонтологических, гидрогеологических, геофизических и геоинформационных исследований.

Для преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов.

Издание индексируется в наукометрических базах данных Web of Science, Academic Resource Index ResearchBib и Google Scholar.

Chief publication manager O. Menshov

EXECUTIVE EDITOR**EDITORIAL BOARD**

V. Mykhailov, Dr. Sci. (Geol.), Prof.

Ukrainian Members:

I. Bezrodna, Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher (Deputy Executive Editor); O. Menshov, Dr. Sci. (Geol.), (Executive Secretary); V. Bakhmutov, Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher; S. Vyzhva, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; Z. Vyzhva, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.; V. Guliy, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; O. Dubyna, Dr. Sci. (Geol.); V. Zagnitko, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; V. Zacerkovniy, Dr. Sci. (Tech.), Assoc. Prof.; O. Ivanik, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; O. Karpenko, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; M. Korzhnev, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; I. Korchagin, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Senior Researcher; O. Koshliakov, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; V. Kurganskiy, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; V. Lozitsky, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Senior Researcher; B. Maslov, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.; O. Mytropolskiy, Corr. NAS Ukraine, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; O. Mytrokhin, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; P. Minenko, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof.; G. Milinevskiy, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Senior Researcher; V. Nesterovskiy, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; V. Ogar, Dr. Sci. (Geol.), Prof.; M. Orliuk, Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher; Prof.; O. Shevchenko, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof.; V. Shevchuk, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.; S. Shnyukov, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof.; T. Pastushenko, Cand. Sci. (Phil.), Assoc. Prof.; T. Mironchuk, Cand. Sci. (Phil.), Assoc. Prof.

Foreign members:

M. Burianyk, Shell Global Solutions International, The Netherlands; L. Vernik, Marathon Oil Company, USA; A. Vesnaver, Italian National Institute of Oceanography and Applied Geophysics, Italy; Q. Zeng, China University of Geosciences, China; M. Koronovskiy, Lomonosov Moscow State University, Russia; D. Lentz, University of New Brunswick, Canada; Q. Liu, China University of Geosciences, China; M. Olivia, University of Lisbon, Portugal; P. Pereira, Mykolas Romeris University, Lithuania; V. Portnov, Karaganda State Technical University, Kazakhstan; D. Roberts, Staffordshire University, Great Britain; S. Spassov, Geophysical Center of Dourbes, Belgium; M. Fedi, University of Naples Federico II, Italy; O. Khanchuk, Far East Geological Institute, Russia.

Address

Institute of Geology, 90 Vasylkivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine,
tel. +380442597030, e-mail: geolvisnyk@ukr.net;
<http://www.geolvisnyk.univ.kiev.ua/>

Approved by the

Academic Council of the Institute of Geology
February 16, 2018 (Minutes # 10)

Certified by the

Higher Attestation Board
(the State Commission for Academic Degrees and Titles), Ukraine
Edict # 1-05/6 issued on 12.06.2002

Certified by the

Ministry of Justice of Ukraine
State Certificate # 16181-4653P issued on 25.12.2009

Founded and published by

Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Kyiv University Publishing
State Certificate # 1103 issued on 31.10.2002

Address:

Office 43, 14 Shevchenko Blvd, Kyiv, 01601
☎ (38044) 239 31 72, 239 32 22; Fax 239 31 28

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНА ТА ІСТОРИЧНА ГЕОЛОГІЯ

Митрохин О., Бахмутов В., Гаврилів Л., Алексєєнко А. Геологічна будова острова Пітерман (архіпелаг Вільгельма, Західна Антарктида)	7
Попова Л., Присяжнюк В., Ковальчук О., Тустановська Л. Діапіроутворення в зоні Канівських дислокацій: геологічний вік, чинники та палеогеографічні умови	16
Мичак С., Курило С., Муровська Г. Структурні особливості кристалічного фундаменту Голованівської шовної зони в басейні р. Ятрань за тектонофізичними даними	23

ГЕОФІЗИКА

Вижва С., Соловйов І., Круглик В., Лісний Г. Прогнозування зон підвищеної пористості у глинистих породах Сходу України	33
Меньшов О. Роль магнетотактичних бактерій у формуванні природного магнетизму ґрунтів України	40
Бондаренко М., Кулик В., Євстахевич З. Петрофізичні параметри приповерхневих піщано-глинистих гірських порід за комплексом радіоактивного каротажу	46

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Михайлов В. Нафтогазогенераційний потенціал майкопської серії	53
Рудько Г., Курило М., Бала В. Критерії визначення балансової належності запасів вугілля за зіставленням вітчизняних класифікацій та JORC	63
Демченко О., Євтєхов В., Євтєхова А., Георгієва Е. Пошук ефективної технології повторного збагачення крупнозернистого відсіву дробильно-сортувальних фабрик Криворізького басейну	69

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

Любчик О. Зіставлення критеріїв визначення та ознак класифікації запасів і ресурсів підземних вод у вітчизняній та міжнародній практиці	74
Кошарна С. Екологічні витрати залізопереробних підприємств Кривого Рогу	80

ГЕОЛОГІЧНА ІНФОРМАТИКА

Зацерковний В., Тішаєв І., Комарова У. Застосування безпілотних літальних апаратів для складання ортофотопланів	87
---	----

ПОДІЇ

Павлишин В., Віршило А. Українській геологічній службі – 100 років	93
--	----

CONTENTS

GENERAL AND HISTORICAL GEOLOGY

Mitrokhin A., Bakhmutov V., Gavryliv L., Aleksieienko A. Geology of Petermann Island (Wilhelm Archipelago, West Antarctica)	7
Popova L., Prysiashniuk V., Kovalchuk O., Tustanovska L. Diapir formation in the zone of Kaniv dislocations: geological age, factors and paleogeographic conditions	16
Mychak S., Kurylo S., Murovskaya A. Structural features of the Golovanevsk Suture Zone crystalline basement i n the Yatran River basin based on tectonophysical data.....	23

GEOPHYSICS

Vyzhva S., Solovyov I., Kruhlyk V., Lisny G. Prediction of high porosity zones in clay rocks in eastern Ukraine	33
Menshov O. The role of magnetotactic bacteria in formation of natural magnetism of soils in Ukraine	40
Bondarenko M., Kulyk V., Yevstakhevych Z. Petrophysical parameters of near-surface sandshale rocks based on radioactive loggings.....	46

MINERAL RESOURCES

Mykhailov V. Hydrocarbon potential of the Maikop series	53
Rudko G., Kurylo M., Bala V. Criteria for determining industrial significance of coal reserves: domestic classifications vs JORC.....	63
Demchenko O., Evtekhov V., Evtekhova A., Georgiieva H. Grounding for effective technology of reprocessing coarse grained screenings from crushing and screening plants of Kryvyi Rih Basin.....	69

HYDROGEOLOGY, ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL GEOLOGY

Luibchyk O. Geological and economic assessment of groundwater: national and international taxonomies in estimating reserves and resources.....	74
Kosharna S. Environmental expenditures of iron-processing enterprises of Kryvyi Rih.....	80

GEOLOGICAL INFORMATICS

Zatserkovnyi V., Tishaiev I., Komarova U. The use of unmanned aerial vehicles for orthophoto plans	87
--	----

EVENTS

Pavlyshyn V., Vyrshylo A. The 100 th anniversary of Geological Service of Ukraine.....	93
---	----

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ И ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Митрохин А., Бахмутов В., Гаврылив Л., Алексеенко А. Геологическое строение острова Питерман (архипелаг Вильгельма, Западная Антарктика).....	7
Попова Л., Присяжнюк В., Ковальчук А., Тустановская Л. Диапирообразование в зоне каневских дислокаций: геологический возраст, факторы и палеогеографические условия	16
Мычак С., Курило С., Муровская А. Структурные особенности кристаллического фундамента Голованевской шовной зоны в бассейне р. Ятрань по тектонофизическим данным	23

ГЕОФИЗИКА

Выжва С., Соловьев И., Круглик В., Лесной Г. Прогнозирование зон повышенной пористости в глинистых породах Востока Украины	33
Меньшов А. Роль магнетотактических бактерий в формировании природного магнетизма почв Украины	40
Бондаренко М., Кулик В., Евстахевич З. Петрофизические параметры приповерхностных песчано-глинистых горных пород по комплексу радиоактивного каротажа	46

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Михайлов В. Нефтегазогенерационный потенциал майкопской серии	53
Рудько Г., Курило М., Бала В. Критерии определения балансовой принадлежности запасов угля при сопоставлении отечественных классификаций и JORC	63
Демченко О., Евтехов В., Евтехова А., Георгиева Е. Обоснование эффективной технологии повторного обогащения крупнозернистого отсева дробильно-сортировочных фабрик Криворожского бассейна	69

ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Любчик О. Сопоставление критериев определения и признаков классификации запасов и ресурсов подземных вод в отечественной и международной практике	74
Кошарная С. Экологические расходы железнорудных предприятий Кривого Рога	80

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА

Зацерковный В., Тишаев И., Комарова У. Применение беспилотных летательных аппаратов для составления ортофотопланов	87
--	----

СОБЫТИЯ

Павлишин В., Виршило А. Украинской геологической службе – 100 лет	93
---	----

***Присвячується 100-річчю
Української геологічної служби***

***Dedicated to the 100th anniversary
of Geological Service of Ukraine***

ЗАГАЛЬНА ТА ІСТОРИЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 55+551.22+552.3+552.163+550.8

О. Митрохин¹, д-р геол. наук, проф.
E-mail: mitrokhin.a.v@ukr.net,
В. Бахмутов², д-р геол. наук
E-mail: bakhmutovvg@gmail.com,
Л. Гаврилів¹, асп.
E-mail: liubomyr.gavryliv@gmail.com,
А. Алексєнко¹, асп.
E-mail: scr315@gmail.com

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

²Інститут геофізики ім.С.І.Субботина НАН України
пр-т Академіка Палладіна, 32, м. Київ, 03680, Україна

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ОСТРОВА ПІТЕРМАН (АРХІПЕЛАГ ВІЛЬГЕЛЬМА, ЗАХІДНА АНТАРКТИКА)

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. С.Є. Шнюковим)

Острів Пітерман належить до архіпелагу Вільгельма – великої острівної групи, розташованої біля західного узбережжя Антарктичного півострова в районі Української антарктичної станції "Академік Вернадський". На Пітермані відслонюються усі головні петрографічні представники "Андійської габро-гранітної інтрузивної світи", які вважаються складовою частиною протяжного "Батоліту Антарктичного півострова". Подібно до багатьох інших мезо-кайнозойських орогенних інтрузій, що складають протяжний магматичний пояс Західної Антарктики, гірські породи о. Пітерман зазнали метаморфічних перетворень різного типу та інтенсивності. Автори дослідили особливості геологічної будови о. Пітерман, отримавши принципово нові дані про просторову локалізацію та умови залягання окремих інтрузивних тіл, їх вікові співвідношення, петрографічні особливості та речовинний склад. Метою досліджень було з'ясування геологічної послідовності вкорінення та метаморфічного перетворення інтрузивно-магматичних утворень о. Пітерман. За результатами польових геологічних робіт та наступних мінералого-петрографічних досліджень з'ясовано, що габроїди та гранітоїди сформовані в результаті двох самостійних етапів магматичної активності, розмежованих вкоріненням догранітних базитових дайок та наступним регіональним метаморфізмом. Відповідно, інтрузивні утворення о. Пітерман не можуть бути складовими єдиного магматичного комплексу (Андійської інтрузивної світи чи Батоліту Антарктичного півострова), як це вважалося попередниками. Продемонстровано, що найдавніші інтрузивно-магматичні утворення о. Пітерман представлені розширеною габроїдною інтрузією, фрагмент якої відслонюється на північному узбережжі острова, а більша частина знаходиться під рівнем моря північніше та східніше. Серед базитових дайок о. Пітерман, розрізняються щонайменше дві вікові групи. Петрографічні особливості догранітних дайок габро-порфіритів вказують на гіпобісальний рівень їх вкорінення, на відміну від плутонічного рівня формування вмісних габроїдів. Доведено, що габроїди та догранітні дайки зазнали регіональних метаморфічних перетворень в умовах амфіболітової фації, ще до вкорінення гранітоїдів. Розвиток накладеної актиноліт-епідот-хлоритової мінералізації пояснюється або контактово-метаморфічною дією гранітоїдної інтрузії, або ще більш пізніми навколотріщинними гідротермально-метасоматичними процесами, які відбувалися після формування гранітоїдів. З'ясовано, що гранітоїди о. Пітерман не зазнавали властивих для габроїдів регіонально-метаморфічних перетворень амфіболітової фації. З огляду на це, зроблено висновок про формування гранітоїдів після піку регіонального метаморфізму в регіоні. Дослідження постгранітних діабазових дайок показало, що їх вкорінення відбувалося на субеуліканічному рівні глибинності, тобто після значної ерозії вмісних гранітоїдів. Для накладеної альбітизації, епідотизації та хлоритизації постгранітних дайок припускається локальний навколотріщинний характер та зв'язок з низькотемпературними гідротермально-метасоматичними процесами.

Ключові слова: геологія, магматичні породи, архіпелаг Вільгельма, острів Пітерман, Західна Антарктика.

Постановка проблеми. Інтрузивно-магматичні утворення габроїдного, діоритового та гранодіорит-гранітного складу, які значно поширені на багатьох островах архіпелагу Вільгельма та прилеглому узбережжю Антарктиди в районі Української антарктичної станції (УАС) "Академік Вернадський", наразі вважаються складовими частинами протяжного Батоліту Антарктичного півострова (БАП). Їх геологічна позиція, вік та геодинамічні умови формування досі є дискусійними, що зумовлено неповнотою та суперечливістю первинних геологічних даних. Зокрема, результати геологічної зйомки, виконаної в районі УАС у 50–60 рр. минулого сторіччя, не задовольняють потреб сучасних геолого-геофізичних та геохімічних досліджень у регіоні. Під час сезонних робіт в лютому – квітні 2017 р. О. Митрохином та В. Бахмутовим було виконано детальне геологічне дослідження о. Пітерман, на якому відслонюються всі головні петрографічні представники габро-гранітної асоціації БАП. Подальше вивчення зібраної колекції гірських порід дало змогу суттєво уточнити геологічну будову о. Пітерман, отримавши принципово нові дані про просторову локалізацію та умови залягання окремих інтрузивних тіл, їх вікові співвідношення, петрографічні особливості та речовинний склад. Дослідження виконувалися за сприяння

Національного антарктичного наукового центру МОН України в рамках Державної цільової науково-технічної програми проведення досліджень в Антарктиці на 2011–2020 рр. Метою досліджень було з'ясування геологічної послідовності вкорінення та метаморфічного перетворення інтрузивно-магматичних утворень о. Пітерман.

Аналіз попередніх досліджень. Острів Пітерман був відкритий німецькою антарктичною експедицією 1873–74 рр. та названий на честь географа Августа Пітермана. Французька антарктична експедиція під керівництвом Ж.В. Шарко 1908–10 рр. провела зимівлю на східному узбережжі острова в бухті, що отримала назву Port Circumcision (Порт Сокамсижон). Один з учасників цієї експедиції Е. Gourdon зібрав колекцію гірських порід з території, що простягається від о. Вінке (на 50 км північніше о. Пітерман) до мису Туксен (на 10 км південніше). Серед інших зразків ця колекція включала амфіболові граніти, кварцові діорити та уралітизовані габро. Чи були там зразки з о. Пітерман, достеменно невідомо. Тим не менше, Е. Gourdon зробив висновок, що досліджувані ним інтрузивні породи утворюють безперервну петрографічну серію, зокрема – безперервну серію між кварцовими діоритами та гранітами. Подальші геологічні дослідження в регіоні продовжилися аж у 1934–37 рр. Британською експедицією до Землі Грея (BGLE), учасники якої провели

зимівлю на о. Вінтер (Аргентинські острови), побудувавши там першу базову станцію. Зразки, які були відібрані учасниками цієї експедиції, стисло описані в роботі [11].

Після Другої світової війни геологічним вивченням Землі Греяма займалась Колоніальна служба Фолклендських островів (FIDS), що пізніше у 1962 р. була реорганізована у Британську антарктичну службу (BAS). Під проводом FIDS була заснована нова базова станція F на місці зруйнованої станції на о. Вінтер. G.R. Roe (1958–59 рр.) виконав першу детальну геологічну зйомку навколишніх територій. R.J. Adie публікує цикл наукових робіт присвячених петрографії Землі Греяма [6–8]. Разом з іншими петрографічними асоціаціями регіону цей автор виділяє Андійську габро-гранітну інтрузивну світу (Andean Intrusive Suite), яка на його думку має пізньокрейдяний-ранньотретинний вік. При цьому робиться припущення про петрогенетичну спорідненість габроїдів та гранітоїдів, а також доводиться їх схожість із найтиповішими світовими представниками вапняно-лужних серій.

Петрографію Узбережжя Греяма, а також окремих прилягаючих островів з архіпелагу Вільгельма та Біско охарактеризовано в роботі R. Curtis [9]. Ця публікація насичена чисельними описами геологічних відслонень і гірських порід, а також містить дрібномасштабні геологічні карти, на яких, зокрема, зображено й о. Пітерман та його найближче оточення. У текстовій частині наведена стисла петрографічна характеристика гірських порід Андійської інтрузивної світи, які відслонюються на о. Пітерман. Серед них розрізняються рогово-обманкові габро, гранодіорити та тоналіти (кварцові діорити за сучасною класифікацією). Виявлено інтрузивний контакт гранодіоритів із габроїдами, на підставі вивчення якого обґрунтовано більш давній вік габроїдів. Побіжно описані жили мікрогабро, які також інтродують у габроїди. Геологічні співвідношення цих жил із гранітоїдами залишилися нез'ясованими.

P.T. Leat зі співавторами першими застосовують найменування Antarctic Peninsula Batholith для всіх плутонічних і пов'язаних з ними гіпабісальних порід Антарктичного півострова, вік вкоріння яких лежить у часовому інтервалі 240–10 млн років з головним піком магматичної активності у крейдяному періоді [10]. Незважаючи на цілком очевидну суперечність найменування "Батоліт Антарктичного півострова", воно широко застосовується в сучасних публікаціях паралельно з таким же невдалим визначенням "Андійська інтрузивна світа".

З 1996 р. систематичні геолого-геофізичні дослідження в регіоні проводяться українськими вченими. В. Бахмутов склав узагальнюючий геологічний нарис для Аргентинських островів та прилеглої території Антарктичного півострова [2]. Автори робіт [1, 4] дослідили прояви ільменіт-магнетит-піритової мінералізації у габроїдах о. Пітерман, а також описали ритмічну "дюймову" розшарованість, що була виявлена в окремих відслоненнях габроїдів. У публікації [5] вперше згадуються чисельні дайки основного складу, які перетинають гранодіорити в південно-східній частині о. Пітер-

ман. Зроблено висновок про те, що ці дайки вкорінювались в існуючі розриви західного та південно-західного напрямку. Петрографія постгранітних дайкових порід не досліджувалася.

Дані ізотопного датування засвідчили верхньокрейдяний вік гранітоїдів о. Пітерман. Зокрема, за результатами U-Pb ізотопного датування одиничних зерен циркону з гранодіоритів мису Руф отримано вік 96 ± 1 млн років [3]. Ця цифра добре узгоджується з попередніми даними [12], згідно з якими Rb-Sr ізохронний вік зазначених гранодіоритів сягає 93 ± 8 млн років. У той же час термометричні дослідження [13] вказують на тривалі та багатоетапні тектоно-термальні процеси, яких зазнавали гранітоїди Пітерману у часовому інтервалі 43–11 млн років при значеннях температури 260–50 °C. Будь які дані про ізотопний вік геологічно давніших за гранітоїди габроїдів о. Пітерман на сьогодні відсутні. Так само залишилися недатованими й постгранітні дайкові породи основного складу.

Фізико-географічний нарис. Острів Пітерман належить до архіпелагу Вільгельма – великої острівної групи, розкиданої вздовж західного узбережжя Антарктичного півострова в акваторії Берега Греяма (рис. 1). Географічні координати о. Пітерман $65^{\circ}10'$ півд. ш., $64^{\circ}09'$ зах. д. Він розташований на відстані 2 км від Антарктичного півострова, від якого відокремлюється протокою Пенола. Північніше від Пітерману, на відстані 1,6 км, знаходиться один із найбільших островів архіпелагу Вільгельма – о. Хогвард. На північний захід та захід з боку Тихого океану лежать острови Уедела та Стрей. Біля південно-західного узбережжя о. Пітерман розкидані невеличкі острови Чарлет, Боудет, Тайбаулт, далі на південний захід – о. Хералд. Ще далі на південь, поза Французькою протокою, розташовані Аргентинські острови, на одному з яких міститься Українська антарктична станція "Академік Вернадський". Відстань у 9 км від Української антарктичної станції до о. Пітерман можна подолати на човні "Зодіак" за 50–60 хв. На східному узбережжі о. Пітерман у бухті Порт Сокамсион міститься аварійно-рятувальна будівля, побудована Аргентинським урядом у 1955 р. У цій же частині острова споруджений пам'ятний знак на честь французької експедиції Charcot 1908–10 рр., а також хрест у пам'ять про трьох британських зимівників, що загинули у 1982 р на шляху з о. Пітерман до станції Фарадей (нині УАС "Академік Вернадський"). Розміри о. Пітерман від крайньої північної точки мису Годфрой до крайньої південної – мису Діпіаукс становлять всього 1,8 км. У широтному напрямку від крайнього західного мису Руф до мису Лайоувіль на сході маємо 1,2 км. Найбільша висота – г. Клейтон сягає 128 м над рівнем моря. На північ та захід від о. Пітерман морські глибини звичайно не перевищують 100 м, оскільки цей острів локалізований у південно-східній частині великого підводного підняття, над яким височіють деякі інші острови архіпелагу Вільгельма – Ховгаард, Бус, Уедела та Данебруг. На півдні згадане підняття обмежується Французькою протокою, на сході – протоками Пенола та Лемейр, де глибини швидко збільшуються до 200–400 м.

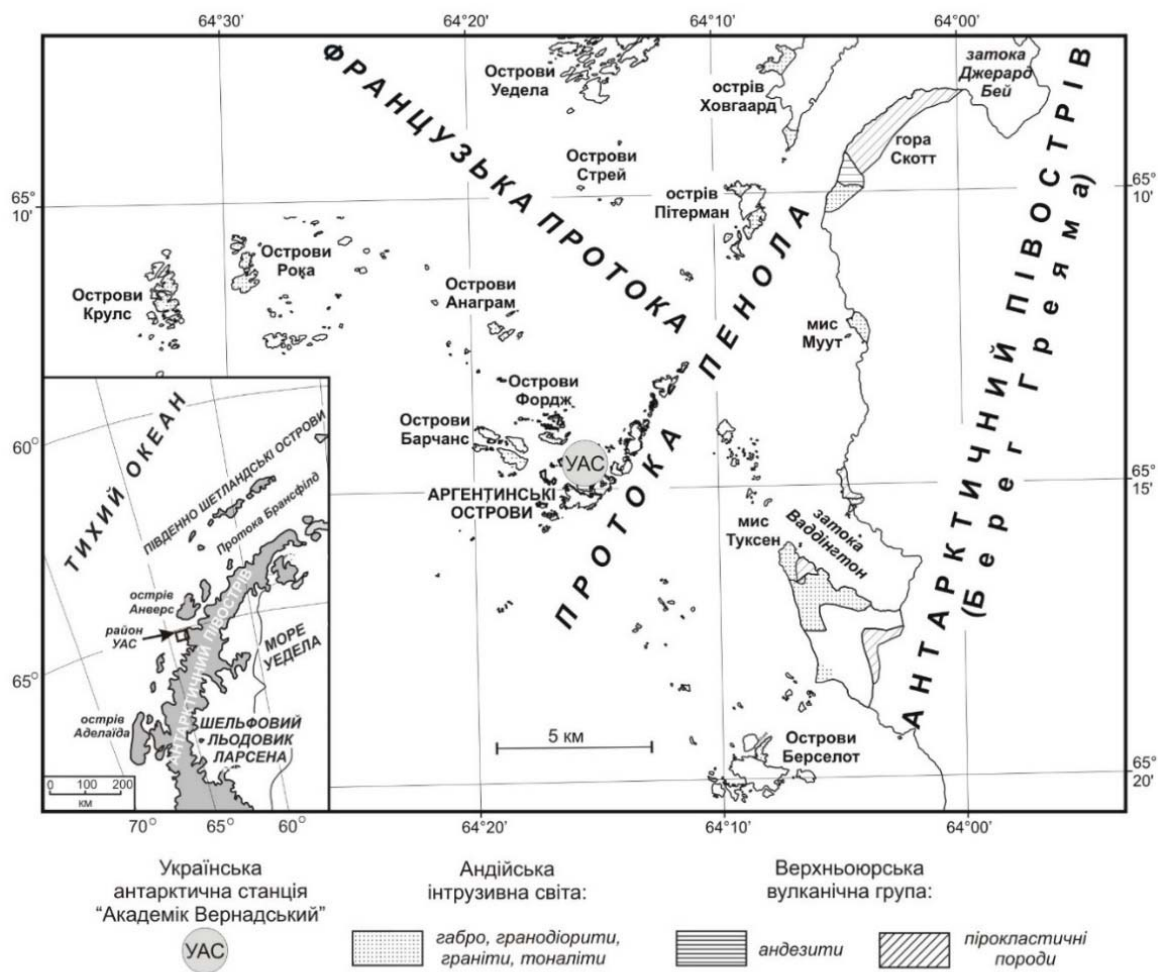


Рис. 1. Схема геологічної будови архіпелагу Вільгельма та прилягаючого узбережжя Антарктичного півострова в районі Української антарктичної станції "Академік Вернадський" (УАС). Складена за матеріалами [3, 9]

Особливості геологічної будови о. Пітерман. Більша частина острова вкрита постійним сніговим та льодовиковим покривом. Тим не менше, під час антарктичного літа чисельні корінні відслонення простежуються вздовж майже всієї берегової лінії, а також, частково, на найбільш підвищених ділянках всередині острова. Розривна тектонічна зона, яка трасується двома фіордоподібними затоками з південного заходу на північний схід, поділяє острів на дві частини. Останні відрізняються не лише рельєфом, а й петрографічним складом та умовами залягання гірських порід. Загалом у геологічній будові острова беруть участь інтрузивно-магматичні породи плутонічної та гіпабісальної фації глибинності: габроїди, гранітоїди та базитові дайки (рис. 2).

У північній частині острова на значній площі відслонюються габроїди. Ними складені стрімкі схили північного узбережжя, а також найбільша вершина острова – г. Клейтон. В окремих відслоненнях габроїди фрагментарно виявляють первинно-магматичну розшарованість.

Розмір ділянок із шаруватою текстурою сягає 10–20 м. Шаруватість звичайно залягає субвертикально або зі стрімким падінням на південний захід під кутами більше 75°. Простягання шаруватості північно-західне з азимутами $A_{pr}=330-355^\circ$, навіть на поруч розташованих ділянках шаруватість може орієнтуватись "перехресно". Ритмічно-шарувата текстура габроїдів характеризується чергуванням прошарків, що різняться кількісним співвідношенням плагіоклазу та мафічних мінералів. Кожний ритм потужністю від 2–5 до 10 см складається з мезократового та лейкократового прошарку, що поступово переходять один в один за рахунок збільшення вмісту плагіоклазу від 50–60 % до 90 % та більше. Межі між ритмами прямолінійні, чіткі без приконтактних змін. Потужності сусідніх ритмів майже однакові, витримані по простяганням. Тим не менше, зустрічаються ділянки з лінзовидно-шаруватою будовою, де окремі габроїдні прошарки поступово виклинюються по простяганням.

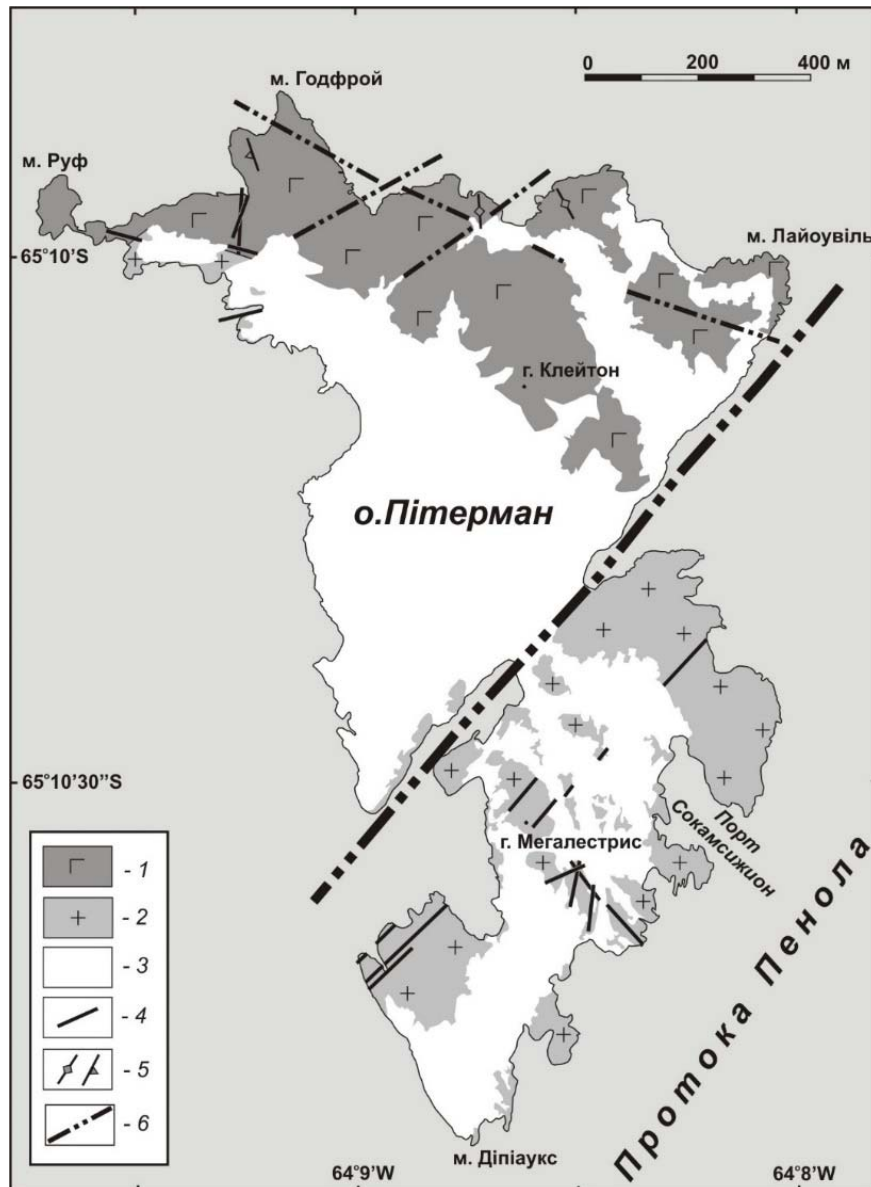


Рис. 2. Геологічна карта о. Пітерман. Умовні позначення: 1 – габроїди; 2 – гранітоїди; 3 – сніговий та льодовиковий покрив станом на січень 2006 р.; 4 – базитові дайки, 5 – елементи залягання шаруватості габроїдів, вертикальне та стрімке падіння відповідно; 6 – розломи.

Карта складена О.В. Митрохином за даними польових досліджень 2017 р. та результатами дешифрування космоснімків Google Earth за 26.01.2004 р.

Як топооснова використана топографічна карта 1 : 5000 Petermann Island, Graham Coast, Series BAS 5, Sheet 1, Edition 1, 2006

У багатьох місцях габроїди перетинаються базитовими дайками та жилами аплітоїдних гранітів. Серед базитових дайок, що інтродують у габроїди, розрізняються щонайменше дві вікові групи. Так, у північно-західній частині острова на ділянці узбережжя між мисами Руф та Годфрой у межах протяжного відслонення, що має координати 65°09'55,4" пвд. ш. та 64°09'6,1" зхд. д., маємо дві різновікові дайки (рис. 3). Більш давня дайка, складена габро-порфіритом, має потужність 50–55 см, залягає у габроїдах, має з ними різкі контакти, щоправда, з недостатньо чіткими зонами

загартування. Елементи залягання габро-порфіритової дайки наступні: $\text{Апд}=276^\circ$ кут 75° . Вона з перервами простежується по простяганню у субмеридіональному напрямку на відстані 85 м починаючи від узбережжя вглиб острова, де "зрізається" розташованими південніше гранітоїдами. У кількох місцях видно, що дайка габро-порфіриту інтродується жилами аплітоїдних гранітів, що додатково доводить її "догранітний" вік. У північній частині відслонення габро-порфіритова дайка перетинається ще більш молодію діабазовою дайкою.

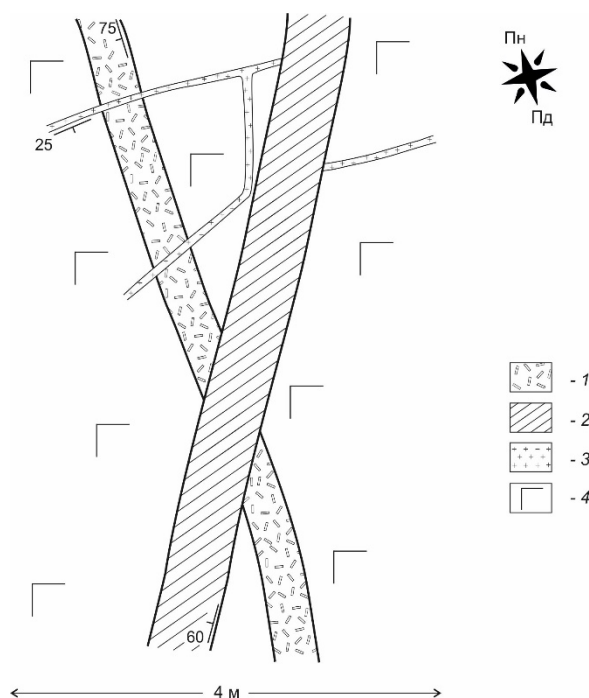


Рис. 3. Замальовка відслонення на північно-західному узбережжі о. Пітерман, де габроїди перетинаються різновіковими базитовими дайками та жилами аплітоїдних гранітів: 1 – догранітна дайка габро-порфіриту; 2 – постгранітна діабазова дайка; 3 – жили аплітоїдних гранітів; 4 – вмісні габроїди

Діабазова дайка потужністю 60 см також залягає у габроїдах, щодо яких має різкі інтрузивні контакти. Зони загартування виявлені помітно краще порівняно з вищеописаною габро-порфіритою дайкою. У поперечному перетині діабазова дайка має смугасту будову, зумовлену неоднорідністю забарвлення та вторинних змін. Елементи залягання діабазової дайки такі: $A_{pd}=291^\circ$, кут 60° . Ця дайка простежена від узбережжя у південно-західному напрямку на відстані 50 м, далі – виклинюється. На одній ділянці видно, як вона повністю перетинає вищеописану габро-порфіриту дайку. Жил аплітоїдних гранітів в діабазовій дайці немає. Навпаки, вона сама зі зміщенням січе одну з жил аплітоїдного граніту, що перетинає габро-порфіриту дайку. Згадана жила аплітоїдного граніту потужністю 6 см має північно-східне простягання, $A_{pd}=161^\circ$ кут 25° . У межах більшості ділянок свого поширення вона залягає у габроїдах, щодо яких має різкі лінійні контакти з ендоконтактовими зонами дещо збагаченими на темноколірні мінерали.

Дещо більше гранітоїди поширені вздовж південного узбережжя мису Руф (рис. 2). На відміну від вищеописаних жил аплітоїдних гранітів це типові представники плутонічної фації, серед яких найбільш характерними є гранодіорити. У кількох місцях відслонюється контакт гранітоїдів із габроїдами. Найцікавішою є ділянка контакту з координатами $65^\circ 09' 57,3''$ пвд. ш. та $64^\circ 09' 7,4''$ зхд. д. (рис. 4, а-б). Лінія контакту різка та звивиста, простягання північно-західне, падіння північно-східне $A_{pd}=41^\circ$ кут 20° . Габроїди, які перекривають гранітоїди, в області контакту інтродувані чисельними гранітоїдними жилами. Гранітоїди, які підстиляють габроїди, у вузькій приконтактової зоні $\sim 1-3$ м набувають плямисто-смугастої будови за рахунок неоднорідного розподілу мафічних мінералів. Крім нечітких смуг гранодіоритового та кварц-діоритового складу, у гранітоїдах також зустрічаються різною мірою "засвоєні" ксеноліти габроїдів.

Уся південна частина о. Пітерман, починаючи від згадуваної вище розривної тектонічної зони північно-східного простягання, також значною мірою складена гранітоїдами. Головне місце серед них посідають знову такі гранодіорити. Габроїди ж зустрінуті лише у вигляді ксенолітів серед гранодіоритів на південному узбережжі затоки Порт Сокамсижон (рис. 4, в). Такі ксеноліти зазвичай мають гострокутну форму з різкими границями та темними приконтактовими облямівками. Крім габроїдів, гранодіорити на цій ділянці також містять ксеноліти темних дрібнозернистих порід вулканогенного вигляду. Гранодіорити південної частини острова інтродуються чисельними базитовими дайками (рис. 4, г). За значних варіацій потужності більшість дайок мають північно-східне простягання та субвертикальне падіння. На окремих ділянках спостерігаються ознаки багатофазового вкорінення дайок у гранодіорити. Наприклад, на відслоненні, що має координати $65^\circ 10' 33,6''$ пвд. ш. та $64^\circ 08' 21,3''$ зхд. д., маємо зчленування як мінімум трьох різновікових дайок. Найдавніша дайка, складена дрібнофенокristовим плагіопорфіритом, має потужність 190 см, простягання – північно-західне, $A_{pd}=53^\circ$ кут 63° . Більш молода дайка діабазового складу, потужністю 120 см, залягає вертикально з $A_{pr}=11^\circ$. Інтродуючи гранодіорит, вона теж перетинає найдавнішу плагіопорфіриту дайку, а також невелику аплітоїдну жилу у гранодіоритах. Наймолодша дайка, складена діабазом, має потужність 200 см, залягає вертикально з $A_{pr}=66^\circ$. Разом із вмісними гранодіоритами вона перетинає й обидві вищезгадані дайки цього відслонення. Усі три описувані дайки характеризуються різкими інтрузивними межами з добре виявленими зонами загартування та дрібно-смугастою будовою в приконтактових частинах. Крім базитових дайок, у гранодіоритах спостерігаються декілька аплітоїдних жил. Одна з них, потужністю 8 см, має широтне простягання з $A_{pd}=181^\circ$ та кутом 70° . Перетинаючи гранодіорити, ця жила сама січеться діабазовою дайкою.

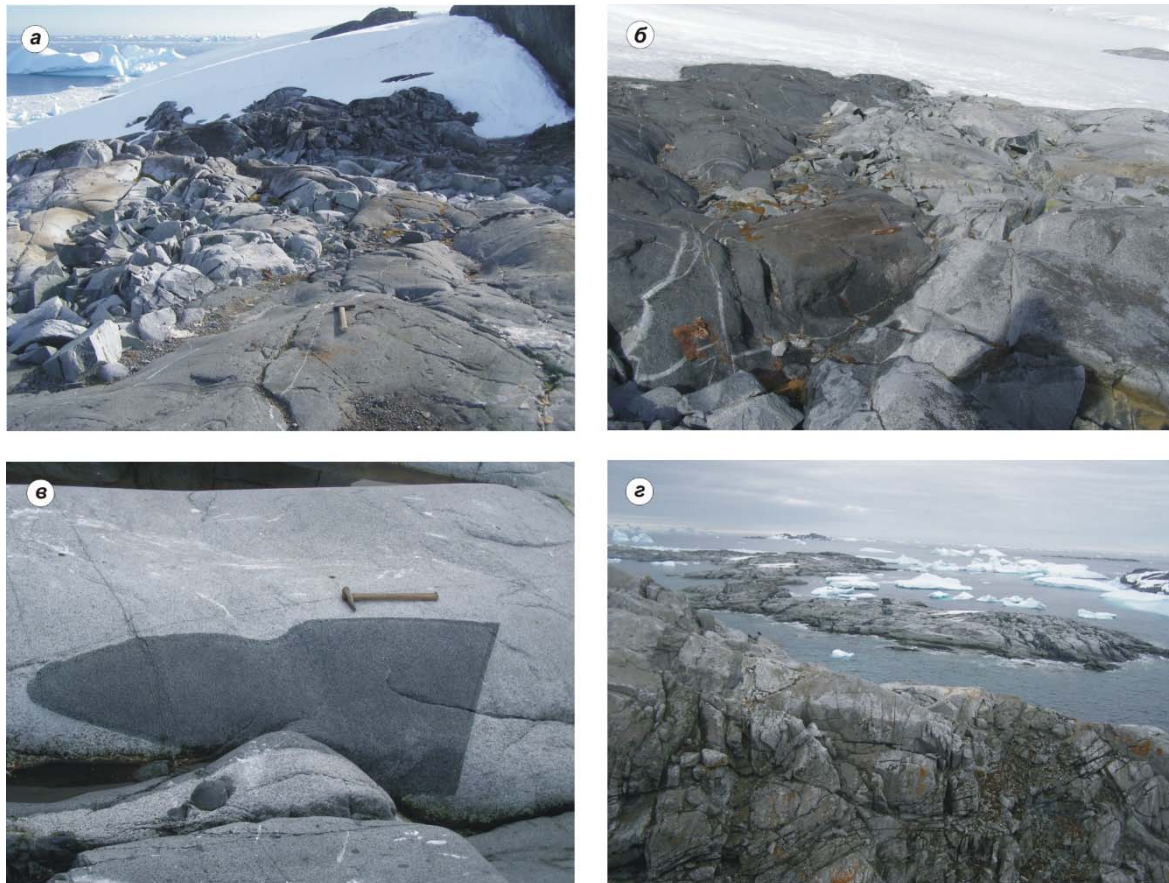


Рис. 4. Геологічні співвідношення інтрузивних порід о. Пітерман:

а-б – інтрузивний контакт гранітоїдів з більш давніми габроїдами, відслонення в північно-західній частині острова;
в – ксеноліт габроїда в гранодіориті, відслонення на південному узбережжі затоки Порт Сокамсхион;
г – гранодіорити інтродуються чисельними базитовими дайками північно-східного простягання, південне західне узбережжя о. Пітерман

Петрографічні особливості інтрузивних утворень о. Пітерман. Спільною рисою всіх інтрузивно-магматичних утворень о. Пітерман є метаморфічні перетворення, яких вони зазнають. Тим не менше, незалежно від масштабу та ступеня метаморфізму, усі досліджувані зразки зберігають реліктові структурно-текстурні особливості та мінеральні парагенезиси, що дозволяє використовувати до них номенклатуру магматичних порід.

Амфіболізовані габро є найхарактернішими представниками габроїдів о. Пітерман. Це фанеритові середньозернисті породи з реліктовою гіпідіоморфнозернистою кумулятивною структурою. Їх головні породотвірні мінерали – основний плагіоклаз та амфіболи. Реліктовий піроксен, магнетит та ільменіт мають другорядне значення. Таблитчасті кристали плагіоклазу, розміром 2–5 мм, проявляють частковий ідіоморфізм щодо інтерстиційних зерен зеленої рогової обманки, що заміщує первинний клінопіроксен, утворюючи по ньому гомоосові псевдоморфози. Сама рогова обманка подекуди заміщується волокнистим агрегатом актиноліту. Місцями всередині актинолітових агрегатів зустрічаються своєрідні скупчення вторинного дрібнокристалічного магнетиту, в обрисах яких вгадується морфологія якогось первинного мафічного мінералу, можливо – олівіну. Вторинний біотит поширений у зразках габро достатньо неоднорідно, утворюючи більші за розміром самостійні зерна, а також дрібнолускаті агрегати. Останні формують реакційні оболонки навколо зерен магнетиту. В окремих зразках спостерігається зачаткова хлоритизація біотиту, яка зазвичай супроводжується кристалізацією епідоту на межі

із сусіднім актинолітом. Кварц, напевно, також має вторинне походження. Його ксеноморфні зерна затиснуті в інтерстиціях плагіоклазів. Звичайно, кристалізація кварцу не супроводжується розчиненням плагіоклазу і лише в деяких місцях межі між цими мінералами є корозійними. У схрещених ніколях кварц характеризується нормальним згасанням без ознак деформацій. Магнетит найбільш поширений серед рудних мінералів досліджуваних габроїдів. Він представлений двома морфологічними типами. Перший морфотип – відносно великий, 0,4–0,6 мм, ксеноморфні та гіпідіоморфні зерна, які звичайно асоціюють з ільменітом, утворюючи з ним незакономірні зростки. Останні виявляють ознаки більш пізнього виокремлення магнетиту щодо ільменіту. Інколи у цьому морфотипі магнетиту зустрічаються поодинокі таблитчасті вклучення ільменіту, які орієнтуються паралельно до однієї з кристалографічних граней. Другий морфотип – набагато менші, 0,01–0,05 мм, субідоморфні та ідіоморфні мікрокристали, які неоднорідно насичують усі породотвірні мінерали. За даними мікрозондового аналізу обидва морфотипи магнетиту характеризуються майже стехіометричним складом, позбавленим будь-яких ізоморфних домішок. Ільменіт – другий за поширеністю рудний мінерал. Звичайно він кристалізується у вигляді ідіоморфних та субідоморфних таблитчастих зерен розміром 0,5–0,7 мм. Деякі з них демонструють екзолюційну будову, що виявляється у вигляді чисельних мікроскопічних, 0,02–0,04 мм, вклучень гематиту, які орієнтуються паралельно до грані (0001). Серед акцесорних мінералів габро діагностовані апатит, сфен, циркон, пірит, халькопірит та сфалерит.

Гранодіорити найбільш поширені серед гранітоїдів о. Пітерман. Ці фанеритові середньозернисті породи характеризуються типовою гіпідіоморфнозернистою гранітною структурою. Головні породотвірні мінерали гранодіоритів – кислий плагіоклаз, кварц та мікроклін-пертит. Біотит та рогова обманка мають другорядне значення. Плагіоклаз характеризується олігоклазовим складом. Його таблитчасті зерна, розміром 2–4 мм, проявляють ідіоморфізм щодо інших салічних мінералів. Зональна будова плагіоклазових зерен виявляється за характером згасання та нерівномірним розподілом вторинних змін. У найбільш змінених зразках центральна частина зерен плагіоклазу сосоритизована, у крайовій частині розвиваються серицит та глинисті мінерали. Ксеноморфні зерна кварцу, розміром 1–3 мм, затиснуті в інтерстиціях плагіоклазів. Вони мають слабо хвилясте згасання та насичені чисельними пиловидними мінеральними включеннями. Мікроклін розподіляється в породі неоднорідно. Його неправильні зерна кородують плагіоклаз, місцями нарастаючи на нього у вигляді переривчастих оболонок. Неправильні пертитові вростки альбіту на окремих ділянках продовжуються у сусідні зерна плагіоклазу. У схрещених ніколях ясно виявлена мікроклінова гратка. Порівняно з плагіоклазом мікроклін менш змінений, хоча й по ньому розвивається пелітизація. Біотит в одному ніколі густо плеохроє у зеленувато-коричневих тонах. Він кристалізується у вигляді ідіоморфних та гіпідіоморфних товсто-таблитчастих зерен розміром 0,5–1,5 мм. Містить пойкилітові включення апатиту та рудних мінералів. Різною мірою заміщується хлоритом, подекуди з формуванням повних псевдоморфоз. Зазвичай хлоритизація біотиту супроводжується виокремленням зерен епідоту, що включені у хлорит. Рогова обманка густо забарвлена у коричнево-зелений колір. Утворює ідіоморфні короткостовпчасті кристали розміром 1–2 мм, що місцями зібрані у зростки. Звичайно вона містить пойкилітові включення плагіоклазу та апатиту. У деяких зразках видно як рогова обманка кристалізується поверх біотиту. Також зустрічаються зростки рогової обманки зі сфеном та епідотом. Характерними акцесорними мінералами гранодіоритів є апатит та циркон.

Догранітні дайкові породи о. Пітерман представлені амфіболізованими габро-порфіритами. Для них характерна поліфорова структура з чисельними фенокристами лабрадорового плагіоклазу, розміром 5–10 мм, зануреними у дрібнозернисту загальну масу. Місцями такі фенокристи формують гломеропорфірові агрегати. Основна маса складена дрібними, 0,2–0,4 мм, зернами основного плагіоклазу та амфіболу. Таблитчасті індивіди плагіоклазу демонструють частковий ідіоморфізм по відношенню до новоутворених амфіболів, виявляючи реліктову габро-офітову структуру. Первинні мафічні мінерали повністю заміщені новоутвореними роговою обманкою та актинолітом. Місцями видно, що амфіболи разом з підпорядкованим біотитом заліковують тонкі катакластичні тріщини, що наочно підтверджує вторинний генезис цих мафічних мінералів. Вторинним є також ксеноморфні виокремлення кварцу. Реліктові ксеноморфні та субідіоморфні зерна магнетиту розміром 0,05–0,1 мм містять закономірно-орієнтовані таблитчасті мікрровключення ільменіту. Крім таких екзолюційних включень, ільменіт зустрічається й у вигляді самостійних субідіоморфних таблитчастих кристалів, розміром близько 0,1 мм. Вторинний магнетит кристалізується у вигляді чисельних мікроскопічних включень розміром ~0,02 мм, які неоднорідно насичують плагіоклаз та амфіболи. Найбільш звичайним акцесорним мінералом досліджуваних габро-порфіритів є апатит. За допомогою мікросондового аналізу також діагностовані циркон та халькопірит.

Постгранітні дайкові породи представлені діабазами, значно зміненими процесами альбітизації, епідотизації та хлоритизації. Це дрібнозернисті афірові породи з реліктовою офітовою структурою. Порівняно з вищеописаними габро-порфіритами для них властиві більш низькотемпературні метаморфічні перетворення та набагато гірша збереженість первинно-магматичних мінеральних парагенезисів. Головні породотвірні мінерали метадіабазів – плагіоклаз, епідот та хлорит. Плагіоклаз утворює лейстовидні зерна розміром 0,1–0,2 мм. Його склад у результаті постмагматичних процесів розкислений до альбіт-олігоклазу. Надлишок вапна при цьому вивільнився у формі мікрокристалічного кліноцоїзиту. Епідот та хлорит виповнюють інтерстиції плагіоклазів, повністю заміщуючи первинні мафічні мінерали та можливо – вулканічне скло. Дрібні неправильні зерна вторинного кварцу також займають інтерстиційне положення. Характерними рудними мінералами метадіабазів є магнетит та ільменіт. Ідіоморфні та гіпідіоморфні зерна магнетиту, розміром 0,06–0,09 мм, неоднорідно заміщуються сфеном. Це припускає їх первинно-титанистий склад, хоча мікросондовим аналізом домішок титану у магнетиті не виявлено. Ільменіт поширений помітно менше магнетиту. Він кристалізується у вигляді сильно сплосчених скелетних кристалів розміром 0,09–0,1 мм. Загалом така морфологія ільменіту властива для дуже швидко охолоджених дайкових порід субвулканічної фації. Крім ільменіту та магнетиту, рудна мінералізація представлена вторинними сульфідами – піритом та галенітом. Серед акцесорних мінералів діагностовано апатит та циркон.

Висновки.

1. Інtruзивні утворення о. Пітерман не можуть бути складовими єдиного магматичного комплексу (Андійської інtruзивної світи чи Батоліту Антарктичного півострова), як це вважалося попередниками. Зокрема, габроїди та гранітоїди сформовані у результаті двох самостійних етапів магматичної активності, розмежованих вкоріненням догранітних дайок та наступним регіональним метаморфізмом.

2. Найдавнішими інtruзивно-магматичними утвореннями о. Пітерман є габроїди. Верхня вікова межа їх формування сягає не менш ніж 96 млн років, нижня – лишається нез'ясованою. У північній частині острова на денну поверхню виходить фрагмент розширеної габроїдної інtruзії, більша частина якої має бути під рівнем моря північніше о. Пітерман. Враховуючи виміряні елементи залягання шаруватості габроїдів у північній частині острова, а також наявність їх ксенолітів у гранітоїдах його південно-східної частини, можна очікувати продовження габроїдної інtruзії й у цьому напрямку.

3. Габроїди інtruдуються догранітними дайками габро-порфіритів, вік вкорінення яких також не менший ніж 96 млн років. З огляду на мікроструктурні особливості габро-порфіритів їх слід вважати менш глибинними магматичними утвореннями порівняно із вмисними габроїдами. Це припускає підняття та ерозію габроїдної інtruзії перед вкоріненням дайок. Тим не менше, не виключається, що дайки габро-порфіритів та габроїди є похідними єдиного магматичного джерела, що потребує додаткової перевірки.

4. Габроїди та догранітні дайки зазнали регіональних метаморфічних перетворень в умовах амфіболітової фації ($t \sim 500\text{--}700^\circ\text{C}$) ще до вкорінення гранітоїдів. Наступні діафоричні перетворення, які проявилися в розвитку накладеної актиноліт-епідот-хлоритової мінералізації, мали локальний характер. Їх розвиток був пов'язаний або з приконтakтовим ореолом гранітоїдної інtruзії, або з більш пізніми насколотріщинними гідротермально-метасоматичними процесами, що відбувалися після формування гранітоїдів.

5. Гранітоїди о. Пітерман не зачеплені регіонально-метаморфічними перетвореннями амфіболітової фації, тобто формувалися після піку регіонального метаморфізму в регіоні. Отримана попередниками цифра U-Pb ізотопного датування цирконів – 96 млн років з великою мірою вірогідності відповідають віку вкорінення гранітоїдів.

6. Постгранітні базитові дайки о. Пітерман формувалися на субвулканічному рівні глибинності, тобто після значної ерозії гранітоїдних інтрузій. За віком вони, імовірно, також значно відірвані від гранітоїдів. Накладена альбітизація, епідотизація та хлоритизація постгранітних дайок має локальний навколотріщинний характер і пов'язана з низькотемпературними гідротермально-метасоматичними процесами.

7. Подальші дослідження слід спрямувати на вивчення породотвірних, рудних та акцесорних мінералів, а також на з'ясування особливостей хімічного складу інтрузивних утворень о. Пітерман з метою визначення їх рудогенеруючого потенціалу.

Подяка. Автори висловлюють свою подяку керівництву Національного антарктичного наукового центру та персоналу Української антарктичної станції "Академік Вернадський" за організацію та всебічну підтримку польових досліджень. Значний внесок у проведення геологічних маршрутів внесли М.П. Старинець, В.В. Храпач та інші зимівники XXI Української антарктичної експедиції, яким автори щиро вдячні.

Список використаних джерел:

1. Артеменко Г. В. Результаты геохимических исследований проявлений рудной минерализации в породах батолита Антарктического полуострова / Г. В. Артеменко, В. Г. Бахмутов, Л. Н. Бахмутова // Укр. антарктичний журнал. – 2011. – № 10–11. – С. 13–25.
2. Бахмутов В. Г. Геологический обзор архипелага Аргентинские острова и прилегающей территории Антарктического полуострова / В. Г. Бахмутов // Бюлл. УАЦ. – 1998. – № 2. – С. 77–84.
3. Бахмутов В. Г. Возрастная позиция, геодинамическая специфика и палеомагнетизм интрузивных комплексов западного побережья Антарктического полуострова / В. Г. Бахмутов, Д. П. Гладкочуб, В. В. Шпира // Геофиз. журнал. – 2013. – Т. 35, № 3. – С. 3–30.
4. Магматическая расчлененность габброидов батолита Антарктического полуострова / Г. В. Артеменко, В. Г. Бахмутов, И. А. Самборская и др. // Укр. антарктический журнал. – 2013. – № 12. – С. 30–33.
5. Муровская А. В. Предварительные результаты полевых тектонофизических исследований в районе западного побережья Антарктического полуострова / А. В. Муровская, В. Г. Бахмутов // Укр. антарктический журнал. – 2015. – № 14. – С. 66–73.
6. Adie R. J. The petrology of Graham Land: The basement complex; Early Palaeozoic plutonic and volcanic rocks / R. J. Adie // Falkland Island Dependencies Survey Scientific reports. – 1954. – № 11. – 29 p.
7. Adie R. J. The petrology of Graham Land: The Andean granite-gabbro intrusive suite / R. J. Adie // Falkland Island Dependencies Survey Scientific reports. – 1955. – № 12. – 41 p.

8. Adie R. J. The petrology of Graham Land: Metamorphic rocks of the Trinity peninsula series / R. J. Adie // Falkland Island Dependencies Survey Scientific reports. – 1957. – № 20. – 31 p.

9. Curtis R. The petrology of the Graham Coast, Graham Land / R. Curtis. – British Antarctic Survey Scientific reports. – 1966. – № 50. – 70 p.

10. Leat P. T. On the Antarctic peninsula batholith / P. T. Leat, J. H. Scarrow, I. L. Millar // Geological Magazine. – 1995. – V. 132, № 4. – P. 399–412.

11. Notes on the scientific work of the British Graham Land Expedition, 1934–37 / W. L. S. Fleming, A. Stephenson, B. B. Roberts, G. C. L. Bertram // The Geographical Journal. – 1938. – V. 91, № 6. – P. 508.

12. Pankhurst R. J. Rb-sr geochronology of Graham Land, Antarctica / R. J. Pankhurst // Journal of the Geological Society. – 1982. – V. 139, № 6. – P. 701–711.

13. Slab window migration and terrane accretion preserved by low-temperature thermochronology of a magmatic arc, northern Antarctic peninsula / W. R. Guenther, D. L. Barbeau, P. W. Reiners, S. N. Thomson // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. – 2010. – V. 11, № 3. – P. 1–13.

References:

1. Artemenko, G. V., Bakhmutov, V. G., & Bakhmutova, L. N. (2011). The results of geochemical investigations of ore mineralization at the Antarctic Peninsula Batholith rocks. *Ukrainian Antarctic Journal*, 10–11, 13–25. [in Russian].
2. Bakhmutov, V. G. (1998). Geological overview of the Argentine islands and the adjacent area of the Antarctic Peninsula. *Ukrainian Antarctic Journal*, 2, 77–84. [in Russian].
3. Bakhmutov, V. G., Gladkochub, D. P., & Shpyra, V. V. (2013). The age, geodynamics and paleomagnetism of the intrusive complexes of West Antarctica. *Geophysical Journal*, 3, 3–30. [in Russian].
4. Artemenko, G. V., Bakhmutov, V. G., Samborskaya, I. A., Bakhmutova, L. N., & Shpyra, V. V. (2013). Magmatic layering of the Antarctic Peninsula Batholith gabbroids. *Ukrainian Antarctic Journal*, 12, 30–33. [in Russian].
5. Murovskaya, A. V., & Bakhmutov, V. G., (2015). Preliminary results of field tectonophysical studies of the West Antarctica area. *Ukrainian Antarctic Journal*, 14, 66–73. [in Russian].
6. Adie, R. J. (1954). The petrology of Graham Land: The Basement Complex; early Palaeozoic plutonic and volcanic rocks. Falkland Island Dependencies Survey Scientific reports, 11, 1–29.
7. Adie, R. J. (1955). The petrology of Graham Land: The Andean granite-gabbro intrusive suite. Falkland Island Dependencies Survey Scientific reports, 12, 1–41.
8. Adie, R. J. (1957). The petrology of Graham Land: Metamorphic rocks of the Trinity Peninsula series. Falkland Island Dependencies Survey Scientific reports, 20, 1–31.
9. Curtis, R. (1966). The petrology of the Graham coast, Graham Land. British Antarctic Survey Scientific reports, 50, 1–70.
10. Leat, P. T., Scarrow, J. H., & Millar, I. L. (1995). On the Antarctic Peninsula batholith. *Geological Magazine*, 132(4), 399–412. <https://doi.org/10.1017/S0016756800021464>
11. Fleming, W. L. S., Stephenson, A., Roberts, B. B., & Bertram, G. C. L. (1938). Notes on the scientific work of the British Graham Land Expedition, 1934–37. *The Geographical Journal*, 91(6), 508–528. doi:10.2307/1787413
12. Pankhurst, R. J. (1982). Rb-Sr geochronology of Graham Land, Antarctica. *Journal of the Geological Society*, 139(6), 701–711. <http://doi.org/10.1144/gsjgs.139.6.701>
13. Guenther, W. R., D. L., Reiners, P. W., & Thomson, S. N. (2010). Slab window migration and terrane accretion preserved by low-temperature thermochronology of a magmatic arc, northern antarctic peninsula. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 11 (3), 1–13. doi:10.1029/2009GC002765.

Надійшла до редколегії 26.06.17

A. Mitrokhin¹, Dr. Sci. (Geol.), Professor

E-mail: mitrokhin.a.v@ukr.net

V. Bakhmutov², Dr. Sci. (Geol.)

E-mail: bakhmutovvg@gmail.com

L. Gavryliv¹, PhD student

E-mail: liubomyr.gavryliv@gmail.com

A. Aleksieienko¹, PhD student

E-mail: scr315@gmail.com

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv

Institute of Geology, 90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

²Institute of Geophysics National Academy of Sciences of Ukraine

32 Palladin Ave., Kyiv, 03680, Ukraine

GEOLOGY OF PETERMANN ISLAND (WILHELM ARCHIPELAGO, WEST ANTARCTICA)

Petermann Island belongs to the Wilhelm Archipelago – a large island arc near the west coast of the Antarctic Peninsula in the area of the Ukrainian Antarctic Station "Akademik Vernadsky". All the principal petrographic units of the Andean gabbro-granite Intrusive Suite which belong to the Antarctic Peninsula Batholith, outcrop on the island. Similar to several other Meso- Cenozoic orogenic intrusions, which form a large magmatic belt of West Antarctica, the rocks of Petermann Island underwent metamorphism of different type and intensity. The authors examined geological setting of the Petermann Island and acquired principally new data on the spatial localization, structural measurements, age relations, petrographic features and chemical composition of separate intrusive bodies. The aim of the research was to reveal the geological sequence of magmatic intrusions and metamorphism of the intrusive bodies of Petermann Island. Geological fieldworks, followed by mineralogical and petrographic investigations prove that gabbroids and granitoids formed as a result of two different stages of magmatic activity, delimited by the intrusion of pre-granite basic dikes and subsequent regional metamorphism.

Accordingly, the intrusive suites of Petermann Island cannot be a part of one magmatic complex (Andean Intrusive Suite or Antarctic Peninsula Batholith), as it was considered by the previous researchers of the area. The paper indicates that the most ancient intrusive-magmatic formations of Petermann Island are represented by the layered gabbroid intrusion. Only a fragment of the latter one outcrops on the northern shore of the island,

while the biggest part of the intrusion being located under the sea level to the north and east. At least two groups of dikes are identified among the basic dikes of Petermann Island based on the age of their intrusion. Petrographic features of pre-granite gabbro-porphyrite dikes indicate hypabyssal level of their intrusion, unlike the plutonic level of the enclosing gabbroids. It is pointed out that the gabbroids and pre-granite dikes were significantly altered by regional metamorphism under amphibolite facies conditions prior to the intrusion of granitoids. The development of the superimposed actinolite-epidote-chlorite mineralization is associated either with the contact metamorphism induced by the intrusion of granitoids or with later fracture-controlled hydrothermal flow and metasomatism that occurred after the intrusion of granitoids. The granitoids of Petermann Island show no evidence of regional metamorphic alteration under amphibolite facies, which is characteristic of the gabbroids. Therefore, it is assumed that the granitoids were formed after the peak of regional metamorphism in the area. The examination of post-granite diabase dikes indicates that they were intruded at subvolcanic level, after a significant erosion of the enclosing granitoids. The superimposed albite-epidote-chlorite mineralization of post-granite dikes is assumed to be associated with local fracture-controlled low temperature hydrothermal-metasomatic processes.

Keywords: geology, intrusive rocks, Wilhelm Archipelago, Petermann Island, West Antarctica.

А. Митрохин¹, д-р геол. наук, проф.

E-mail: mitrokhin.a.v@ukr.net

В. Бахмутов², д-р геол. наук

E-mail: bakhmutovvg@gmail.com

Л. Гаврылив¹, асп.

E-mail: liubomyr.gavryliv@gmail.com

А. Алексеевко, асп.

E-mail: scr315@gmail.com

¹Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

²Институт геофизики им. С. И. Субботина НАНУ

пр-т Академика Палладина, 32, г. Киев, 03680, Украина

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОСТРОВА ПИТЕРМАН (АРХИПЕЛАГ ВИЛЬГЕЛЬМА, ЗАПАДНАЯ АНТАРКТИКА)

Остров Питерман принадлежит к архипелагу Вильгельма – большой группе, расположенной возле западного побережья Антарктического полуострова, в районе Украинской антарктической станции "Академик Вернадский". На Питермане обнажаются все главные петрографические представители "Андейской габбро-гранитной интрузивной свиты", которые считаются современниками и составляющей частью протяженного "Батолита Антарктического полуострова". Подобно многим другим мезо-кайнозойским орогенным интрузиям, которые формируют протяженный магматический пояс Западной Антарктики, горные породы о. Питерман подверглись метаморфическим изменениям разного типа и интенсивности.

Авторы исследовали особенности геологического строения о. Питерман и получили принципиально новые данные касательно пространственной локализации, а также условий залегания отдельных интрузивных тел, их возрастные соотношения, петрографические особенности и вещественный состав. Целью исследований было выяснение геологической последовательности внедрения и метаморфических изменений интрузивно-магматических образований о. Питерман. По результатам полевых геологических работ и следующих минералого-петрографических исследований было установлено, что габброиды и гранитоиды сформированы в результате двух самостоятельных этапов магматической активности, разделенных внедрением догранитных базитовых даек и следующим региональным метаморфизмом. Соответственно, интрузивные образования о. Питерман не могут быть составляющими единого магматического комплекса (Андейской Интрузивной Свиты или Батолита Антарктического полуострова), как это считалось предшественниками. Продemonстрировано, что наиболее древние интрузивно-магматические образования о. Питерман представлены расслоенной габброидной интрузией, фрагмент которой обнажается на северном берегу острова, а большая часть находится под уровнем моря севернее и восточнее. Среди базитовых даек о. Питерман выделяются как минимум две возрастные группы. Петрографические особенности догранитных даек габбро-порфиров указывают на гипабиссальный уровень их внедрения, в отличие от plutonic уровня формирования вмещающих габброидов. Доказано, что габброиды и догранитные дайки подверглись региональным метаморфическим изменениям в условиях амфиболитовой фации до внедрения гранитоидов. Развитие наложенной актинолит-эпидот-хлоритовой минерализации объясняется либо контактово-метаморфическим воздействием гранитоидной интрузии, либо еще более поздними околотрещинными гидротермально-метасоматическими процессами, которые имели место после формирования гранитоидов. Установлено, что гранитоиды о. Питерман не подверглись свойственным для габброидов регионально-метаморфическим изменениям амфиболитовой фации. Опираясь на это, был сделан вывод о формировании гранитоидов после пика регионального метаморфизма на территории. Исследования постгранитных диабазовых даек показали, что их внедрение происходило на субвулканическом уровне глубинности, то есть после существенной эрозии вмещающих гранитоидов. Для наложенной альбитизации, эпидотизации и хлоритизации постгранитных даек предполагается локальный околотрещинный характер и связь с низкотемпературными гидротермально-метасоматическими процессами.

Ключевые слова: геология, магматические породы, архипелаг Вильгельма, остров Питерман, Западная Антарктика.

УДК 567.31+551.763 / (477.46)

Л. Попова, канд. геол. наук, ст. наук. співроб.
E-mail: liliapopovalilia@gmail.com
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна,
В. Присяжнюк, канд. геол.-мінералог. наук, ст. наук. співроб.
E-mail: prysval@ukr.net
ІГН НАН України
вул. О. Гончара, 55 б, м. Київ, 01054, Україна,
О. Ковальчук, канд. біол. наук, наук. співроб.
E-mail: biologist@ukr.net
ННПМ НАН України
вул. Б. Хмельницького, 15, м. Київ, 01030, Україна,
Л. Тустановська, канд. геол. наук, асист.
E-mail: tustanovska@univ.kiev.ua
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ДІАПІРОУТВОРЕННЯ В ЗОНІ КАНІВСЬКИХ ДИСЛОКАЦІЙ: ГЕОЛОГІЧНИЙ ВІК, ЧИННИКИ ТА ПАЛЕОГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. В.В. Шевчуком)

Яр Меланчин Потік (південна частина Канівських дислокацій) перерізає декілька лусок з келовейськими глинами в ядрі, з падінням пластів на північ-північний захід. На сьогодні, на фоні загального погіршення відслоненості, ця територія надає майже виключну можливість зіставлення геологічних структур, біостратиграфічних даних і даних структурної морфометрії. З цією метою в середній частині яру була вивчена велика діапировіа складка-насув. Будова четвертинних відкладів на її крилах свідчить, що після масштабних дислокацій лускувато-насувеного характеру надзвичайно активні процеси площинного змиву, за відсутності розвинутої гідрографічної сітки, призводили до швидкого накопичення продуктів розмиву тут же поблизу, на схилах і в западинах рельєфу. Подекуди спостерігається ритмічність заповнення фронтальних міжскибових депресій, яка, вірогідно, відповідає сезонним змінам швидкості водних потоків (весняні/літні). Поза цим, імовірно, сезонним фактором, умови осадконакопичення додатково ускладнювалися неперіодичними подіями, можливо – повторними дислокаціями меншого масштабу. Зокрема, на відлозі (тиловому) крилі згаданої діапировіа складки-насуву було виявлено ще два етапи накладених деформацій, які відбувалися одночасно з накопиченням схилового делювію на крилах. Четвертинні відклади дослідженої ділянки мають ознаки єдиного циклу делювіального осадконакопичення і, вірогідно, відповідають досить вузькому хронологічному інтервалу.

Таку реконструкцію підтверджує і склад викопної фауни. Вона пошарово відбиралася з відкладів заповнення фронтальної міжскибової депресії (тафоценоз Меланчин Потік 1) та з порушених вторинними деформаціями делювіальних відкладів, що накопичувалися на тиловому крилі складки (Меланчин потік 2). Таким чином отримані численні черепашки наземних гастропод, а також поодинокі рештки амфібій і ссавців. Обидва тафоценози підтверджують картину розчленованого молодого рельєфу з обводненими низовинами і ділянками більш сухолюбної степової рослинності на підвищеннях. Зміни складу фауни гастропод у розрізі пояснюються динамікою площинного зносу, а не кліматичними причинами. Можливий вік відкладів, визначений за складом решток гризунів, лежить в інтервалі від другої половини середнього плейстоцену і до кінця пізнього плейстоцену; але виходячи із всього вищевикладеного цей інтервал слід везути до дніпровського кліматоліту. Загалом фауна (як гастроподи, так і ссавці) достатньо толерантна до холоду, хоча і не екстремально кріофільна. Як склад фауни, так і пластичний характер накладених деформацій свідчать про відсутність суцільної багаторічної мерзлоти. Нові деталі в палеогеографічну реконструкцію дніпровського часу вносять знахідки амфібій. Їх кісткові рештки в дніпровських відкладах підкреслюють некоректність аналогії між ландшафтно-кліматичними умовами сучасних високоширотних прильодовикових територій і ландшафтом та кліматом дніпровського часу.

Якщо розглядати розріз Меланчиного Потіку як модель будови Канівських дислокацій у мініатюрі, то сценарій їх формування виявляється загалом подібним до описаного А.В. Матошом, Ю.Г. Чуğunним. А саме, структури лускуватого алохтону передували утворенню ін'єктивного валу і поряд з іншими факторами певним чином спрямовували подальші дислокації. Води, що витискалися з-під тіла льодовика, рухалися переважно по латералі, оскільки юрські глини в основі верхнього поверху алохтону, розплющені і розтягнуті в ході насувних рухів, становили верхній водотримувач. На межах між основними структурами ці води знаходили вихід до великих об'ємів пористих відкладів (крейдових, палеогенових, четвертинних алювіальних) і насичували їх. Посилився тиск на підстильні породи, і виник пояс вторинних діапирів (ін'єктивний вал). Натомість, дані структурної морфометрії свідчать на користь сценарію Ю.А. Лаврушина, Ю.Г. Чуğunного (утворення ін'єктивного валу передусім насувним рухам).

Ключові слова: Канівські дислокації, викопна фауна, гастроподи, амфібії, гризуни, структурна морфометрія

Постановка проблеми. Реконструкції механізмів утворення канівських дислокацій присвячено ряд добре відомих робіт, що ґрунтуються на великому обсязі геологічних даних, отриманих в умовах доброї відслоненості цієї складної і цікавої території [1, 2, 4, 5, 7, 11]. Сучасні дослідження Канівських дислокацій відбуваються в набагато гірших умовах, оскільки внаслідок підняття місцевого базису ерозії після створення Канівського водосховища та заліснення території, кількість і площа доступних відслонень різко зменшилася. З іншого боку, залишаються відкритими такі корисні можливості, як біостратиграфічне датування подій утворення дислокацій, а також кореляція цих подій із закладанням ерозійних форм сучасного рельєфу. Нижче представлена спроба вирішення цих задач на матеріалі відслонень яру Меланчин Потік (Канівський природний заповідник, Черкаська обл.), з метою уточнення часу, чинників і перебігу формування

дислокацій, а також реконструкції ландшафтно-кліматичних умов даного часового інтервалу.

Методи. Біостратиграфічний метод використовувався для визначення геологічного віку відкладів, що сформувалися в результаті розмиву антиклінальних структур дислокацій і заповнюють синклінали. Загалом вважається, що ці відклади палеонтологічно німі (в першу чергу в плані решток хребетних). Однак порівняно недавно у флювіогляціальних відкладах околиць Канева було знайдено ріг північного оленя [8], що істотно збільшило перспективи біостратиграфічного датування четвертинних відкладів на цій території. Окрім ссавців, у даній роботі використовувалися також рештки земноводних і наземних гастропод. Це дозволило запропонувати реконструкцію природного середовища, практично одночасну з дислокаційними подіями.

Морфометричний метод спрямований на виявлення вертикальних рухів земної кори та пошуки тектонічних структур, вивчає числові характеристики форм земної поверхні. Метод базується на графічному розкладанні рельєфу на базисні, залишкові, вершинні й ерозійні поверхні відповідно до порядків долин і вододільних ліній [3, 13]. Усі різниці поверхонь є скалярними полями. Ті чи інші зміни у рельєфі фіксуються окремими видами карт. Так, різниці між базисними поверхнями відповідають різницям висот річкових терас, а карти різниць вершинних поверхонь є аналогом карт різниці між поверхнями вирівнювання. Карти різниць між вершинними та базисними однопорядковими поверхнями відображають не лише вертикальні тектонічні рухи, але й глибинну ерозію, аккумуляцію та денудацію [3]. Особливості застосування даного методу для території Канівських дислокацій обговорювалися раніше [12].

Результати.

Геологічна будова. Нижня і середня частина яру Меланчин Потік зберігає порівняно добру відслоненість, що дозволяє прив'язку морфометричних і біостратиграфічних даних до геологічних структур. Це одна з небагатьох ділянок, де у відслоненнях спостерігаються описані ще В. Різніченком [11] луски з келовейськими глинами в ядрі з падінням

приблизно на північ-північний захід. Таких лусок на всьому протязі яру на сьогодні простежується чотири.

Найбільшої уваги заслуговує луска, що в рельєфі відповідає підвищенню, розташованому між Великим Скільським городищем та Мар'їною горою (відслонення, обмежені координатами N49.722498, E31.512615 – N49.723094, E31.511521, рис. 1, а). Тут келовейські відклади здіймаються на висоту до 11 м над тальвегом, наскрізь простромлюючи потужні пісковики альбу і утворюючи насуп-складку витискання. Завдяки асиметрії складки і ряду інших деталей будови [10] північне положення деформуючого чинника достатньо очевидне.

Перший із досліджених розрізів – відслонення Меланчин Потік-1 (МП1, рис. 1, а, б), приурочений до відкладів заповнення фронтальної міжскибової депресії, по якій закладено сучасний правий відвершок яру. Четвертинні відклади тут представлені ритмічною пачкою алевритистих пісків із декількома прошарками озалізненних пісків різнозернистих, з жорсткою. Всі відміни даної пачки майже несортовані і насичені гострокутними уламками кварц-глауконітових пісковиків і четвертинною та перевідкладеною палеогеновою, крейдовою і юрською фауною.

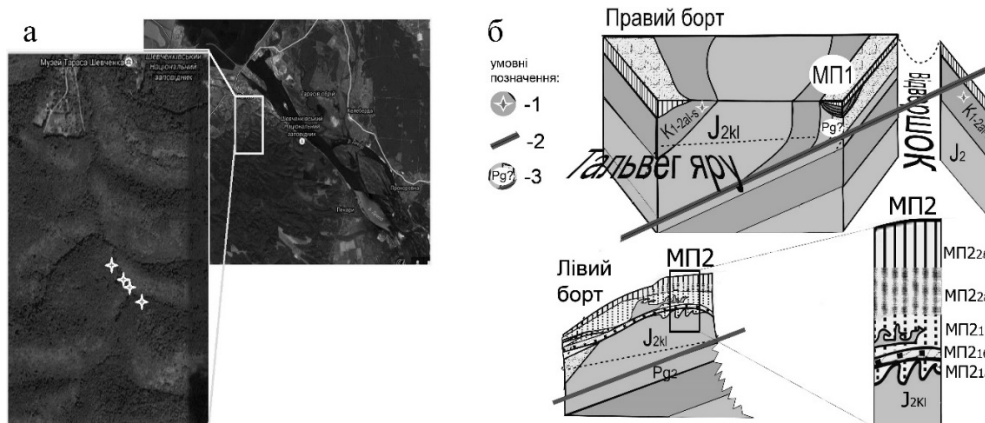


Рис. 1. Розташування дослідженої ділянки (а) і принципова будова розрізу (б).

а: зірочками позначені досліджені розрізи; б: 1 – положення розрізів, позначених зірочками на рис. 1, а; 2 – лінія площини розлому; 3 – гравітаційний фронтальний мікстит, позбавлений усіх текстурних ознак внаслідок руху висячого блоку і подальших гравітаційних процесів. Рисунок виконаний без збереження масштабу, крім колонки МП2

Поза вищеописаними відкладами тимчасових водних потоків, фронтальне крило складки-насуву (добре відслонюється в правому борті правого відвершку яру, рис. 1, б) складене кварц-глауконітовими пісками з безладно розташованими стяжіннями таких же за складом пісковиків. Це різко контрастує з будовою лівого борту того ж відвершку (лежачого крила даного насуву), де спостерігаються характерні текстурні особливості мілководних відкладів [10]. Очевидно, що текстури відкладів правого борту були зруйновані в результаті руху висячого блоку по лежачому плечу. На рис. 1, б ці відносно пухкі відклади (фронтальний мікстит), по яких закладений сучасний відвершок яру, позначені як (Pg?), через присутність палеогенових черепашок молюсків в розрізі МП1.

Рештки дрібних хребетних і наземних гастропод отримані з шаруватих відкладів заповнення фронтальної міжскибової депресії (МП1 на рис. 1, б) шляхом промивки на ситах.

Тилове крило даної складки-насуву було досліджене в лівому борті яру в 100 м нижче за течією від відслонення МП1 (розріз Меланчин Потік 2, МП2). Тут над нахиленою на північ подекуди пльовчастою поверхнею келовейських глин бурих алевритистих залягає складно збудована четвертинна товща потужністю до 3 м (рис. 1, б):

МП2_{1а} – суглинки зеленкувато-сірі піскуваті, невиражено шаруваті (до 0,4 м), над ними з розмивом:

МП2₁₆ – піски білі або світло-жовті, місцями сильно озалізнені, різнозернисті з гравієм, горизонтально- та слабо хвилясто-шаруваті (0,3-0,4 м);

МП2_{1в} – суглинки, аналогічні відкладам МП2_{1а} з дрібними діпірами і складками волочіння бурих алевритистих глин, амплітудою 0,7–1,5 м. Вторинні діпіри від майже вертикальних до перекинутих (характеризуються тим же видимим падінням на північ-північний захід, що і вся дана діпірова складка, деякі зірвані і перетворені у свого роду котуни (структури сніжного кому з матеріалом суглинка МП2_{1в} всередині, рис. 2, б). Вгору по розрізу частка піщаного матеріалу зменшується, шаруватість зникає і даний шар (потужністю близько 1 м) поступово переходить в наступний.

МП2_{2а} – суглинки того ж зеленкувато-сірого кольору, нешаруваті, в нижній частині слабо піскуваті, поступово переходять в наступний шар.

МП2₂₆ – лесоподібні суглинки слабо-зеленкувато-палеві, зі стовпчастою окремистію (1–1,2 м).

Сучасний ґрунт.

На протилежному, правому борті яру в альбських відкладах спостерігається своєрідна дезінтеграція піщового прошарку на розтягнуті на відстань до 1,5 м будиноподібні брили (рис. 2, а).

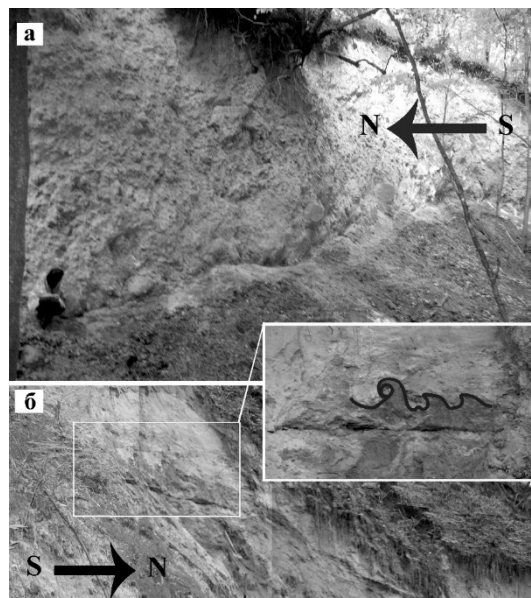


Рис. 2. Прояви дислокації в тилловому крилі складки-насуву в ярі Меланчин Потік: дезінтеграція піщовикового прошарку в альбських пісковицях правого борту (а); утворення структур сніжного кому в складках волочіння, що простромлюють суглинки піскуваті шару МП2_{1в} (лівий борт) (б)

Четвертинні відклади накопичувалися безпосередньо після формування великої діапирової складки-насуву, що розглядається. Вони значною мірою складені продуктами розмиву її ядра (юри, крейди і палеогену). Про це свідчать і перевідкладені рештки морських безхребетних, що зустрічаються у всіх відмінах описаного розрізу. Присутність по всьому розрізу уламків граніту різного ступеня обкатаності, розміром до 1 см свідчить, що розмивалися також і флювіогляціальні відклади.

Незважаючи на те, що накопичення четвертинних відкладів відбувалося на фоні певних (екзо)тектонічних рухів, весь розріз МП2 (як і МП1) з упевненістю можна характеризувати як відклади єдиного циклу делювіального осадконакопичення, що відбувалося в умовах переважання абіогенних процесів над біогенними або порівняно швидко. А саме, частка перевідкладеного матеріалу і вміст піщаної фракції, як це властиво для схилового делювію, поступово зменшується вгору по розрізу; зникає і невиразна горизонтальна шаруватість. Усі переходи між породними відмінками поступові, за винятком результату короточасного розмиву – прошарку сильно озалізненних пісків різнозернистих горизонтально-шаруватих (МП2_{1б}) над повторно дислокованою поверхнею юри. Але після цього розмиву делювіальне осадконакопичення відновилося, здається, з тої ж точки, де зупинилося, про що свідчить ідентичність гранулометричних показників і фауни гастропод з шарів МП2_{1а} та МП2_{1в}.

Викопна фауна. Форми наведені в порядку кількісного представництва, від домінуючих до поодиноких.

МП1. Є ознаки двох джерел надходження четвертинного матеріалу в даний тафоценоз. Рештки гастропод розрізняються за кольором: *Succinea oblonga*, *Pupilla muscorum* і *Vallonia tenuilabris* (білі); *P. muscorum* і *P. loessica* (жовті). Рештки хребетних представлені фрагментом стегнової кістки *Anura* fam. indet. та *Rodentia* gen. et sp. (нижній різець).

МП 2. Зуби і кістки хребетних походять з нижньої більш шаруватої і піскуватої частини розрізу (МП 2₁), у верхніх, нешаруватих суглинках (МП2₂) виявлені тільки гастроподи, а лесоподібний суглинок, що вінчає розріз, не досліджувався.

МП 2_{1а} Суглинки піскуваті, невиразно шаруваті. Invertebrata: *Vallonia tenuilabris*, *Pupilla muscorum*, *Succinea oblonga*, *Columella columella*, *Trochulus* sp., *Pupilla* cf. *sterri*.

МП 2_{1б} Піски різнозернисті озалізнені. Invertebrata: *Pupilla* ex gr. *loessica*, *Sphyradium doliolum*.

МП 2_{1в} Суглинки піскуваті, невиразно шаруваті. Invertebrata: *Succinea oblonga*, *Pupilla muscorum*, *P. ex gr. muscorum*, *P. loessica*, *P. sterri*, *Vallonia tenuilabris*, *C. columella*, *Vertigo modesta*, *Monachoides* sp., *Trochulus* ex gr. *hispidus*. Vertebrata: *Bombina bombina*, *Rodentia* gen. et sp. (верхній різець); *Microtus* sp., *Spermophilus superciliosus*.

Характерно, що у піскуватих алевритах, захоплених всередині одного з глиняних котунів, фауна аналогічна: *S. oblonga*, *P. muscorum*, *P. loessica*.

(МП2₂). Суглинки піскуваті нешаруваті. Invertebrata: *Trochulus hispidus*, *P. muscorum*, *V. tenuilabris*, *S. oblonga*, *P. ex gr. sterri*.

Структурна морфометрія. У ході інтерпретації морфометричних карт виявлені найактивніші ділянки, які зазнавали змін у процесі формування району (западини, вигини, антиклінальні складки та ін.) [3, 12]. Зокрема, на ділянках, розташованих вище і нижче за течією від дослідженого відслонення, зафіксовано перемив відкладів у пониженнях палеорельєфу (ділянки з від'ємними різницями базисних поверхонь 3-го порядку від -16,1 до -7,2 м, оливково-зелені області на рис. 3). Вони являють собою єдиний парагенетичний ряд зі своєрідним схиловим делювієм, описаним вище. Долинна сітка в цей час ще нерозвинута (формується лінзовидні або іншої форми тіла водно-льодовикових відкладів). Поза дослідженою ділянкою флювіогляціальне осадконакопичення подекуди наслідую давні дочетвертинні лінеamenti (теперішній яр Дунаєць та права притока р. Дніпро між с. Пекарі та хутір Хмільна).

Оскільки базисні поверхні в кінцевому підсумку прямують до місцевого базису ерозії (в даному випадку долини Дніпра), морфометричні дані можуть бути прокорельовані з терасовим рельєфом. На цій основі геологічний вік подій, обмежених закладанням базисних поверхонь 3-го і 4-го порядку (рис. 3), визначається проміжком часу між формуванням алювію IV та III надзаплавних терас, тобто дніпровським часом.

Аналіз карт різниць вершинної та вершинно-базисної поверхонь 3-х порядків дав змогу відобразити великі та

малі локальні антиклінальні структури, виражені позитивними різницями цих поверхонь у вигляді замкнених ізоліній (рис. 4). Їм відповідають діапіри юрських глин, що спостерігаються в ярах Костянецький, Меланчин Потік, Мар'їн, Пекарський, Хмільнянський та ін. За щільністю ізобазит можна визначити крутизну палеосхилів відповідного віку. Круті схили фіксуються у верхів'ях Меланчиного Потіку та в інших вищеназваних ярах, які мають найбільші додатні різниці. Максимальне ущільнення ізобазит спостерігається на східних схилах Княжої гори та в районі с. Хмільна, що свідчить про різке підняття певних ділянок [12]. Ізобазити оконтурюють великі форми палеорельєфу, які під впливом зовнішніх та внутрішніх чинників у подальшому змінять рельєф на дрібніші структури (рис. 3, в, стор. 13 в [12]).

Обговорення. Таким чином, після масштабних дислокацій лускувато-насувного характеру утворений сильно розчленований рельєф активно розмивався, а відсутність гідрографічної сітки призводила до того, що продукти розмиву швидко накопичувалися тут же поблизу, на схилах і в западинах рельєфу. Ритмічність заповнення фронтальної міжскибової депресії (відслонення

МП1), можливо, відповідає сезонним змінам швидкості водних потоків (весняні/літні).

Пластичний характер накладених деформацій розрізу МП2 свідчить про принаймні локальну відсутність багаторічної мерзлоти.

Тафоценози, сформовані тимчасовими водними потоками (МП1 і МП 2₁₆), вірогідно, містять хронологічно неоднорідну, а частково і екологічно несумісну фауну гастропод (так, *Sphyradium dolium* у відкладах МП 2₁₆ вказує на теплі умови, *P. loessica* – на холодні. Все це вимагає обережності при використанні даного матеріалу для палеоекологічних реконструкцій. Однак загалом фауна достатньо переконливо підтверджує картину розчленованого молодого рельєфу з обводненими низовинами і ділянками більш сухолюбної степової рослинності на підвищеннях. Зміни складу фауни знизу вгору по розрізу пояснюються саме динамікою площинного зносу, а не кліматичними змінами (зокрема, це стосується фауни МП2₂, дуже численної, але у видовому відношенні одноманітної і представленої еврибіонтними формами).

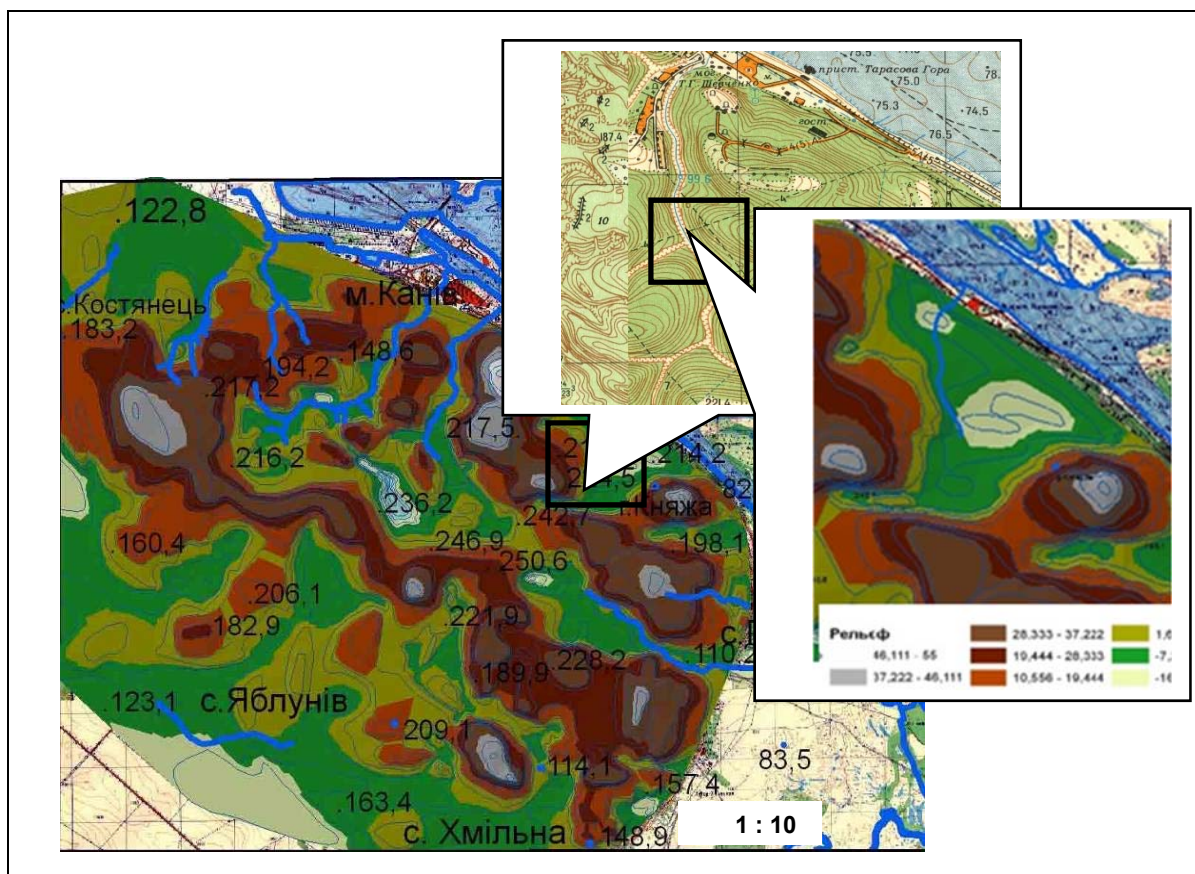


Рис. 3. Флювіогляціальні відклади у Меланчиному яру (фрагменти морфометричної карти різниць базисної поверхні 3-го порядку та карти четвертинних відкладів)

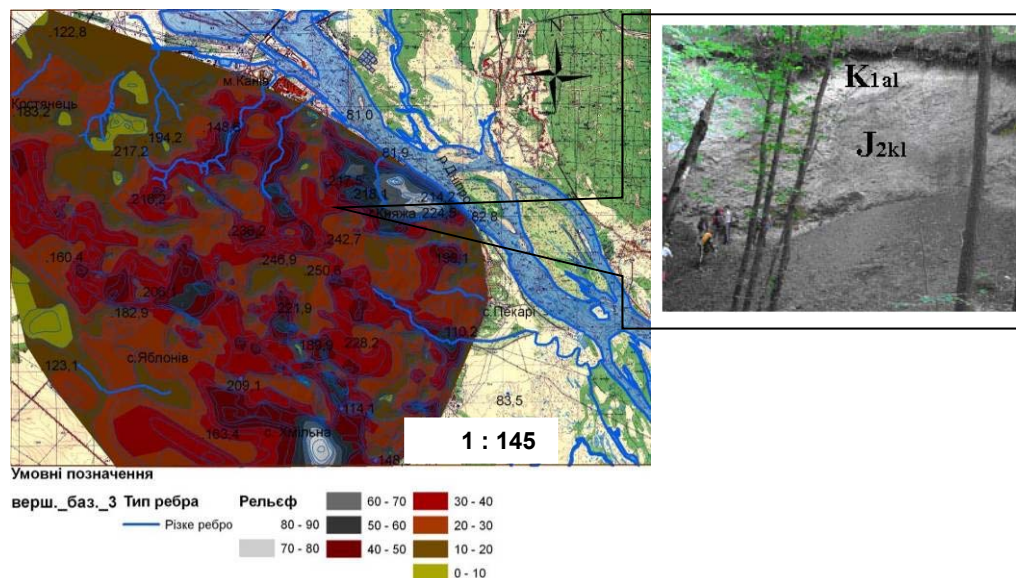


Рис. 4. Діапірова складка-насув, що спостерігається в ярі Маланчин Потік, на карті вершинно-базисної поверхні 3-го порядку

В екологічному відношенні фауна Маланчиного Потіку відповідає помірно (але не екстремально) холодному клімату з відсутністю суцільної багаторічної мерзлоти і нестабільним гідрологічним режимом території. Інтерес становлять знахідки амфібій. Зокрема, для кумки жовточеревної, *Bombina bombina*, що і сьогодні зустрічається по всій території України за винятком Криму, характерне тяжіння до слабопроточних та стоячих водойм – це повністю відповідає палеогеографічній ситуації, реконструйованій за іншою фауною. Проте температура води, оптимальна для проходження ембріогенезу кумок, становить 17–19°C [9], що для часу дніпровського етапу виглядає дивно. З іншого боку, не можна забувати того очевидного факту, що в дніпровський час, як і тепер, територія Канівського Подніпров'я лежала приблизно на 50 північної широти, і принаймні географічні кліматотвірні фактори мали бути близькими до сучасних. Тобто про екологічні аналогії з територіями, нині вкритими материковим зледенінням, або з територіями, розташованими за Полярним колом, не може бути мови. Очевидно, територія отримувала достатньо сонячного випромінювання, щоб замкнені мілководні водойми в депресіях рельєфу прогрівалися достатньо швидко.

Фауна хребетних з МП1 та МП2₁ занадто фрагментарна і не дозволяє оцінити вік відкладів точніше, ніж друга половина плейстоцену (знахідки типових *Microtus* однозначно виключають ранній плейстоцен, а *S. superciliosus* ніде в межах свого ареалу не виявлений раніше другої половини середнього плейстоцену [14]). Однак безпосередньо постдислокаційне накопичення відкладів МП1 і МП2 достатньо очевидне із самої будови розрізів, а дані структурно-морфометричного аналізу визначають ці відклади як сформовані протягом дніпровському етапу, на основі прив'язки до різниці поверхонь IV і III терас Дніпра.

Якщо розглядати розріз Маланчиного Потіку як модель Канівських дислокацій у мініатурі, то сценарій їх формування виявляється загалом подібним до запропонованого раніше [7]: структури лускуватого алохтону передували утворенню ін'єктивного валу і поряд з іншими факторами певним чином спрямовували наступні дислокації. А саме, води, що витискалися з-під тіла льодовика, руха-

лися переважно по латералі, оскільки юрські глини в основі верхнього поверху алохтону, розплющені і розтягнуті в ході насувних рухів, становили верхній водотрив. На межах між основними структурами ці води знаходили вихід до великих об'ємів пористих відкладів і насичували їх і збільшували їх масу. Посилився тиск на підстильні породи і виник пояс вторинних діапирів (ін'єктивний вал). У меншому масштабі аналогічні процеси відбувалися між лусками внутрішньої зони алохтону (Маланчин Потік).

Дані структурно-морфометричного аналізу розміщують події даного сценарію в іншій послідовності: на початкових стадіях дислокацій підняття відбувалися на значних площах у зоні теперішнього ін'єктивного валу і прилеглих ділянок. У подальшому ці обширні підняття значно розчленувалися, а площа їх скоротилася, так що вони склали вузьку, витягнуту паралельно руслу Дніпра позитивну структуру (ін'єктивний вал). Враховуючи, що диференціація рельєфу під дією ерозійних чинників малоймовірна для даного етапу, як пояснення можна запропонувати перерозподіл значних об'ємів пластичних порід під дією гравітаційного фактору (тиск переобводнених пористих порід на пластичні, і до того ж вже деформовані юрські глини, і, в результаті, діапироутворення). Такий сценарій в основному відповідає запропонованому Ю. А. Лаврушиним, Ю. Г. Чугунним [5].

При цьому льодовик виступив не лише як джерело латерального стиснення, але і як причина обводнення відкладів та зміни реологічного стану глин від пластичного до в'язкого. При перезволоженні відбувається підвищення пластичності глинистих порід і модуль деформацій знижується [6], породи буквально течуть (звідки і походять вищеописані скиби – насуди-складки витискання лускуватого алохтону, а також і діапіри ін'єктивного валу). Але подібне насичення порід, у т. ч. глин, водою, у випадку території Канівських дислокацій є можливим тільки за умови значного підвищення в них гідродинамічного тиску (витискання підльодовикових вод по латералі під масою льодовика, у т. ч. і в результаті раптових рухів).

Висновки. Отже, вік своєрідних делювіальних відкладів, що накопичувалися безпосередньо після форму-

вання діапирової складки в середній частині яру Меланчин Потік, визначається як дніпровський (кінець середнього плейстоцену).

Крім цього, підтверджено множинність етапів дислокацій даної території [5, 7]: тільки в досліджених розрізах фіксуються три етапи. Щодо послідовності і причинно-наслідкових зв'язків між окремими подіями складного процесу утворення дислокацій (скибовий алохтон передує основній масі проявів діапіризму чи навпаки), то однозначної відповіді на це питання отримані дані не надають. Втім, однозначне і придатне одночасно для всіх частин території дислокацій вирішення, очевидно, неможливе і просто внаслідок локальних відмін в перебігу процесу, чому є достатня кількість свідчень у кожній із цитованих робіт [1, 5, 7]. Але переобоводненість дослідженої території за відсутності розвинutoї системи стоку підтверджується для часу формування Канівських дислокацій всіма використаними в роботі методами.

Подяки. Автори вдячні О.С. Огієнку за допомогу в інтерпретації будови розрізів. Дана робота є внеском у виконання проектів INQUA 1501P і 1606P та держбюджетної теми № 16БФ049-01.

Список використаних джерел:

1. Гожик П. Ф. Возраст ледниковых образований Среднего Приднепровья / П. Ф. Гожик, А. В. Матошко, Ю. Г. Чугунный. – Киев, 1985. – 34 с. – (Препр. Ин-та геол. наук АН УССР; 85–21).
2. Гожик П. Ф. Еще раз о происхождении Каневских дислокаций / П. Ф. Гожик, Ю. Г. Чугунный // Геол. журнал. – 2008. – № 4. – С. 123–129.
3. Іванік О. М. Застосування класичних методик структурно-морфометричного аналізу для реконструкції новітнього тектогенезу на основі ГС / О. М. Іванік, Л. В. Тустановська // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – Вип. 53. – 2011. – С. 4–7.
4. Іванніков О. В. Геологія району Канівських дислокацій / О. В. Іванніков. – К.: Наук. думка, 1966. – 96 с.
5. Лаврушин Ю. А. Каневские гляциодислокации / Ю. А. Лаврушин, Ю. Г. Чугунный. – М.: Наука, 1982. – 101 с.
6. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная петрология / В. Д. Ломтадзе. – Л.: Недра, 1984. – 511 с.
7. Матошко А. В. Днепровское оледенение территории Украины / А. В. Матошко, Ю. Г. Чугунный. – Киев: Наук. думка, 1993. – 191 с.
8. Находка ископаемого северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) в отложениях днепровского горизонта Украины / А. И. Крохмаль, В. Н. Логвиненко, С. К. Прилипко, В. П. Вернигор, Е. А. Соляник // Геол. журнал. – 2002. – № 4. – С. 124–128.
9. Писанець Є. М. Земноводні України (посібник для визначення амфібій України та суміжних країн) / Є. М. Писанець. – К.: Видавництво Равського, 2007. – 192 с.
10. Попова Л. В. Викопні еласмобранхії та стратиграфія крейдових відкладів Канівщини / Л. Попова, О. Огієнко, Т. Сокольський // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2015. – Вип. 1 (68). – С. 10–14.

L. Popova, Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher
E-mail: liliapopovalilia@gmail.com,
Taras Schevchenko National University of Kyiv
Institute of Geology, 90 Vasykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine
V. Prysiazhniuk, Cand. Sci. (Geol.-Min.), Senior Researcher
E-mail: prysval@ukr.net
Geological Institute of NAS of Ukraine
55-b O. Honchar Str., Kyiv, 01054, Ukraine
O. Kovalchuk, Cand. Sci. (Biol.), Researcher
E-mail: biologist@ukr.net
National Museum of Natural History NAS of Ukraine, Department of Palaeontology
15 B. Khmel'nitsky Str., Kyiv, 01030, Ukraine
L. Tustanovska, Cand. Sci. (Geol.), Assistant professor
E-mail: tustanovska@univ.kiev.ua
Taras Schevchenko National University of Kyiv
Institute of Geology, 90 Vasykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

DIAPIR FORMATION IN THE ZONE OF KANIV DISLOCATIONS: GEOLOGICAL AGE, FACTORS AND PALEOGEOGRAPHIC CONDITIONS

The Melanchyn Potik gully (the southern part of the Kaniv dislocations) cuts several folds of the north-north-west dipping. Cores of these folds are composed by the Callovian clay. Today, against the background of the overall decreasing of exposed areas, the Melanchyn Potik is a unique possibility to juxtapose geological structures, biostratigraphic data and geometrical morphometric data. In order to do that, a large-scale thrust-faulted diapiric fold has been studied in the middle reaches of this gully. Geological structure of the Quaternary deposits on its limbs is evidenced that large-scaled thrust-faulted deformations were followed by active slope-wash processes in the absence of a developed fluvial network. It led to the accumulation of the slope-wash deposits at sight, on the neighboring slopes and in depressions. Sometimes deposition in the synclines was rhythmic, probably due to seasonal changes in the flow velocity (spring/summer). Apart from these recurrent (seasonal) changes, sedimentation alternated with non-periodical events, supposedly, repeated dislocations of smaller scale. Thus, two levels of superposed deformation are observed on the back-limb of the thrust-faulted diapiric fold. These deformations are supposed to be contemporary with slope-wash accumulation on the limbs. The Quaternary deposits of the studied area show features of the single depositional cycle that probably corresponded to a rather short chronological interval.

11. Різниченко В. Геологічний нарис околиць Шевченкової Могили під Каневом / В. Різниченко // Матеріали до геології України. – 1924. – Вип. 11. – С. 1–32.
12. Тустановська Л. В. Еволюція рельєфу Канівського Придніпров'я на основі аналізу базисних та вершинних поверхонь / Л. В. Тустановська // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – Вип. 54. – 2011. – С. 11–15.
13. Філософов В. П. Основи морфометричного метода поісков тектонических структур / В. П. Філософов. – Саратов, 1975. – 229 с.
14. Popova L. V. Evolutionary lineage of *Spermophilus superciliosus*–*S. fulvus* (Rodentia, Sciuridae) in the quaternary of the Dnieper area: An ability of a biostratigraphical implication // Quaternary International. – 2016. – T. 420. – С. 319–328. doi 10.1016/j.quaint.2015.10.104.

References:

1. Gozhik, P. F. (1986). Age of glacial formations of the Middle Dnieper area. *Preprint of Geological Institute of Academy of Science of USSR. 85-21*, Kiev. [in Russian].
2. Gozhik, P. F., Chugunnyi, Yu. G., (2008). Once again about the origin of Kanev dislocations. *Geological journal*, 4, 123-129. [in Russian].
3. Ivanik O., Tustanovska L. (2011). Applying of classical techniques of structural morphometric analysis with the using of GIS. *Visnyk Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 53, 4-7. [in Ukrainian].
4. Ivannikov, O. V. (1966). *Geology of the area of the Kaniv dislocations*. Kiev: Nauka. [in Russian].
5. Lavrushyn, Ju. A., Chugunnyi, Ju. G. (1982). *Kanev glacial dislocations*. Moscow: Nauka. [in Russian].
6. Lomtadze, V. D. (1984). *Engineering geology. Engineering petrology*. Leningrad: Nedra. [in Russian].
7. Matoshko, A. V., Chugunnyi, Y. G. (1993). *The Dnieper Glaciation in the territory of Ukraine*. Kiev: Naukova Dumka. [in Russian].
8. Krokhmal, A. I., Logvinenko, V. N., Prylypko, S. K., Vernigorov, V. P., Solianyk, E. A. (2002). Finding of the reindeer (*Rangifer tarandus* L.) in the deposits of the Dnieper horizon of Ukraine. *Geological Journal*, 4, 124-128. [in Russian].
9. Pysanets, E. M. (2007). *Amphibians of the Ukraine: handbook for the identification of Amphibians of Ukraine and the adjoining areas*. Kyiv: Raevskiy publishing. [in Ukrainian].
10. Popova, L., Ogienko, O., Sokolskiy, T. (2015). Fossil elasmobranchii and stratigraphy of the Cretaceous deposits of Kaniv area. *Visnyk Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 1 (68), 10-14. [in Ukrainian].
11. Riznichenko, V. (1924). *Geological essay of the environs of Shevchenko's tomb near Kaniv. Materials to the geology of Ukraine*, 11, 1-32. [in Ukrainian].
12. Tustanovska, L. (2011). Relief evolution of Kaniv Near-Dnieper territory on the base of base level and vertex hypsometry surfaces analysis. *Visnyk Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 54, 11-15. [in Ukrainian].
13. Filosofov, V. P. *The Fundamentals of the Morphometric Method for the Prospecting of Tectonic Structures*. Saratov: Izd. Saratovsk. Gos. Univ. [in Russian].
14. Popova, L. V. (2016). Evolutionary lineage of *Spermophilus superciliosus*–*S. fulvus* (Rodentia, Sciuridae) in the Quaternary of the Dnieper area: An ability of a biostratigraphical implication. *Quaternary International*, 420, 319-328. doi 10.1016/j.quaint.2015.10.104.

Надійшла до редколегії 24.05.17

This reconstruction is supported by the composition of the fossil fauna. Fossils were collected layerwise from the filling of the fore-limb inter-scale depression (the taphocoenosis of Melanchyn Potik 1) and from the slope-wash deposits of the back-limb of the thrust-fault disturbed by the secondary deformations (the taphocoenosis of Melanchyn Potik 2). Numerous landsnails and scarce remains of amphibians and small mammals have been obtained. Both taphocoenoses generally support the picture of young severe landscape with water-flooded lowlands and drier plots of more xerophilic vegetation on hills. Changes of the composition of the gastropod fauna upward the sections are explained by dynamics of the surface wash rather than the climatic factor. Possible age of the deposits determined by the composition of rodent remains range from the second half of the Middle Pleistocene to the end of the Late Pleistocene. However, proceeding from the aforesaid, this interval should be restricted to the time of the Dnieper glaciation.

Overall fauna (both gastropods and mammals) is rather cold tolerant, but not being extremely cryophilic. Both the faunal composition and the type of the secondary deformations indicate the absence of the gapless permafrost distribution. A new clue to the paleogeographic reconstruction of the Dnieper period is brought by the findings of amphibians. Their remains in the Dnieper deposits emphasize that the analogy between landscape and climatic conditions of recent near-glacier areas and those of the Dnieper glaciation is untenable.

If to consider the Melanchyn Potik gully as a model in miniature for the Kaniv dislocations, the scenario of the dislocation will correspond to that proposed by A.V. Matoshko, Yu.G. Chugunnyi. Namely, structures of the thrust-faulted allochthon preceded the formation of the Injective Swell and, alongside with other factors, controlled further dislocations. Water that squashed from under the glacier moved laterally because Jurassic clay in the basis of the upper structural storey of the allochthon having been squashed and stretched in the course of thrust-fault movement formed an upper confining layer. At the boundaries between main structures, this water outpoured to the large bulk of porous deposits (Cretaceous, Paleogene, Quaternary alluvial ones) and saturated them. The pressure on underlying deposits increased and the belt of secondary protrusions and diapirs (Injective Swell) was formed. Data of the geometrical morphometry, on the contrary, are evidence of the scenario proposed by Yu.A. Lavrushyn, Yu.G. Chugunnyi (the Injective Swell preceded the thrust-faulted allochthon).

Keywords: Kaniv dislocations, fossil fauna, gastropods, amphibians, rodents, geometrical morphometry.

Л. Попова, канд. геол. наук, ст. науч. сотруд.

E-mail: liliapopovalilia@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

УНІ "Інститут геології", ул. Васильківська, 90, г. Київ, 03022, Україна

В. Присяжнюк, канд. геол.-минералог. наук, ст. науч. сотруд.

E-mail: prysval@ukr.net

Інститут геологічних наук НАН України

ул. О. Гончара, 55-б, г. Київ, 01054, Україна

А. Ковальчук, канд. биол. наук, науч. сотруд.

E-mail: biologist@ukr.net

ННПМ НАН України

ул. Б. Хмельницького, 15, г. Київ, 01030, Україна

Л. Тустановська, канд. геол. наук, ассист.

E-mail: tustanovska@univ.kiev.ua

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

УНІ "Інститут геології", ул. Васильківська, 90, г. Київ, 03022, Україна

ДИАПИРООБРАЗОВАНИЕ В ЗОНЕ КАНЕВСКИХ ДИСЛОКАЦИЙ: ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ВОЗРАСТ, ФАКТОРЫ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Овраг Меланчин Поток (южная часть Каневских дислокаций) пересекает несколько чешуй с келловейскими глинами в ядре, с падением на север-северо-запад и в настоящее время, на фоне общего ухудшения обнаженности территории, предоставляет почти уникальную возможность сопоставления геологических структур, биогеографических данных и данных структурной морфометрии. С этой целью в средней части оврага была изучена крупная диапировая складка-надеиг. Строение четвертичных отложений на ее крыльях свидетельствует о том, что после масштабных дислокаций чешуйчато-надвигового характера чрезвычайно активные процессы плоскостного смыва в отсутствие развитой гидрографической сети приводили к быстрому накоплению продуктов размыва тут же поблизости, на склонах и во впадинах рельефа. Кое-где наблюдается ритмичность заполнения фронтальных межсвибых депрессий, которая, вероятно, соответствует сезонным (весенним/летним) изменениям скорости водных потоков. Кроме этого, предположительно, сезонного фактора, условия осадконакопления дополнительно усложнялись неперiodическими событиями, возможно – повторными дислокациями меньшего масштаба. В частности, на проксимальном крыле названной диапировой складки-надеига были выявлены еще два уровня наложенных деформаций. Очевидно, эти деформации имели место одновременно с накоплением склонового делювия на крыльях. Четвертичные отложения исследованного участка соответствуют единому циклу делювиального осадконакопления, и, вероятно, укладываются в достаточно узкий хронологический интервал.

Такую реконструкцию подтверждает и состав ископаемой фауны. Она послойно отбиралась из отложений заполнения фронтальной депрессии (тафоценоз Меланчин Поток 1) и из нарушенных вторичными деформациями делювиальных отложений проксимального крыла складки (Меланчин Поток 2). Таким образом получены многочисленные наземные гастроподы, а также единичные остатки амфибий и млекопитающих. Оба тафоценоза подтверждают картину расчлененного молодого рельефа с обводненными низинами и участками более сухолюбивой растительности на возвышенностях. Изменения фауны гастропод по разрезу объясняются динамикой плоскостного смыва, а не климатическими причинами. Возможный возраст отложений, определенный на основании остатков грызунов, лежит в интервале от второй половины среднего плейстоцена и до конца позднего; но исходя из вышеизложенного, этот интервал следует сузить до днепровского климатолита. В целом фауна (как гастроподы, так и млекопитающие) достаточно толерантна к холоду, хотя и не экстремально криофильна. Как состав фауны, так и пластический характер наложенных деформаций свидетельствуют об отсутствии сплошной многолетней мерзлоты. Новые штрихи в палеогеографическую реконструкцию днепровского этапа вносят находки амфибий. Их остатки в днепровских отложениях подчеркивают некорректность аналогии между ландшафтно-климатическими условиями современных высокоширотных приледниковых территорий и ландшафтом и климатом днепровского времени.

Если рассматривать разрез Меланчиного потока как модель Каневских дислокаций в миниатюре, то сценарий их формирования выглядит в целом сходным с предложенным А.В. Матошко, Ю.Г. Чуугунным: структуры чешуйчатого аллохтона предшествовали образованию инъективного вала и, наряду с другими факторами, определенным образом направляли последующие дислокации. А именно, воды, которые отжимались из-под тела ледника, двигались преимущественно по латерали, поскольку юрские глины в основании верхнего яруса аллохтона, расплюснутые и растянутые в ходе надвиговых движений, составляли верхний водоупор. На границах между основными структурами эти воды находили выход к большим объемам пористых отложений (меловых, палеогеновых и четвертичных) и насыщали их. Усиливалось давление на подстилающие породы и возник пояс вторичных диапиров (инъективный вал). Данные структурной морфометрии, напротив, свидетельствуют в пользу сценария Ю.А. Лаврушина, Ю.Г. Чуугунного (образование инъективного вала предшествует надвиговым деформациям).

Ключевые слова: Каневские дислокации, ископаемая фауна, гастроподы, амфибии, грызуны, структурная морфометрия.

УДК 551.24:551.71 (477)

С. Мычак¹, канд. геол. наук, ст. науч. сотруд.

E-mail: sergiimychak@gmail.com,

С. Курило², канд. геол. наук, науч. сотруд.

E-mail: kurylo.sergiy@gmail.com,

А. Муровская¹, канд. геол. наук, ст. науч. сотруд.

E-mail: murovskaya@gmail.com

¹Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины

пр. Палладина, 32, г. Киев, 03680, Украина

²Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. М.П. Семененка НАН Украины

пр. Палладина, 34, г. Киев, 03680, Украина

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ГОЛОВАНЕВСКОЙ ШОВНОЙ ЗОНЫ В БАССЕЙНЕ Р. ЯТРАНЬ ПО ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

(Рекомендовано членом редакционной коллегии д-ром геол.-минералог. наук, проф. В.В. Шевчуком)

Изложены результаты тектонофизического изучения верхней части земной коры Ятранского блока Голованевской шовной зоны Украинского щита, выполненные в 2016–2017 гг. в бассейне среднего и нижнего течения р. Ятрань. Цель работы – изучение характера деформации горных пород и реконструкция палеонапряжений для последующего построения геодинамической модели земной коры Побужского горнорудного района. Полевые тектонофизические исследования выполнены структурно-парагенетическим методом тектонофизики для разных уровней глубинности. Для построения стереограмм директивных структур и трещиноватости горных пород применялась программа Stereonet. Полученные данные позволили уточнить тектоническую историю и механизмы деформирования Ятранского блока. Предполагается, что структурные особенности изученной территории в основном формировались под влиянием сдвиговых деформационных режимов при субгоризонтальном положении плоскости главных максимального и минимального нормальных напряжений. На ранних этапах право- и левосдвиговой деформации Голованевской шовной зоны сформированы ранний квиваж течения и сланцеватость, линейная и полосчатая текстура горных пород. В зонах максимальных сдвиговых деформаций (Shear zone) широко развиты милонитовые моноклинали и структурно-текстурные элементы зон разломов. В раннепротерозойской Тальновской зоне разломов широко развиты мигматито-гранитоидные моноклинали с калишпатовой минерализацией. В неогрехейской Емилевской зоне разломов развиты главным образом плагиомигматитовые моноклинали. Позже на этапах субширотного сжатия и растяжения образовалась диагональная система трещин отдельности. Наиболее молодая трещиноватость Ятранского блока возникла на этапах северо-западного – юго-восточного и северо-восточного – юго-западного сжатия-растяжения. Таким образом, результаты выполненных работ возвращают исследователей к изучению трещиноватости горных пород для ее использования при решении геодинамических задач. Приведена структурно-петрофизическая и тектонофизическая схема-основа геолого-структурной карты поверхности кристаллического фундамента, на которой отображены геолого-петрофизические таксоны и структурно-кинематические данные о деформациях верхней части земной коры изученного района. Построение модели напряженно-деформированного состояния земной коры региона необходимо для дальнейших геолого-поисковых и инженерно-геологических исследований.

Ключевые слова: Украинский щит, Голованевская шовная зона, деформации, поля напряжений, зоны разломов.

Введение. Первоочередным объектом геолого-геофизического и промышленного изучения Побужского горнорудного района (ПГР) Украинского щита (УЩ) является центральная часть Голованевской шовной зоны (ЦЧГШЗ) Среднего Побужья, известная также в геологической литературе как Первомайск-Голованевский блок или Первомайск-Голованевский синклиниорий [3]. С ней связаны перспективы поисков черных, цветных и редких металлов, многих неметаллических полезных ископаемых и алмазов.

Интенсивное геолого-геофизическое изучение ЦЧГШЗ, начатое во второй половине прошлого века, в текущем столетии получило продолжение в виде целого ряда научно-методических разработок, в которых Голованевская шовная зона играла едва ли не ведущую роль. Об этом свидетельствуют результаты тектонофизических [4–7, 10, 14, 16, 21–23, 25], структурно-петрологических [12, 22, 24], тектонофациальных [21], геодинамических [1, 2, 8, 11, 23, 29] исследований. В частности, было показано [7], что причинами недостаточной эффективности поисковых геологоразведочных работ, выполненных в регионе (открытие новых месторождений), было не только их слабое государственное финансовое обеспечение, но и отсутствие обновленной концепции геологического строения ЦЧГШЗ. Геологические карты м-ба 1 : 50 000 и 1 : 200 000 строились на основе устаревшей хроностратиграфической схемы УЩ и устаревших петрологических представлений, при этом оказалось, что в таком важном структурно-тектоническом регионе крайне мало определений возраста горных пород современными изотопно-геохимическими методами. Это, а также выполненный в прошлые годы недостаточно глубокий анализ материалов, проведенных

здесь детальных геофизических съемок, пока не позволяет до конца переосмыслить важные структурно-геологические особенности ЦЧГШЗ, привязать возраст пород и структур к Международной шкале геологического времени 2009 г. [13], наметить участки максимального развития активизационных процессов.

Северная часть ЦЧГШЗ, занимающая участок среднего и нижнего течения р. Ятрань и ее притоков, несмотря на ее изученность геологической съемкой м-ба 1 : 50 000, в структурно-тектоническом и геохронологическом отношении изучена особенно слабо. Поэтому в 2016 г. Институтом геофизики и Институтом геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины была организована комплексная экспедиция для выполнения тектонофизических, магнитометрических и изотопно-геохимических работ в бассейне р. Ятрань с целью изучения характера деформации, петрологии и возраста горных пород, реконструкции палеонапряжений для последующего построения геодинамической модели земной коры ПГР. В данной статье рассматриваются результаты, главным образом, тектонофизических и предварительных петрологических исследований, целью которых было изучение напряженно-деформированного состояния земной коры и структурных особенностей верхней части кристаллического фундамента региона.

Верхняя часть кристаллического фундамента района работ упомянута не случайно, так как одной из основных задач выполняемых исследований является выработка локальных поисковых критериев на полезные ископаемые в ПГР. Для этих целей нужна геолого-структурная карта района, реально отражающая его геологическое строение на глубинах, доступных геологоразведочным работам (по представлениям авторов, этим

требованиям должны отвечать геологические карты масштаба 1 : 200 000 и крупнее).

Общие сведения о районе. Район исследований (рис. 1) относится к Ятранскому блоку ЦЧГШЗ, охватываемому бассейном р. Ятрань (среднее и нижнее течение). Здесь широко развит эндербито-гнейсовый комплекс пород архей-протерозойского возраста (для которого пока нет, к сожалению, изотопно-геохимических определений) и крупные базит-гипербазит-кальцифировые массивы (Троянский, Тарасовский). Ятранский блок нарушен разломами широтной системы, которая связана с субботско-мошоринским этапом деформации.

Важно, что Ятранский блок, ограниченный Тальновской зоной разломов (ТЗР) на западе, Емиловской зоной разломов (ЕЗР) на юго-западе, Первомайской зоной на востоке, а также разломами второго порядка, располагается в эпицентре крупнейшего на УЩ Голованевского гравитационного максимума (рис. 2). Результаты гравитационного моделирования позволили отнести земную кору Ятранского блока к "базальтовому" типу [23]. Одной из характерных особенностей Ятранского блока также является перемагничивание горных пород в зонах разломов, возраст и причины которого пока не установлены.

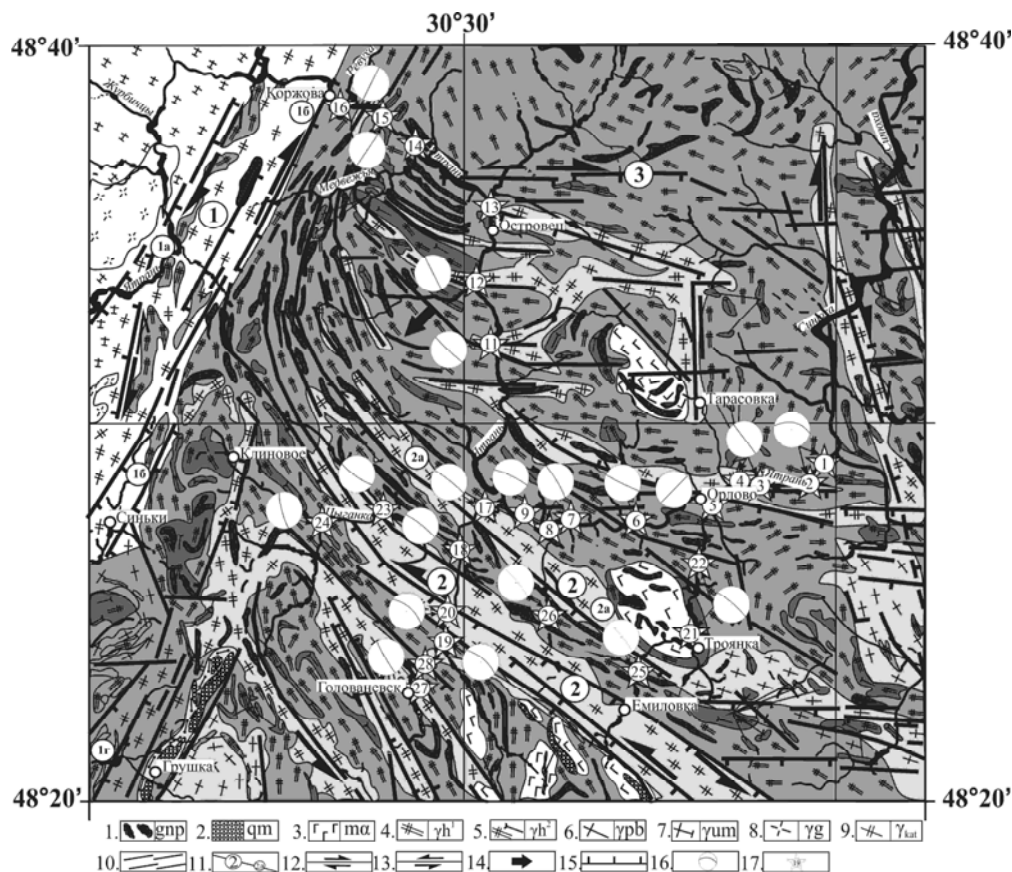


Рис. 1. Фрагмент Структурно-петрографической и тектонофизической основы геолого-структурной карты поверхности кристаллического фундамента центральной части Голованевской шовной зоны масштаба: 1 : 100 000 [22].

Жирным шрифтом выделены названия петрофизических таксонов: 1 – кристаллосланцы двупироксеновые, ортопироксеновые, биотит-ортопироксеновые, гранат-ортопироксеновые, магнетит-двупироксеновые (**кристаллосланцевый**); 2 – кварциты железистые, в основном магнетит-двупироксеновые, кальцифиры магнетитовые рудные (**молдовский**); 3 – метагабброиды – амфиболиты, габбро, габбро-амфиболиты (**капитановско-деренюхинский, тарноватский, кумаровский, троянский**); 4 – эндербиты и (возможно) чарнокиты с мелкими включениями кристаллосланцев двупироксен-плагиоклазовых и розовых гранитов, часто гранатосодержащих; 5 – эндербиты и (возможно) чарнокиты с крупными включениями кристаллосланцев двупироксен-плагиоклазовых; 6 – розовые и серовато-розовые полосчатые гранат-биотитовые гнейсо-граниты, редко массивные побужского (чудново-бердичевского) комплекса (**4-6 – гранитоидный**); 7 – милонитовые, ультрамилонитовые и бластомилонитовые швы, а также линейные серые и розовато-серые граниты биотитовые, неравномернозернистые до порфировидных уманского комплекса; 8 – плагиограниты амфибол-биотитовые, иногда с гранатом, ортопироксеном гайсинского комплекса (**7, 8 – гранитоидный**); 9 – динамометаморфически измененные гранитоиды – бластокатаклизиты гранитоидного и чарнокитоидного состава, по [3]; 10 – зоны рассланцевания и дробления – эшелонированные и элементарные сколы зон скалывания (**9, 10 – внутри- и приразломный**); 11 – номера основных зон разломов (в больших кружках) и их зон скалывания (в малых кружках), а также предварительные данные о их возрасте: 1 – Тальновская (1а – Заячковская; 1б – Коржовская; 1в – Синицкая; 1г – Грушковская; 1д – Сабатиновская), 2,3 млрд лет; 2 – Емиловская (2а – Краснопольская; 2б – Сухотошлыкская), ≤ 2,8 млрд лет; 3 – Субботско-Мошоринская, 1,8–1,85 млрд лет; 12–13 – кинематические знаки (крупные стрелки – этап заложения, мелкие – фазы активизации); 12 – правый сдвиг; 13 – левый сдвиг; 14 – направления длинных осей эллипсоидов максимальной деформации пород фундамента, вызванной их течением под действием сил сжатия и сдвига; 15 – направление падения зон скалывания у поверхности кристаллического фундамента; 16 – элементы залегания структурно-текстурных элементов горных пород; 17 – пункты тектонофизических наблюдений

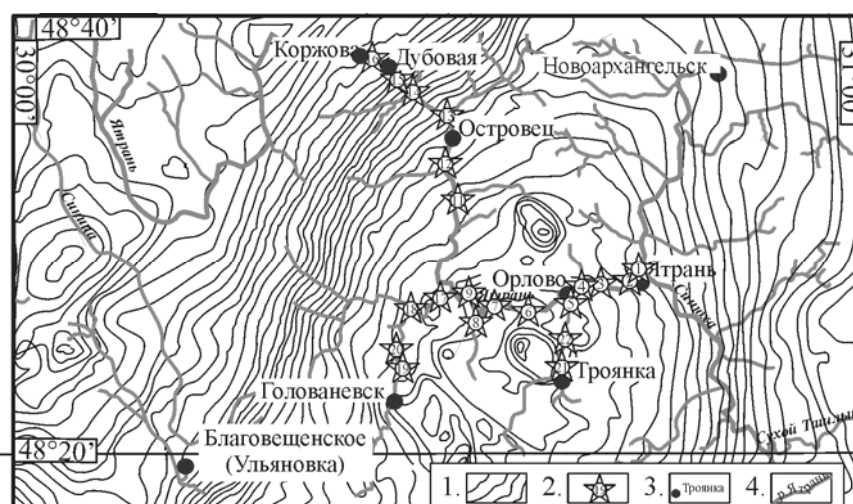


Рис. 2. Фрагмент схемы аномального гравитационного поля ГШЗ (Ятранский блок). Редукция Буге, $\sigma = 2,3 \text{ г/см}^3$, по [23]:

1 – изолинии аномального гравитационного поля (сечение 2 мГал); 2 – пункты тектонофизических наблюдений;
3 – населенные пункты; 4 – реки

На Геологической карте и карте полезных ископаемых кристаллического фундамента листа М-36-XXXI (Первомайск), изданной в 2004 г. [15], породы фундамента Ятранского блока относятся к тывровской, зеленолевадовской сериям гнейсов и кристаллосланцев, гайворонскому комплексу эндробитов, деренюхинскому комплексу базит-гипербазитов архея, а также побужскому чарнокитовому и уманскому двуполевошпатовому гранитоидным комплексам палеопротерозоя. В большинстве случаев кристаллосланцы, эндробито-гнейсы и чарнокиты характеризуются полосчатой текстурой. Согласно этой карте, (рис. 3), Ятранский блок ЦЧГШЗ рассматривается с геодинамических позиций как зона надвигов юго-западной вергентности, сформированных в раннем протерозое в архей-палеопротерозойских комплексах ГШЗ в результате давления с северо-востока и правосдвиговых перемещений по ТЗР. Проверка этого вывода была одной из задач наших исследований.

В комплексной экспедиции, организованной двумя институтами в 2016 г., геологические исследования выполнялись по р. Ятрань от с. Коржова на западе до

с. Покатилово на востоке. Исследования охватили ТЗР (с. Коржова и Дубовая) и центральную (с. Роговая, Перегоновка, Давыдовка, Лебединка) и восточную (с. Орлово, Покатилово) частей Ятранского блока.

Дельное петрографическое описание изученных пород будет предоставлено в отдельной статье, но уже сейчас нужно отметить, что северо-западный участок, отвечающий ТЗР, резко контрастирует с центральным и восточным участком района исследований. В пределах зоны наиболее распространены розовые двуполевошпатовые и двуполевошпат-биотитовые граниты, которые образуют тела мощностью до 3 м среди кристаллических сланцев и эндробитогнейсов. Граниты подвержены сильным тектоническим преобразованиям (кливаж, рассланцевание, окварцевание). Структура пород тектонокластовая. Матрица катакластическая, бласто-цементная, лепидогранобластовая или бластомилонитовая. Состав пород $\text{Ms} + \text{Pl} + \text{Qt} + \text{Bt}$. Это единственные породы района исследований, в которых микроклин количественно превосходит плагиоклаз, а среди темноцветных – преобладает биотит (рис. 4).

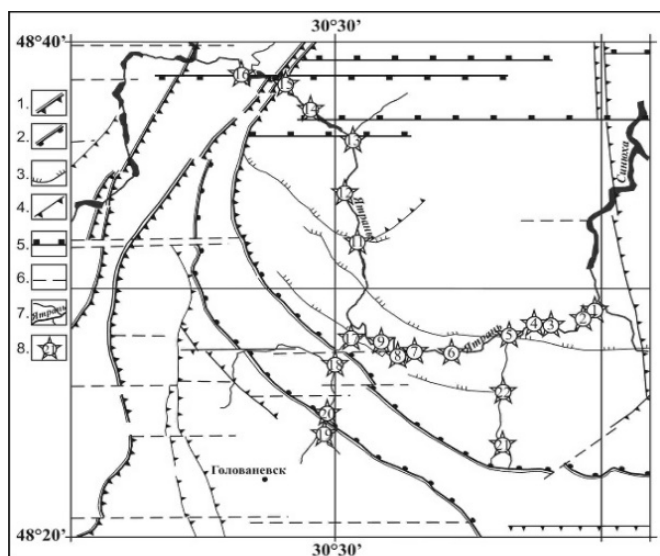


Рис. 3. Схема разрывной тектоники Ятранского блока, согласно фрагменту геологической карты кристаллического фундамента и карты полезных ископаемых листа М-36-XXXI масштаба 1 : 200 000 [15].

Остальная геологическая нагрузка на схему не переносилась. Условные обозначения: 1 – глубинные разломы (взбросы); 2 – надвиги, тектонические покровы (глубинные шарьяжи); 3 – надвиги; 4 – взбросы; 5 – сбросы; 6 – разломы; 7 – реки; 8 – пункты тектонофизических наблюдений

Биотит-гиперстен-плагиоклазовые кристаллосланцы, среди которых разбиты розовые двуполевашпатовые граниты ТЗР, обычно плотные темно-серые, почти черные мелкозернистые породы сланцеватой текстуры и гломеробластовой и лепидо-гранобластовой структуры. На участках наибольшего развития розовых гранитов они мигматизируются и приобретают более лейкократовый и гнейсовидный вид.

Ниже по течению р. Ятрань на юго-восток от с. Дубовая – в центральной и восточной частях Ятранского блока – основной петрографический фон составляют гиперстеновые эндербито-гнейсы в ассоциации с кристаллическими сланцами и чарнокитами, с которыми имеют размытые контакты. Это плотные темно-серые породы гнейсовидной и сланцеватой текстуры.

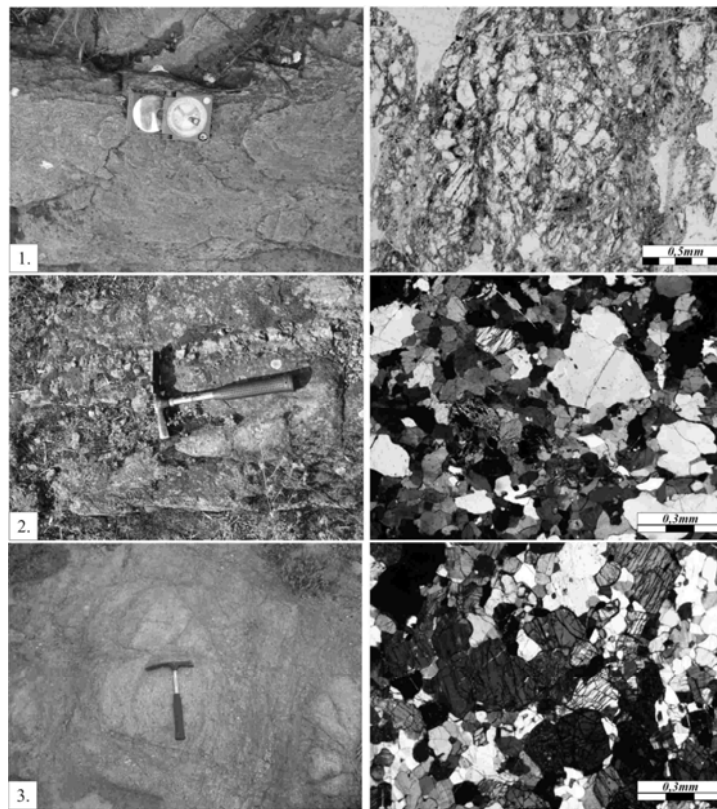


Рис.4. Петрографические особенности эндербито-гнейсов:

1 – участок "Западный", с. Коржова, тектонизированный гранит; 2 – участок "Центральный", биотит-гиперстеновый гранито-гнейс, с. Давыдовка; 3 – биотит-гиперстеновый гранито-гнейс участка "Восточный", с. Орлово. Фотографии шлифов: 1 – в одном никеле, 2, 3 – никели пересечены

По мнению авторов данной статьи, полосчатость рассматриваемых породных комплексов и плагиомигматитов, в том числе кливажирование и формирование сланцеватости, связаны с образованием разрывных нарушений (элементарных сколов, зон скалывания и разломов) и, в основном, имеют динамометаморфическую природу. Хотя, нельзя не согласиться с авторами работ [23–26], что формирование в зонах скалывания ГГМ, которые мы обычно рассматриваем как сколы, обусловлено не только процессами динамометаморфизма, но также ультраметаморфизма и автохтонной гранитизации, то есть синдеформационных палингено-метасоматических преобразований кремнещелочной специализации, ведущих к формированию линзовидно-полосчатых, порфиробластических мигматитов и двуполевошпатовых гранито-гнейсов.

Однако в методическом плане недоучет процессов ультраметаморфизма и гранитизации (которого в дальнейшем мы постараемся избежать) не является непреодолимым препятствием для тектонофизического анализа полевых измерений, учитывая масштаб исследований.

Ниже остановимся на результатах тектонофизических исследований, которые позволяют судить о структуре верхней части кристаллического фундамента Ятранского

блока. Имеющиеся данные бурения, выполненного в пределах ГШЗ [16], дают возможность проанализировать структуру фундамента на глубину не менее чем 1,5 км.

Методика. Пользуясь терминологией, принятой в работах по структурному анализу горных пород [23, 24], при тектонофизическом изучении Ятранского блока авторами выполнялись замеры элементов залегания политектонитов (от тектонической брекчии до ультрамилонитов, от бластокатаклазитов до бластоультрамилонитов) и вторичных структурно-текстурных элементов (СТЭ) – полосчатости (мигматитовой, гранито-гнейсовой), сланцеватости (деформационной и кристаллизационной), кливажа, линейности (рис. 5). Важно при этом отметить закономерность, особенно характерную для ГГМ раннедокембрийских комплексов: большинство тектонитов и основных типов СТЭ – сланцеватости, гранито-гнейсовой полосчатости, кливажа – не всегда резко отделимы друг от друга и в масштабе макро- и мезоструктур (максимальные размеры сколов могут достигать километров, а зон скалывания – десятков километров) совместно образуют линеаментные зоны с устойчивыми элементами залегания. Это позволяет применять к таким зонам и их внутреннему строению закономерности, установленные при моделировании деформационных процессов на эквивалентных материалах. Такая работа выполнена для всей ГШЗ ранее [4, 8], поэтому в данной

статье методика тектонофизической интерпретации структурных парагенезисов тектонитов и СТЭ не рассматривается и их элементы залегания используются только для определения вергентности предполагаемых надвигов в пределах Ятранского блока.

Другая проблема касается систем трещин скалывания и отрыва, секущих породы кристаллического фундамента, в том числе политектониты (ПТ) и СТЭ зон скалывания Ятранского блока. Ранее при тектонофизическом изучении ГШЗ подобным наложенным системам трещин не уделялось достаточно внимания, хотя они образуют четкие структурные парагенезисы для условий I–II уровней глубинности [20, 7] и могут быть использованы для определения напряженно-деформированного состояния блока на относительно поздних этапах тектогенеза.

В отличие от кливажа, рассматриваемые структуры характеризуются достаточно большими расстояниями между соседними параллельными трещинами (>10 см) и чаще всего являются секущими по отношению к кливажу. Лучше всего наблюдать такие трещины в днищах карьеров и на крупных субгоризонтальных плоскостях обнажений: здесь видно, что они разделяют породы на параллелепипедальные блоки с углами от 45 до 90° и размерами от 0,5 до нескольких м². Трещины чаще всего субвертикальные, хотя встречаются и системы наклонных разрывов, связанных со взбросами или сбросами (рис. 5.3). Углы между парагенетически связанными трещинами указывают на наиболее частое обра-

зование в условиях I–II уровней глубинности L- и L'-сколов, сколов Риделя (R-R'), сочетания обоих типов сколов между собой и с трещинами отрыва Т.

Иногда одна из парагенетически связанных трещин может иметь согласованное залегание с кливажем, что затрудняет идентификацию структур. В таких случаях помогало изучение подобных элементов в разных срезах обнажений: кливажирование обычно хорошо проявляется на одном срезе, тогда как трещины скалывания и отрыва – на всех.

Обработка и интерпретация полевых измерений систем трещин ПТ и СТЭ выполнялась структурно-парагенетическим методом тектонофизики для I–II уровней глубинности [4, 21; 30] с применением программы Stereonet [27, 28]. Трещины изображены на стереограммах полюсами, которые являются точками выхода нормали к плоскости трещины на верхнюю полусферу. Плоскости ПТ и СТЭ изображены на стереограмме полюсами, а также дугами, которые соответствуют пересечению таких плоскостей с верхней полусферой. Затем строились контурные диаграммы, демонстрирующие количество полюсов трещин и плоскостей ПТ и СТЭ определенной ориентации в изолиниях.

Результаты. В пределах изученной территории выполнено 1431 замеров элементов залегания трещин и 222 – ПТ и СТЭ. Как показали наши исследования, горные породы в пределах Ятранского блока характеризуются достаточно четкой структурно-текстурной анизотропией и густой трещиноватостью.

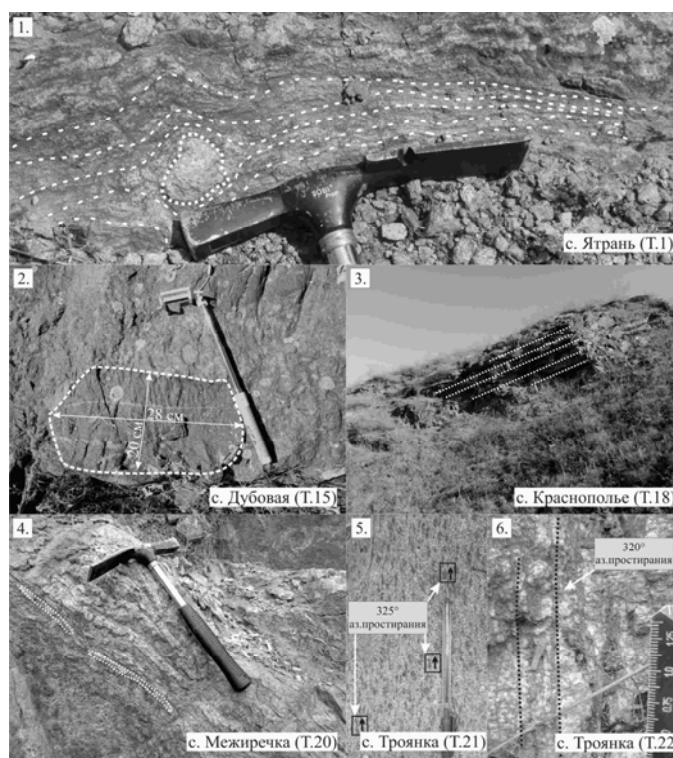


Рис. 5. Деформационные структуры в породах Ятранского блока Голованевской шовной зоны:

1. с. Ятрань (Т. 1), зона деформационной сланцеватости и милонитизации в чарноките.

Окатанный при проворачивании обломок розового гранита огибается полосами милонита; 2. с. Дубовая (Т. 15), ксенолит кристаллического сланца в эндербите; 3. с. Краснополье (Т. 18) система полого падающих на СЗ трещин скалывания в пределах левосдвиговой Емиловской зоны разломов СЗ простираения, указывающая на надвиговый (в ЮВ направлении) тип смещения ЮЗ крыльев эшелонированных сколов; 4. с. Межиричка (Т. 20), сланцеватость и плагиомигматитовая полосчатость в эндербито-гнейсах ЮЗ крыла Емиловской зоны разломов. Белым крапом обозначена полоска милонита; 5. с. Троянка (Т. 21), линейность зерен роговой обманки, параллельная сланцеватости амфиболовых гнейсов Троянской структуры (горизонтальный срез); 6. с. Троянка (Т. 22), Плагиомигматитовая полосчатость в эндербитах

ПТ и СТЭ. На рис. 6 и в табл. 1 приведены результаты измерения азимутов и углов падения, политектонитов, сланцеватости, мигматитовой и гранитогнейсовой полосчатости. На рис. 6, а приведена гистограмма

азимутов и углов падений, построенная по результатам 222 измерений. На рис. 6, б показана стереограмма основных плоскостей ПТ и СТЭ, выделенных по центрам совокупностей полюсов, изображенных на рис. 7, а.

Таблица 1. Координаты и элементы залегания плоскостей напластования и зон тектонитов

№ точки	Координаты точек		Населенный пункт	Количество замеров ПТ и СТЭ	Центры групп ПТ и СТЭ (азимут/угол падения)
	широта	долгота			
T.1–2	48°28'49,8"	30°44'03,1"	с. Ятрань	22	192/58
T.3–4	48°28'26,5"	30°41'30,9"	с. Покатилово	12	231/90
T.5	48°28'09,1"	30°39'18,4"	с. Орлово	14	315/90
T.6	48°27'26,6"	30°35'23,3"	с. Лебединка	11	226/80
T.7–8	48°27'01,0"	30°33'29,6"	с. Табаново	17	338/80
T.9	48°27'48,6"	30°31'56,9"	с. Давыдовка	13	205/85
T.11	48°28'20,8"	30°31'24,0"	с. Перегоновка	6	222/80
T.12	48°34'38,4"	30°30'44,6"	с. Роговая	2	250/90
T.15	48°38'11,7"	30°26'58,4"	с. Дубовая	3	305/88
T.16	48°39'12,0"	30°24'34,7"	с. Коржова	4	300/89
T.17	48°27'44,8"	30°31'10,5"	с. Давыдовка	12	220/86
T.18	48°26'58,8"	30°29'72,0"	с. Краснополье	9	219/84
T.19	48°24'41,6"	30°29'18,6"	с. Межиречка	24	221/78
T.20	48°25'04,7"	30°29'45,3"	с. Межиречка (карьер)	16	220/72
T.21–22	48°24'14,0"	30°39'06,6"	с. Троянка	9	221/84
T.23	48°27'45,2"	30°26'28,4"	с. Вербовое	4	35/80
T.24	48°27'27,6"	30°24'51,5"	с. Вербовое (карьер)	12	75/80
T.25	48°23'46,7"	30°37'01,2"	с. Емиловка (карьер)	16	232/85
T.26	48°25'02,1"	30°33'34,2"	с. Наливайка (карьер)	5	230/82
T.27–28	48°23'45,7"	30°28'34,5"	г. Голованевск	13	60/82

В первую очередь, стереограмма и гистограмма указывают на субвертикальное падение горных пород (углы 75–85° в 75 % измерений) во всем бассейне р. Ятрань от ТЗР до ПЗР. Из 222 определений такие углы падения получены в 82 случаях. Далее, гистограмма углов падения (рис. 7, а) показывает, что в 128 случаях наблюдается вертикальное, либо наклонное от 50 до 90° в юго-западных румбах (180–270°) падение ПТ и СТЭ. Падение СТЭ на северо-восток (как требуется для надвигов юго-западной вергентности) наблюдалось в 21 случае (пункты Ятрань (Т. 1–2), Лебединка (Т. 6), Давыдовка (Т. 9), Краснополье (Т.18), Межиречка (Т. 19–20).

Следовательно, представление о юго-западно-вергентной надвиговой структуре верхней части кристалли-

ческого фундамента Ятранского блока ГШЗ не подтверждается современными тектонофизическими данными. Более того, детальное тектонофизическое изучение главной для этого блока Емиловской зоны разломов [4], показало ее левосдвиговую природу и крутое (85°) юго-западное падение.

Преобладающая сдвиговая природа установлена также для большинства других зон разломов ГШЗ, в том числе ограничивающих ее Тальновской и Первомайской. S-образное искривление ЕЗР и других структур Ятранского блока объясняется их деформацией (при сохранении субвертикального падения) при правых сдвигах вдоль этих главных зон разломов.

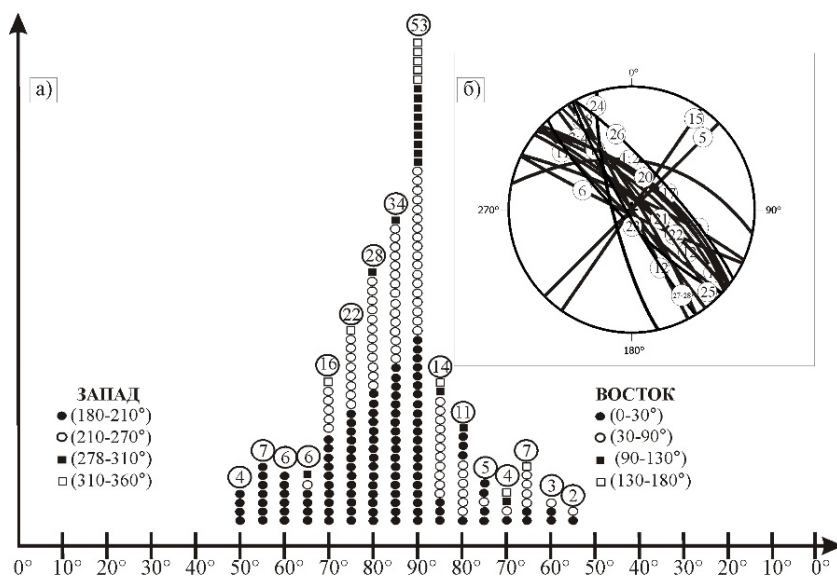


Рис. 6. Гистограмма азимутов и углов падений (а) и стереограмма элементов залегания (б) ПТ и СТЭ Ятранского блока Голованевской шовной зоны

Сопоставление строения и кинематики ТЗР и ЕЗР.

Тальновская зона разломов изучена достаточно детально как тектонофизическими, так и структурно-петрологическими методами [22, 24]. По материалам работ [24, 26], подтверждаемых данными исследованиями, в ятранском пересечении зона представлена мигматито-гранито-гнейсовыми моноклиналями (ГГМ), основу которых составляют розовые двуполевошпатовые граниты с преобладанием калишпата. Падение ГГМ субвертикальное с некоторым отклонением к северо-западу. В рассматриваемом пересечении это правый сбросо-сдвиг.

Емиловская зона разломов изучалась только тектонофизическими методами, а геологически может быть охарактеризована по материалам геологической съемки м-ба 1 : 50 000, выполненной в 1970-е гг. под руководством Г.Г. Виноградова. В 2016 г. она пересечена тектонофизическими маршрутами по р. Цыганка между селами Вербовая–Грузкое и Краснополье–Межиричка, по р. Цюрупа между с. Наливайка–Табаново, по р. Троянка между с. Троянка–Емиловка. Заложена как левый сдвиг по азимуту 310° с падением на юго-запад под углом 75–80°. С приближением к ТЗР и Первомайской зоне разломов

(ПЗР) Емиловская зона подворачивается S-образно под них по правому типу, из чего и сделан вывод, что ЕЗР древнее этих зон. Важно отметить, что розовые двуполевошпатовые граниты имеют в зоне ограниченное развитие лишь в виде жил или полос мощностью не более 1 м. В основном ЕЗР представлена сланцеватыми энтербитами. Широко развит процесс амфиболизации и плагиомигматизации этих пород.

Трециноватость. Изучение основных систем трещин Ятранского блока позволяет оценить эволюцию его напряженно-деформированного состояния (НДС) на протерозойских этапах развития в контексте общей истории формирования Ингульского мегаблока УЩ [4, 5].

На суммарной стереограмме азимутов падений трещин (рис. 7, б) видно, что основную массу (95 %) изученных структур составляют субвертикальные трещины (70–90°). В 5 % случаев наблюдались и пологопадающие (20–60°) трещины, указывающие на наличие взбросов и сбросов. Наклонные трещины немногочисленны, в связи с чем интерпретация их парагенезисов неоднозначна.

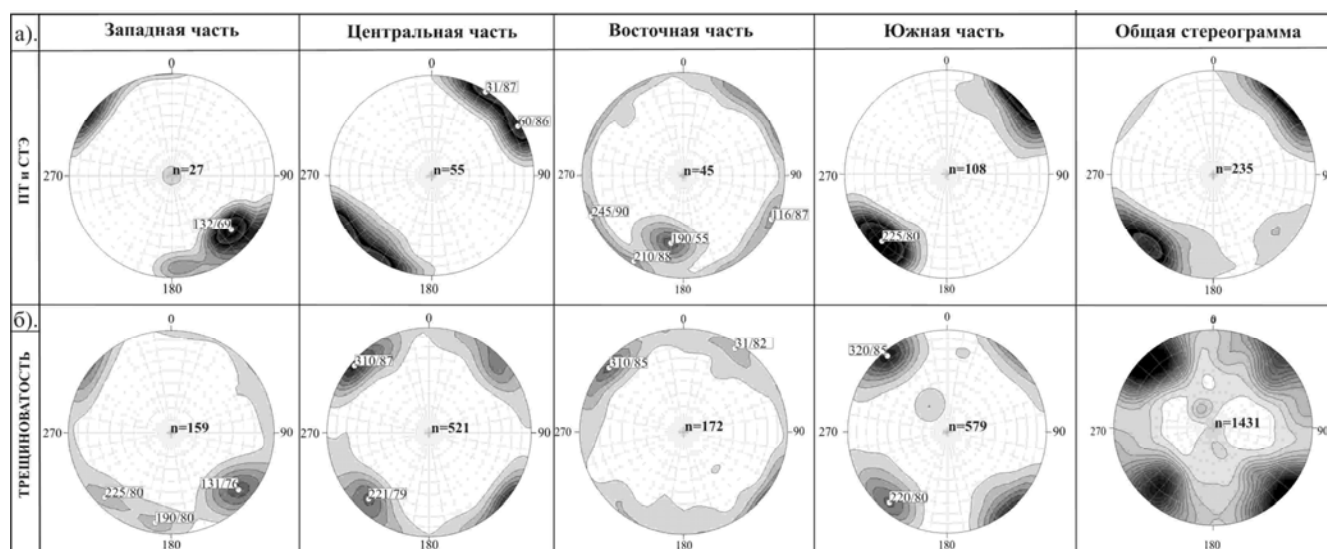


Рис. 7. Стереограммы элементов залегания (азимутов падения) ПТИ СТЗ (а), а также систем трещин (б) в пределах изученной территории (верхняя полусфера)

Стереограммы на рис. 7, б и, особенно, гистограмма на рис. 8 показывают, что для района исследований наиболее характерна диагональная система сколовых трещин типа L- и L' (максимумы 315 и 45°) и сколов Риделя (максимумы 322° – 34°), а также ортогональная система сколов Риделя (максимумы 282° – 344°). Положение субгоризонтальных осей сжатия и растяжения σ_1 и σ_3 по трещинам диагональной системы четко определяется по L- и L'-сколам и соответствующим им сколам Риделя (рис. 8). Оно составляет, соответственно, 360/00° – 90/00° и 356/00° – 86/00°. Среднее значение 358/00° и 88/00°. По ортогональной системе сколов Риделя положение субгоризонтальных осей сжатия и растяжения составляет, соответственно, 312/00° и 42/00°. Судя по общей стереограмме азимутов падения трещин на рис. 7, б, отклонение от горизонтали осей сжатия и растяжения не более $\pm 5^\circ$.

В пределах Ингульского мегаблока, в который входит исследуемый район, известны несколько этапов и фаз деформации с ортогональной и диагональной ориентацией главных осей [8, 22]. Исключая наиболее древние

из них, отметим такие этапы: херсон-смоленский (субширотное растяжение), немировский-лелековский (субмеридиональное сжатие) и корсунь-новомиргородский (субширотное растяжение); субботско-мошоринский (σ_1 – 315/00°, σ_3 – 45/00°).

Таким образом, исключая также наиболее молодые этапы деформации, в которых трещины несут больше признаков хрупкости (раскрытость, "сухость" и др.), приходим к выводу, что диагональная трещинная структура Ятранского блока отражает суммарное воздействие немировского-лелековского и корсунь-новомиргородского этапов деформации раннего протерозоя. Менее ярко выраженная ортогональная система трещин соответствует наиболее молодому субботско-мошоринскому этапу. Широтная система разломов этого этапа ярко проявлена в пределах Ятранского блока ГШЗ на участке Островец–Тарасовка (см. рис. 1), однако здесь на широтных сколах наблюдаются как правые, так и левые сдвиги. Эти данные позволяют заключить, что на субботско-мошоринском этапе деформация УЩ происходила в инверсионном поле напряжений, хотя это и не удалось четко зафиксировать на гистограмме трещиноватости.

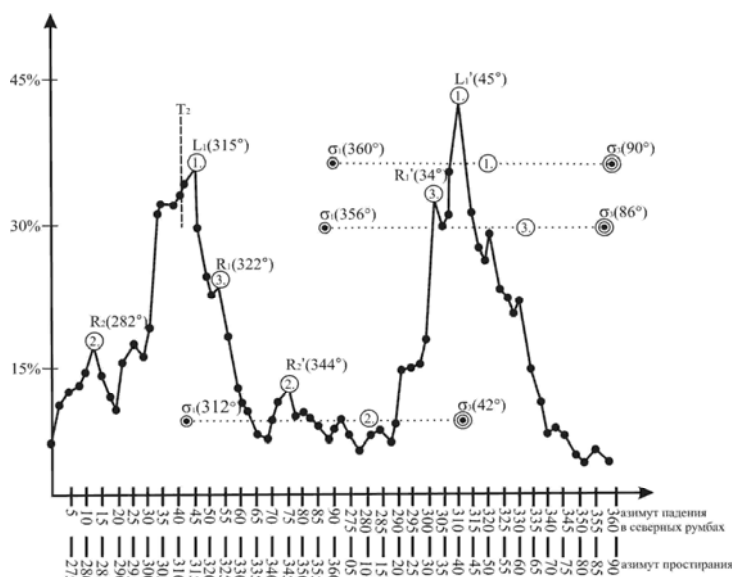


Рис. 8. Гистограмма азимутов простираения субвертикальных трещин в горных породах Ятранского блока

Выводы.

1. Результаты тектонофизического изучения Ятранского блока Голованевской шовной зоны УЩ показывают, что верхняя часть кристаллического фундамента блока представлена субвертикально или круто падающими на юго-запад комплексами горных пород, характеризующихся яркой структурно-текстурной анизотропией и нарушенными многочисленными зонами развития политектонитов. Это имеет важное значение при проведении поисково-разведочных работ, так как юго-западно-вергентная надвиговая структура блока, изображаемая на некоторых геологических картах, не отражается на строении верхних горизонтов земной коры, доступных изучению в обнажениях и бурению и может иметь место только в средней и нижней коре.

2. Геологические и тектонофизические данные свидетельствуют о том, что Тальновская зона разломов, представленная рядом ГГМ с преобладающей микроклиновой специализацией, наложена на эндрбитогнейсы, двупироксеновые кристаллосланцы и чарнокиты Ятранского блока. В то же время, Емиловская зона разломов, также наложенная на этот блок, представлена в основном сланцеватыми, частично амфиболизированными эндрбитами и плагиомигматитами, то есть она древнее и характеризуется более глубоким эрозийным срезом, чем Тальновская.

3. На основании изучения напряженно-деформированного состояния блока по парагенетически связанным диагональным системам трещин I–II уровней глубинности высказано предположение, что наиболее поздние фазы субмеридионального-субширотного сжатия-растяжения блока произошли на ранее установленных немировско-лелековском и корсунь-новомиргородском раннепротерозойских этапах деформации Ингульского мегаблока.

4. Несколько слабее развитая ортогональная система трещинных парагенезисов отражает, скорее всего, самый молодой субботско-мошоринский этап разломообразования Ингульского мегаблока. Кроме того, изучение трещиноватости Ятранского блока позволяет уточнить характер этого этапа, связав с ним реверсные движения и инверсию поля напряжений.

Список использованных источников:

1. Геолого-геофизическая модель Голованевской шовной зоны Украинского щита / под ред. А. В. Анциферова. – Киев : Наук. думка, 2008. – 308 с.

2. Геолого-геофизическая модель Криворожско-Кременчугской шовной зоны Украинского щита / под ред. А. В. Анциферова. – Киев : Наук. думка, 2006. – 196 с.

3. Геохронология раннего докембрия Украинского щита / под ред. Н. П. Щербак. – Киев : Наук. думка, 2005. – 244 с.

4. Гинтов О.Б. Геодинамическое развитие Ингульского мегаблока Украинского щита по геолого-геофизическим и тектонофизическим данным. I / О. Б. Гинтов, С. В. Мычак // Геофиз. журнал. – 2011. – Т. 33, № 3. – С. 102–118.

5. Гинтов О.Б. Геодинамическое развитие Ингульского мегаблока Украинского щита по геолого-геофизическим и тектонофизическим данным. II / О. Б. Гинтов, С. В. Мычак // Геофиз. журнал. – 2011. – Т. 33, № 4. – С. 89–99.

6. Гинтов О.Б. Моделирование внутри- и приразломных складок в докембрийских комплексах с позиций несоосной прогрессивной деформации / О.Б. Гинтов, В. В. Гончар // Геофиз. журнал. – 2004. – № 2. – С. 62–72.

7. Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применения при изучении деформаций земной коры Украины / О. Б. Гинтов. – Киев : Феникс, 2005. – 572 с.

8. Гинтов О.Б. Проблемы геодинамики украинского докембрия / О. Б. Гинтов // Геофиз. журнал. – 2015. – Т. 37, № 5. – С. 3–21.

9. Гинтов О.Б. Тектонофизические исследования разломов консолидированной коры / О. Б. Гинтов, В. М. Исая. – Киев : Наук. думка, 1988. – 226 с.

10. Гинтов О.Б. Тектонофизический анализ и геодинамическая интерпретация трехмерной геофизической модели Украинского щита / О. Б. Гинтов, И. К. Пашкевич // Геофиз. журнал. – 2010. – Т. 32, № 2. – С. 3–27.

11. Глеваский Е.Б. Тектоника докембрия Украинского щита / Е. Б. Глеваский, Г. И. Каляев // Минералог. журнал. – 2001. – № 2. – С. 77–91.

12. Глеваский Е.Б. Решение некоторых проблем петрологии и стратиграфии Украинского щита с позиций плитотектоники / Е. Б. Глеваский // Минералог. журнал. – 2005. – № 3. – С. 57–66.

13. Гожик П.Ф. Стратиграфический кодекс Украины / П. Ф. Гожик, В. М. Мененко, В. І. Полетаев. – К. : Логос, 2012. – 64 с.

14. Гончар В.В. Прогрессивная несоосная деформация и вопросы диагностики структур / В. В. Гончар // Доп. НАНУ. – 2001. – № 9. – С. 108–114.

15. Державна геологічна карта України. Масштаб 1 : 200 000. Геологічна карта і карта корисних копалин кристалічного фундаменту. Центральноукраїнська серія. Лист М-36-XXXI (Первомайськ) – К. : Держ. геол. служба, 2004.

16. Ентин В.А. Геофизическая основа тектонической карты Украины масштаба 1 : 1 000 000 / В. А. Ентин // Геофиз. журнал. – 2005. – Т. 27, № 1. – С. 74–84.

17. Лукієнко О.І. Дислокація тектоніка та тектонофації докембрію Українського щита / О. І. Лукієнко, Д. В. Кравченко, А. В. Сухорада. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2008. – 279 с.

18. Мычак С. В. Кинематика формирования западной и центральной частей Украинского щита в период 2.05 – 2.02 млрд лет назад / С. В. Мычак // Геофиз. журнал. – 2015. – Т. 37, № 1. – С. 83–99.

19. Первомайська граніто-гнейсова монокліналь у розрізі вздовж р. Південний Буг / В. В. Шевчук, Д. В. Кравченко, А. Є. Мазко, І. А. Хабанець // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2013. – № 57. – С. 5–8.

20. Стоянов С.С. Механизм формирования разрывных зон / С. С. Стоянов. – М. : Недра, 1977. – 144 с.

21. Структура Молдовского железорудного месторождения (Украинский щит) по геолого-геофизическим данным и его возможная эндогенная природа / В. А. Ентин, О. Б. Гинтов, С. В. Мычак, А. А. Юшин // Геофиз. журнал. – 2015. – Т. 37, № 4. – С. 3–18.

22. Структурно-петрографическая и тектонофизическая основа геологической карты кристаллического фундамента центральной части Голованевской шовной зоны Украинского щита / О. Б. Гинтов, В. А. Ентин, С. В. Мычак та ін. // Геофиз. журнал. – 2016. – Т. 38, № 3. – С. 3–28.
23. Трехмерная плотностная модель земной коры и верхней мантии Украинского щита / П. Я. Купrienko, И. Б. Макаренко, В. И. Старостенко, О. В. Легостаева // Геофиз. журнал. – 2007. – Т. 29, № 5. – С. 3–27.
24. Шевчук В. В. Основы Структурного аналізу / В. В. Шевчук, М. В. Лавренюк, Д. В. Кравченко. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2013. – 287 с.
25. Шевчук В.В. Соотношение протерозойского автохтонного гранитообразования и деформационных процессов в пределах Тальновской зоны разломов (Украинский щит) / В. В. Шевчук // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2012. – № 56. – С. 5–7.
26. Шевчук В.В. Тектонофізичні основи структурного аналізу / В. В. Шевчук, І. С. Кузь, А. С. Юрчишин. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. – 124 с.
27. Allmendinger R. W. Structural geology algorithms: vectors and tensors / R. W. Allmendinger, N. Cardozo, D. Fisher. – Cambridge : Cambridge University Press, 2012. – 313 с.
28. Cardozo N. Spherical projections with OSXStereonet / N. Cardozo, R. W. Allmendinger // Computers & Geosciences. – 2012. – № 51. – P. 193–205. doi:10.1016/j.cageo.2012.07.021
29. Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotations during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna) / S. V. Bogdanova, O. B. Gintov, D. Kurlovich, N. V. Lubnina, M. Nilsson, M. I. Orlyuk, I. K. Pashkevich, L. V. Shumlyansky, V. I. Starostenko // Lithos. – 2012. – 174. – P. 196–216. DOI: 10.1016/S0024-4937(12)00439-2.
30. Skempton A. W. Some observations on tectonic shear zones / A. W. Skempton // Proc. I Int. Congr. Rock Mech. – 1966. – № 1. – P. 55–58.

References:

1. Antiferov, A.V. (Ed.). (2008). Geological and geophysical model of the Golovanevsk suture zone of the Ukrainian shield. Kyiv: Naukova dumka, 308 p. [in Russian].
2. Antiferov, A.V. (Ed.). (2006). Geological and geophysical model of the Krivorozhsko-Kremenchug Suture Zone of the Ukrainian Shield. Kyiv: Naukova dumka, 196 p. [in Russian].
3. Shcherbak, N.P. (Ed.). (2005). Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Kyiv: Naukova dumka, 196 p. [in Russian].
4. Gintov, O.B., Mychak, S.V. (2011). Geodynamic development of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield for geological-geophysical and tectonophysical data. I. *Geofizicheskij Zhurnal*, 3, 102-118. [in Russian].
5. Gintov, O.B., Mychak, S.V. (2011). Geodynamic development of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield for geological-geophysical and tectonophysical data. II. *Geofizicheskij Zhurnal*, 4, 89-99. [in Russian].
6. Gintov, O.B., Gonchar, V.V. (2004). Modeling of intra- and near-fault folds in Precambrian complexes from the viewpoint of non-axial progressive deformation. *Geofizicheskij Zhurnal*, 2, 62-72. [in Russian].
7. Gintov, O.B. (2005). Field tectonophysics and its applications in the study of deformations of the earth's crust of Ukraine. Kiev: Feniks, 572 p. [in Russian].
8. Gintov, O.B. (2015). Problems of geodynamics of the Ukrainian Precambrian. *Geofizicheskij Zhurnal*, 5, 3-21.
9. Gintov, O.B., Isay, V.M. (1988). Tectonophysical research of faults in the consolidated crust. Kyiv: Naukova dumka, 226 p. [in Russian].
10. Gintov, O.B., Paschkevich, I.K. (2010). Tectonophysical analysis and geodynamic interpretation of the three-dimensional geophysical model of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskij Zhurnal*, 2, 3-27. [in Russian].

11. Glevasky, E.B., Kalaev, G.I. (2001). Precambrian Tectonics of the Ukrainian Shield. *Mineralogical journal (Ukraine)*, 2, 77-91. [in Russian].
12. Glevasky, E.B. (2005). The solution of some problems of petrology and stratigraphy of the Ukrainian shield from the positions of plate tectonics. *Mineralogical journal (Ukraine)*, 3, 57-66. [in Russian].
13. Gojik, P.F., Semenenko, V.M., Poletaev, V.I. (2012). *Stratigraphic Code of Ukraine*. Kyiv: Logos. [in Ukrainian].
14. Gonchar, V.V. (2001). Progressive non-axial deformation and problems of diagnostics of structures. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 9, 108-114. [in Russian].
15. State geological map of Ukraine. Scale 1 : 200,000. Geological map and map of minerals of the crystalline basement. Central-Orion series. Sheet M-36-XXXI (Pervomaysk). (2004). Kyiv: State Geological Service. [in Russian].
16. Entin, V.A. (2005). Geophysical basis of the tectonic map of Ukraine of scale 1 : 1 000 000. *Geofizicheskij Zhurnal*, 1, 74-84. [in Russian].
17. Lukienko, O.I., Kravchenko, D.V., Suhorada, A.V. (2008). Dislocation Tectonics and Tectonofacies of the Precambrian of the Ukrainian Shield. Kyiv: VPC Kyivskyi universitet, 279 p. [in Ukrainian].
18. Mychak, S.V. (2015). Kinematics of the formation of the western and central parts of the Ukrainian Shield in the period 2.05 – 2.02 billion years ago. *Geofizicheskij Zhurnal*, 1, 83-99. [in Russian].
19. Shevchuk, V.V., Kravchenko, D.V., Mazko, A.E. (2013). Pervomaysk granito-gneiss monocline along the river Yuzhny Bug. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 57, 5-8. [in Ukrainian].
20. Stoyanov, S.S. (1977). The mechanism of formation of rupture zones. Moscow: Nedra, 144 p. [in Russian].
21. Entin, V.A., Gintov, O.B., Mychak, S.V. (2015). The structure of the Moldovka iron ore deposit (the Ukrainian Shield) on geological and geophysical data and its possible endogenous nature. *Geofizicheskij Zhurnal*, 4, 3-18. [in Russian].
22. Gintov, O.B., Entin, V.A., Mychak, S.V. (2016). Structural-petrographic and tectonophysical basis of the geological map of the crystalline basement of the central part of the Golovanevskaya suture zone of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskij Zhurnal*, 3, 3-28. [in Russian].
23. Kuprienko, P.Y., Makarenko, I.B., Starostenko, V.I., Legostaeva, O.V. (2007). Three-dimensional density model of the Earth's crust and upper mantle of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskij Zhurnal*, 5, 3-27. [in Russian].
24. Shevchuk, V.V., Lavrenyuk, M.V., Kravchenko, D.V. (2013). Fundamentals of Structural Analysis. Kyiv: VPC Kyivskyi universitet, 287 p. [in Ukrainian].
25. Shevchuk, V.V. (2012). Ratio of Proterozoic autochthonous granite formation and deformation processes within the Tainian fault zone (Ukrainian Shield). *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 56, 5-7. [in Russian].
26. Shevchuk, V.V., Kuz, I.S., Yurchishen, A.S. (2002). Tectonophysical bases of structural analysis. Lviv: Publishing House of Lviv National Ivan Franko University, 124 p. [in Ukrainian].
27. Allmendinger, R.W., Cardozo, N., Fisher, D. (2012). Structural geology algorithms: vectors and tensors. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 313 p.
28. Cardozo, N., Allmendinger, R.W. (2012). Spherical projections with OSXStereonet. *Computers & Geosciences*, 51, 193-205. doi:10.1016/j.cageo.2012.07.021.
29. Bogdanova, S.V., Gintov, O.B., Kurlovich, D., Lubnina, N.V., Nilsson, M., Orlyuk, M.I., Starostenko, V.I. (2012). Late Palaeoproterozoic mafic dyking in the Ukrainian Shield of Volgo-Sarmatia caused by rotations during the assembly of supercontinent Columbia (Nuna). *Lithos*, 174, 196-216. doi:10.1016/S0024-4937(12)00439-2.
30. Skempton, A.W. (1966). Some observations on tectonic shear. *Proc. I Int. Congr. Rock Mech*, 1, 55-58.

Надійшла до редколегії 04.06.17

S. Mychak¹, Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher

E-mail: sergiimychak@gmail.com,

S. Kurylo², Cand. Sci. (Geol.), Researcher

E-mail: kurylo.sergiy@gmail.com,

A. Murovskaya¹, Cand. Sci. (Geol.), Researcher

E-mail: murovskaya@gmail.com

¹Institute of Geophysics National Academy of Sciences of Ukraine

32 Palladina Ave., Kyiv, 03680, Ukraine

²Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the National Academy of Sciences of Ukraine

34 Palladina Ave, Kyiv, 03680, Ukraine

STRUCTURAL FEATURES OF THE GOLOVANEVSK SUTURE ZONE CRYSTALLINE BASEMENT IN THE YATRAN RIVER BASIN BASED ON TECTONOPHYSICAL DATA

The article presents the results of tectonophysical study of the upper part of the Earth's crust of the Yatran block of the Golovanevsk suture zone within the Ukrainian Shield, performed in 2016 in the basin of the middle and lower reaches of the Yatran River. The purpose of the work was to study the deformation of rocks and restore paleostresses for the subsequent construction of the geodynamic model of the earth's crust of the Pobuzhsky ore mining district. Field tectonophysical studies were performed using the structural-paragenetic method for I-II depth levels. To construct stereograms of linear structures and fracturing of rocks, the Stereonet program was used. The obtained data made it possible to clarify the tectonic history and mechanisms of deformation of the Yatran block. The obtained results allow to conclude that the studied linear and banded structure of the rocks was formed at the early stages of right and left strike-slip deformation within the Golovanevsk suture zone, after that a diagonal systems of brittle cracks were formed at the stages of W-E and N-S compression. The early crystallization cleavage and schistosity, linear and banded texture of the rocks were formed at the early stages of the right- and left-shear deformation of the Golovanevsk suture zone. The mylonite monoclines and structural textural elements of fault zones are widely developed in zones of maximal shear deformations (Shear zone). The migmatite-granite igneous monoclines with potash feldspar mineralization are widely developed in the Early Proterozoic Tainovsk fault zone. Plagiomigmatitic monoclines are developed in the Neo-Archaic Emilovsk fault zone. Later, a diagonal system of cracks was formed at the stages of sublatitudinal compression and extension. The youngest crack system of the Yatran block was formed at the stages of the north-west – south-east and north-east – south-west

compression-extension. Thus, the results of work return the researchers to the study of rock fracturing with the aim of the investigation of the geodynamic evolution. This article shows a structural-petrophysical and tectonophysical schematic base of the geological-structural map of the surface of the crystalline basement, on which geological-petrophysical taxons and structural-kinematic data on deformations of the upper part of the earth's crust of the studied region are displayed. The construction of a model of the stress-strain state of the earth's crust of the region is necessary for further geological-prospecting and engineering-geological researches.

Keywords: Ukrainian shield, Golovanevsk suture zone, deformations, stress fields, fault zones.

С. Мичак¹, канд. геол. наук, ст. наук. співроб.

E-mail: sergiimychak@gmail.com

С. Курило², канд. геол. наук, наук. співроб.

E-mail: kurylo.sergiy@gmail.com

Г. Муровська¹, канд. геол. наук, наук. співроб.

E-mail: murovskaya@gmail.com

¹Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України

пр. Палладіна, 32, м. Київ, 03680, Україна

²Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України

пр. Палладіна, 34, м. Київ, 03680, Україна

СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ КРИСТАЛІЧНОГО ФУНДАМЕНТУ ГОЛОВАНІВСЬКОЇ ШОВНОЇ ЗОНИ В БАСЕЙНІ Р. ЯТРАНЬ ЗА ТЕКТОНОФІЗИЧНИМИ ДАНИМИ

Викладено результати тектонофізичного вивчення верхньої частини земної кори Ятранського блоку Голованівської шовної зони Українського щита, що виконані в 2016–2017 рр. у басейні середньої та нижньої течії р. Ятрань. Мета роботи – вивчення характеру деформації гірських порід і реконструкція палеонапружень для подальшої побудови геодинамічної моделі земної кори Побузького гірсько-корудного району. Польові тектонофізичні дослідження виконані структурно-парагенетичним методом тектонофізики для різних рівнів глибинності. Для побудови стереограм директивних структур і тріщинуватості гірських порід застосовувалася програма Stereonet. Отримані дані дозволили уточнити тектонічну історію і механізми деформацій Ятранського блоку. Передбачається, що структурні особливості вивченої території в основному формувалися під впливом зсувних деформаційних режимів при субгоризонтальному положенні площини головних максимального і мінімального нормальних напружень. На ранніх етапах право- та лівозсувних деформацій Голованівської шовної зони сформовані ранній кліваж течії і сланцюватість, лінійна і смугаста текстура гірських порід. У зонах максимальних зсувних деформацій (Shear zone) широко розвинені мілонітові монокліналі і структурно-текстурні елементи зон розломів. У ранньопротерозойській Тальнівській зоні розломів широко розвинені мігматито-гранітогнейсові монокліналі з калішпатовою мінералізацією. У неоархейській Ємилівській зоні розломів розвинені, головним чином, плагіомігматитові монокліналі. Пізніше на етапах субширотного стиснення і розтягу утворилася діагональна система тріщин відокремлення. Наймолодша тріщинуватість Ятранського блоку виникла на етапах північно-західного – південно-східного і північно-східного – південно-західного стиснення-розтягу. Таким чином, результати виконаних робіт повертають дослідників до вивчення тріщинуватості гірських порід для її використання при вирішенні геодинамічних задач. Наведено структурно-петрографічну і тектонофізичну схему-основу геолого-структурної карти поверхні кристалічного фундаменту, на якій відображені геолого-петрофізичні таксони і структурно-кінематичні дані про деформації верхньої частини земної кори вивченого району. Побудова моделі напружено-деформованого стану земної кори регіону необхідна для подальших геолого-пошукових та інженерно-геологічних досліджень.

Ключові слова: Український щит, Голованівська шовна зона, деформації, поля напружень, зони розломів.

ГЕОФІЗИКА

УДК 550.834

С. Вижва, д-р геол. наук, проф., зав. кафедри геофізики

E-mail: vsa@univ.kiev.ua

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна,

І. Соловійов, ген. директор

E-mail: i.solovyov@geounit.com.ua,

В. Круглик, пров. геолог

E-mail: v.kruglyk@gmail.com,

Г. Лісний, д-р геол. наук, доц., заст. ген. директора

E-mail: g.lisny@geounit.com.ua

ТОВ "Геоюніт", пр. С. Бандери, 9, м. Київ, 04073, Україна

**ПРОГНОЗУВАННЯ ЗОН ПІДВИЩЕНОЇ ПОРИСТОСТІ
У ГЛИНИСТИХ ПОРОДАХ СХОДУ УКРАЇНИ***(Рекомендовано членом редакційної колегії канд-м геол. наук, ст. наук. співроб. І.М. Безродною)*

Запропоновано новий підхід до диференціації глинистих порід за величиною пористості. Він оснований на аналізі значень коефіцієнта кореляції між акустичним імпедансом та вмістом глини. Для глини або глинистих гірських порід із малими значеннями пористості кореляційний зв'язок між акустичним імпедансом та вмістом глини відсутній. Це зумовлено відсутністю фізичного зв'язку між ними. Для гірських порід із глинистою пористістю характерний кореляційний зв'язок між акустичним імпедансом та вмістом глини. Коефіцієнт кореляції у цьому випадку зростає разом із збільшенням вмісту глини у гірській породі. Для порід із високим вмістом глини його значення можуть перебільшувати значення коефіцієнта кореляції між акустичним імпедансом та пористістю. У даному випадку глиниста фракція є носієм пористості, яка на фізичному рівні контролює розподіл значень акустичного імпедансу.

Розроблено нову технологію виявлення глинистих гірських порід із високою пористістю за сейсмічними та свердловинними даними. Вона дозволяє побудувати трьохвимірні розподіли значень пористості у глинистих породах.

Виконано прогнозування зон поширення глинистих порід із підвищеною пористістю. Для цього використано дані сейсморозвідувальних робіт на Північномакієвській площі на сході України, а також дані геофізичних досліджень у трьох свердловинах, розташованих на цій площі. Побудована модель фільтраційно-ємнісних властивостей гірських порід збігається з даними буріння та випробування пробурених свердловин. У геологічному розрізі площі переважають глинисті породи. У незначній кількості піщаних пластів, виділених на площі, промислових припливів вуглеводнів не виявлено.

На основі отриманих результатів зроблено висновок про перспективи видобутку природного газу на цій площі.

Ключові слова: сейсмічна інверсія, коефіцієнт кореляції, кореляційні залежності, пористість, глинисті породи, акустичний імпеданс, сейсморозвідка, геофізичні дослідження у свердловинах.

Вступ. Зменшення обсягу традиційних структурних пасток вуглеводнів у світі стало передумовою пошуків та розвідки родовищ нафти і газу з літологічними пастками та покладів вуглеводнів у гірських породах з низькою пористістю та проникністю. Світові обсяги видобутку вуглеводнів з таких об'єктів постійно збільшуються. Серед нових технологій нафтогазової галузі особливе місце займають пошуки, розвідка та видобуток вуглеводнів з порід, що мають низьку пористість та проникність. Як приклад можна навести успішні проекти з розвідки та видобутку сланцевого газу у ряді країн світу. Частка природного газу, що видобувається в рамках цих проектів стає все більш значною. Динаміка зростання видобутку нетрадиційного газу свідчить про цілком реальні перспективи цього напрямку щодо збільшення обсягу розвіданих запасів та видобутку вуглеводнів у світі.

В Україні проблема пошуків, розвідки та видобутку газу з гірських порід із низькою пористістю та проникністю перебуває на стадії вирішення [1, 2]. Наприклад, технічно видобувні ресурси сланцевого газу на території України, за оцінками ряду експертів, зокрема Адміністрації енергетичної інформації США, сягають 3,6 трлн м³. За різними оцінками, обсяг видобувних ресурсів сланцевого газу на території України змінюється в широкому діапазоні від 1 до 22 трлн м³, причому основний обсяг технічно видобувних ресурсів сланцевого газу зо-

середжений у східному регіоні. Незважаючи на умовний характер таких оцінок, слід відзначити, що разом із розвитком технологій видобутку такого газу збільшується можливі обсяги його технічно видобувних ресурсів. У загальному випадку завдання пошуків, розвідки та видобутку сланцевого газу на території України доцільно розглядати як складову частину проблеми знаходження та вилучення вуглеводнів із гірських порід із низькою пористістю та проникністю.

У даній статті авторами показані можливості прогнозування зон підвищеної пористості у глинистих породах на прикладі однієї з площ на сході України. Розмір площі становить близько 200 км². На площі пробурені три свердловини, в яких виконано комплекс геофізичних досліджень.

Аналіз кореляційних зв'язків між розподілами фільтраційно-ємнісних властивостей гірських порід за свердловинними даними. Об'ємні розподіли фільтраційно-ємнісних властивостей гірських порід на даній площі свідчать про значну кількість глинистої фракції у геологічному розрізі. Для пояснення особливостей об'ємних розподілів фільтраційно-ємнісних властивостей гірських порід доцільно проаналізувати кореляційні залежності цих властивостей у свердловинах, що пробурені на даній площі.

На рис. 1. наведено кореляційні зв'язки між акустичним імпедансом та пористістю, що обчислені для трьох свердловин площі досліджень.

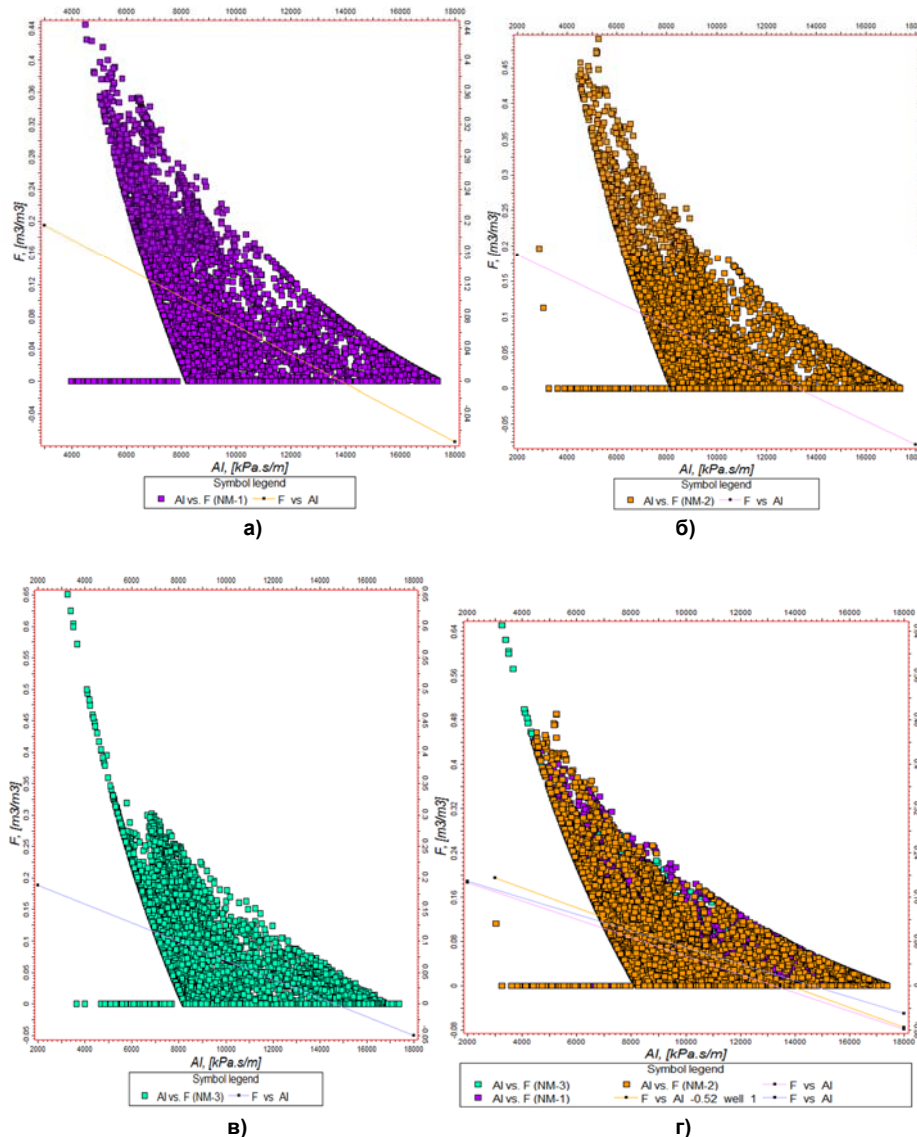


Рис. 1. Кореляційні залежності між акустичним імпедансом та пористістю у свердловинах:
а) № 1, коефіцієнт кореляції: – 0,52; б) № 2, коефіцієнт кореляції: – 0,53; в) № 3, коефіцієнт кореляції: – 0,53;
г) спільне подання кореляційних залежностей у свердловинах №№ 1, 2, 3, середній коефіцієнт кореляції: -0,53

Наведені кореляційні залежності є цілком типовими. Пористість, визначена за свердловинними даними, має зворотний кореляційний зв'язок із акустичним імпедансом. Акустичний імпеданс у даному випадку також обчислений за свердловинними даними. Аналізуючи кореляційні залежності у трьох свердловинах, можна зробити висновок про стійкість кореляційних зв'язків між акустичним імпедансом та пористістю. Цей висновок впливає з практично однакового значення коефіцієнта кореляції у трьох свердловинах, розташованих у різних частинах площі досліджень.

Звернемося до рис. 2, на якому показаний типовий для даної площі приклад інтерпретації результатів геофізичних досліджень у свердловинах з метою визна-

чення розподілу значень акустичного імпедансу та вмісту глини. Вигляд кривих, наведених на рис. 2, вказує на наявність доволі стійкої зворотної кореляційної залежності між акустичним імпедансом та вмістом глини.

Враховуючи це, перейдемо до розгляду кореляційних залежностей між акустичним імпедансом та вмістом глини за свердловинними даними. Зазначимо, що фізичний зв'язок між акустичним імпедансом та вмістом глини у гірських породах відсутній. Акустичний імпеданс контролюється швидкістю та густиною. А вміст глини на фізичному рівні зв'язаний з інтенсивністю гамма-випромінювання гірської породи. Незважаючи на це, побудуємо кореляційні залежності між акустичним імпедансом та вмістом глини. На рис. 3 наведено кореляційні зв'язки між цими фізичними характеристиками.

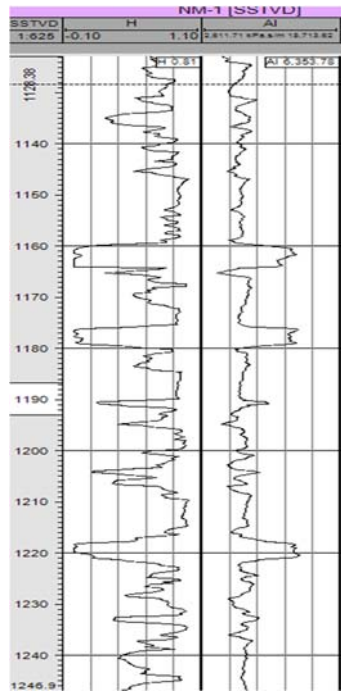


Рис. 2. Порівняння типових для даної площі розподілів значень акустичного імпедансу та вмісту глини у гірських породах

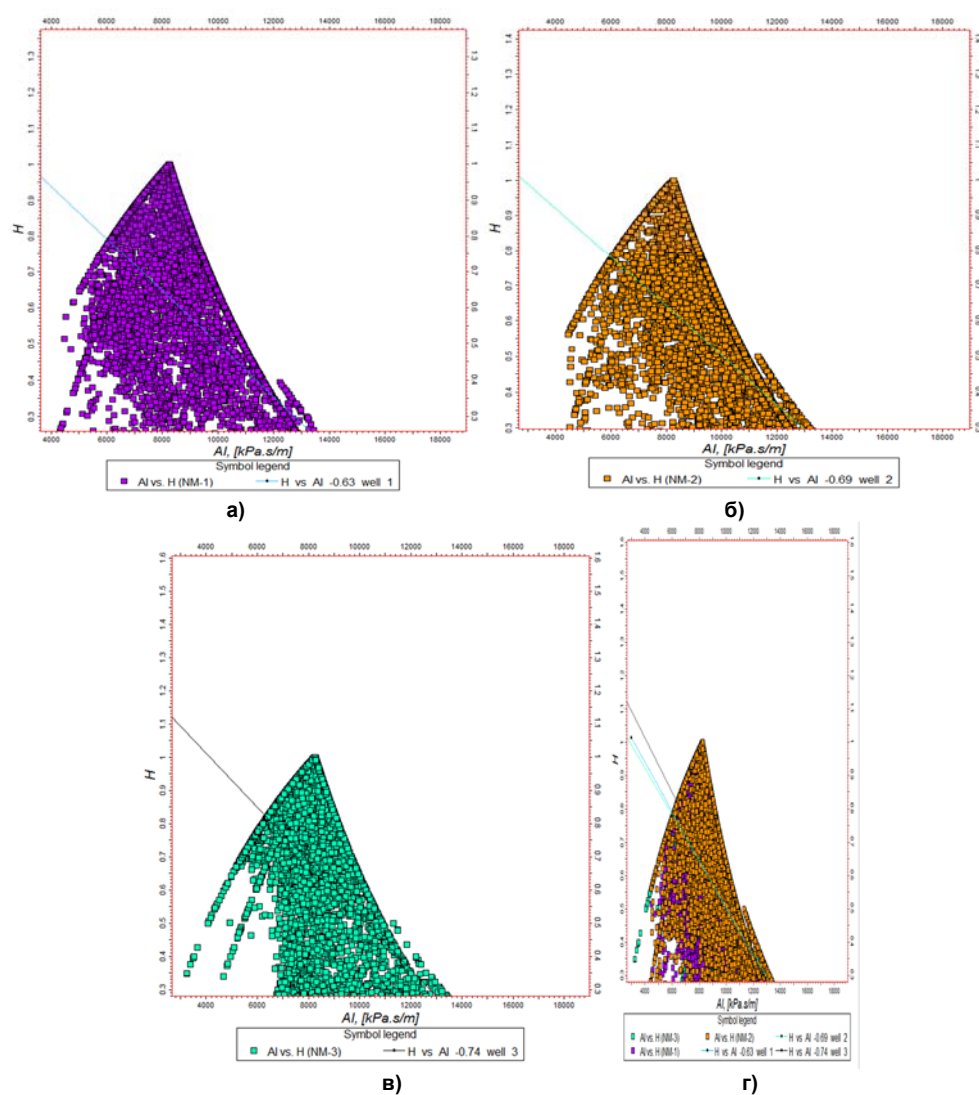


Рис. 3. Кореляційні залежності між акустичним імпедансом та вмістом глини у свердловинах:
 а) № 1, коефіцієнт кореляції: – 0,63; б) № 2, коефіцієнт кореляції: – 0,69; в) № 3, коефіцієнт кореляції: – 0,74;
 г) спільне подання кореляційних залежностей у свердловинах №№ 1, 2, 3, середній коефіцієнт кореляції: -0,69

Наведені результати свідчать, що зворотний кореляційний зв'язок між акустичним імпедансом та пористістю, представлений на рис. 1, є традиційним. Збільшення загального об'єму пор у гірській породі приводить до зменшення швидкостей поширення сейсмічних хвиль. У свою чергу, зменшення швидкостей спричинює зменшення значень акустичного імпедансу.

Водночас зв'язок між акустичним імпедансом та вмістом глини у свердловинах на площі досліджень також є зворотним, що показано на рис. 2. Це підтверджують також кореляційні зв'язки між акустичним імпедансом та вмістом глини, наведені на рис. 3. При цьому коефіцієнти кореляції між акустичним імпедансом та вмістом глини є дещо більшими порівняно з коефіцієнтами кореляції між акустичним імпедансом та пористістю. Разом із тим стійкі зв'язки між акустичним імпедансом та вмістом глини не зумовлені фізичним змістом цих величин. Значення акустичного імпедансу контролюється добутком швидкості поширення сейсмічних хвиль та густиною. У деяких осадових комплексах змінами значень густини на невеликих вертикальних інтервалах можна знехтувати. У цьому наближенні значення акустичного імпедансу контролюються швидкостями поширення сейсмічних хвиль у гірських породах.

Поясненням розглянутих співвідношень між акустичним імпедансом та вмістом глини може бути підвищена пористість у глинистих породах площі досліджень, яка може перебільшувати об'ємну частку пор у піщанистій фракції. Якщо виконується така умова, тоді збільшення глинистості буде супроводжуватися збільшенням загальної пористості у породах. Водночас швидкість поширення сейсмічних хвиль та акустичний імпеданс будуть пропорційно зменшуватися.

Розглянемо поведінку кореляційних зв'язків між акустичним імпедансом, пористістю та вмістом глини у гірських породах, що складаються переважно з пісковиків. Для цього на кривих акустичного імпедансу, пористості та глинистості залишимо лише інтервали, що відповідають низьким значенням коефіцієнта глинистості. А саме – інтервали, середня глинистість на яких не перебільшує 15 %. На рис. 4 показані вибрані інтервали акустичного імпедансу, пористості та глинистості, що відповідають низьким значенням глинистості. Як впливає з рис. 4, загальний обсяг інтервалів з низькими значеннями вмісту глини на даній площі є незначним і становить приблизно 10 %. Для даного випадку на рис. 5 наведено кореляційні зв'язки між акустичним імпедансом та пористістю.

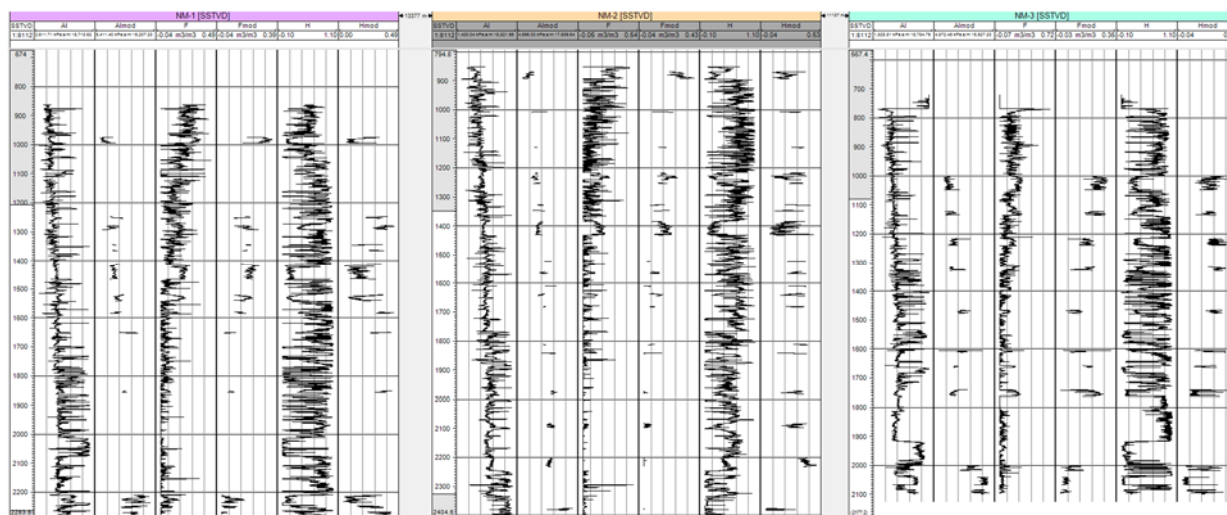


Рис. 4. Виділення інтервалів на кривих акустичного імпедансу, пористості та глинистості, що відповідають середньому вмісту глини, що не перевищує 15 %

Наведені результати дають змогу зробити такі висновки. Зворотний кореляційний зв'язок між акустичним імпедансом та пористістю, представлений на рис. 5, є традиційним для продуктивних пластів. У даному випадку коефіцієнти кореляції між акустичним імпедансом та пористістю значно перебільшують відповідні значення коефіцієнтів кореляції, що були отримані для повних кривих з довільними значеннями глинистості. Збільшення загального обсягу пор у породі призводить до зменшення швидкостей поширення сейсмічних хвиль. У свою чергу, зменшення швидкостей спричинює зменшення значень акустичного імпедансу. Разом з тим кореляційний зв'язок між акустичним імпедансом та вмістом глини у даному випадку практично відсутній. Поясненням відсутності кореляційних зв'язків між акустичним імпедансом та вмістом глини є доволі низькі значення пористості глинистої фракції для виділених інтервалів. Якщо виконується така умова, тоді зменшення значень глинистості буде супроводжуватися відповідним збільшенням пористості через заміщення глинистої фракції на піщанисту фракцію, що має певне значення пористості.

Прогнозування фільтраційно-ємнісних властивостей гірських порід. Аналіз кореляційних залежностей фільтраційно-ємнісних властивостей гірських порід, про-

ведений із використанням свердловинних даних, свідчить про доцільність прогнозування цих властивостей за допомогою просторових розподілів значень хвильового поля сейсмічного зображення та сейсмічних атрибутів. У цій роботі для прогнозування використана технологія генетичної інверсії, яка є сучасним узагальненням нейромережевого підходу до розв'язання задачі акустичної інверсії [3, 4]. Генетична інверсія дозволяє оцінювати параметри геологічного середовища за сейсмічними та свердловинними даними і потребує мінімальної кількості апріорної інформації. Водночас технологія характеризується доволі високою швидкістю обчислень, не потребує визначення форми сейсмічного імпульсу та побудови тонкошаруватої моделі. За рахунок цього зменшується вплив суб'єктивного фактора, що пов'язаний із визначенням форми сейсмічного імпульсу, його змін у вертикальному та горизонтальному напрямках. Використання алгоритму генетичної інверсії дозволяє позбавитися залежності від необхідності вибору способу кореляції сейсмічних горизонтів, розділу моделі на блоки та вибору стохастичних параметрів. Достовірність прогнозу визначається на основі збігу значень просторових прогнозних розподілів фільтраційно-ємнісних властивостей гірських порід із відповідними розподілами у свердловинах.

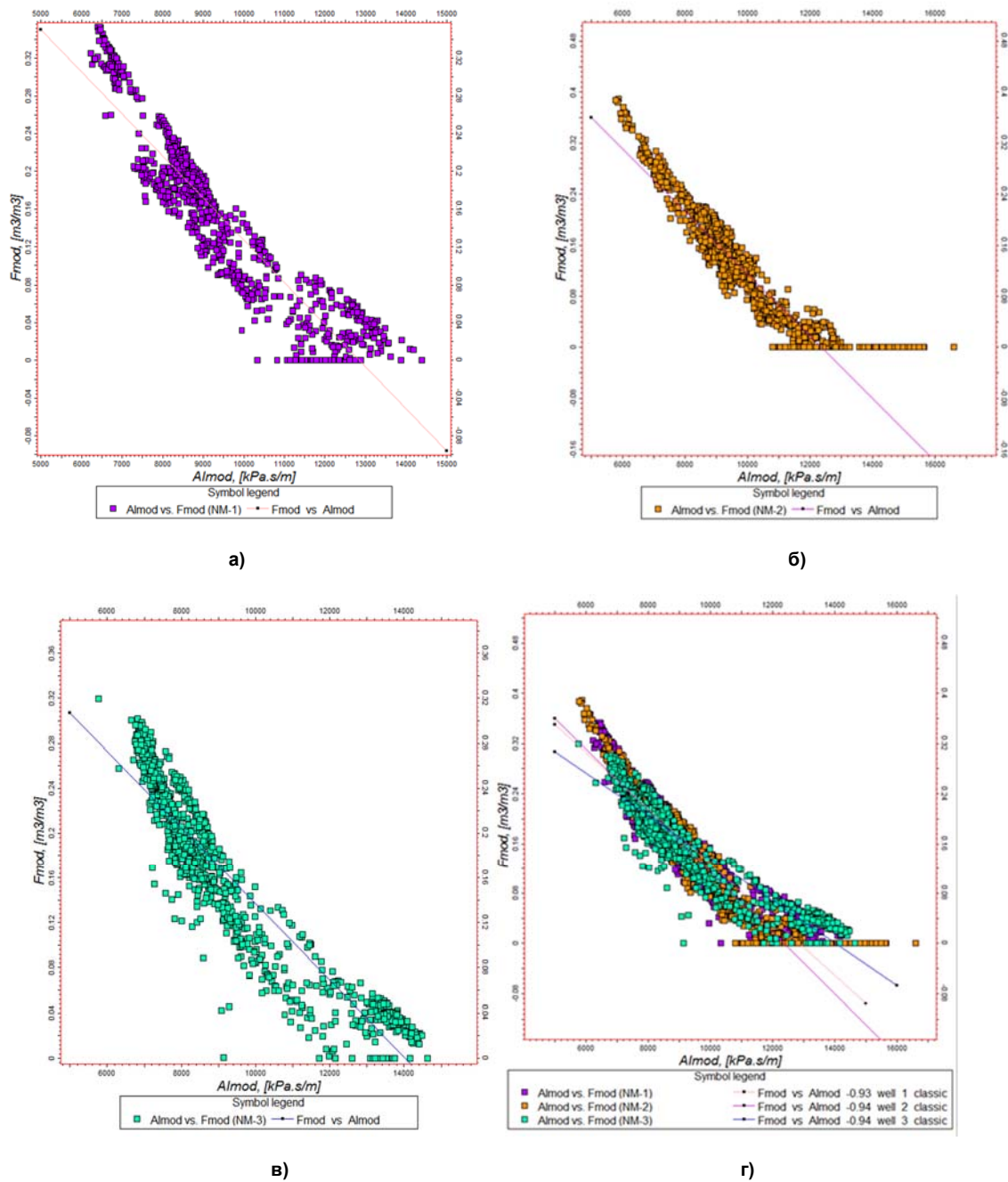


Рис. 5. Кореляційні залежності між акустичним імпедансом та пористістю в інтервалах геологічного розрізу, що відповідають низьким значенням вмісту глини у свердловинах: а) № 1, коефіцієнт кореляції: $-0,93$; б) № 2, коефіцієнт кореляції: $-0,94$; в) № 3, коефіцієнт кореляції: $-0,94$; г) спільне подання кореляційних залежностей у свердловинах №№ 1, 2, 3, середній коефіцієнт кореляції: $-0,94$

На рис. 6 та 7 наведено результати прогнозу пористості та об'ємного вмісту глини відповідно. Величини інтервалів дискретизації трьохвимірних масивів значень

пористості та об'ємного вмісту глини збігаються з інтервалами дискретизації об'ємного сейсмічного зображення площі досліджень.

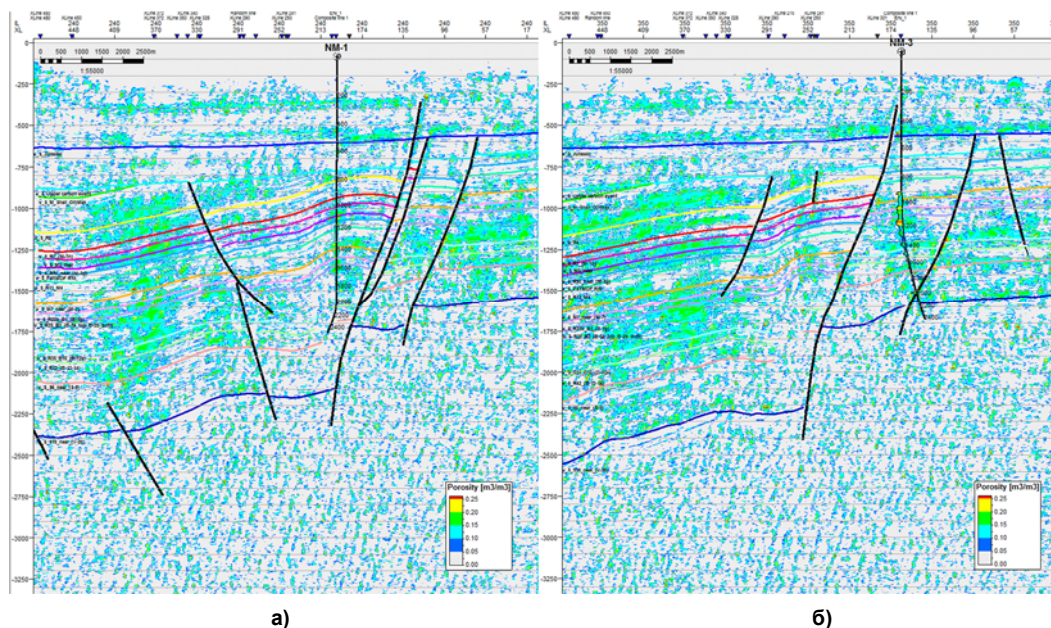


Рис. 6. Вертикальні розрізи об'ємного розподілу значень прогнозованої пористості через свердловини № 1 (а) та № 3 (б)

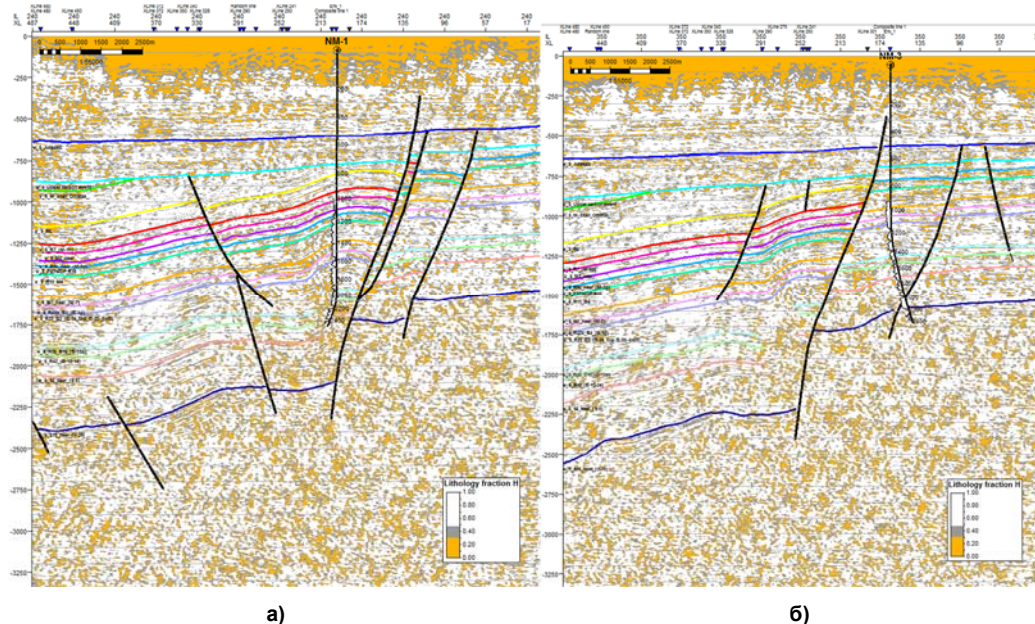


Рис. 7. Вертикальні розрізи об'ємного розподілу значень прогнозованого об'ємного вмісту глини через свердловини № 1 (а) та № 3 (б)

Показані на рисунках розподіли прогнозованої пористості та об'ємного вмісту глини дозволяють зробити наступні висновки. Ділянки підвищеної пористості на розрізах характеризуються доволі високим ступенем збігу з ділянками підвищеного вмісту глини. На рис. 6, а та 7, а ці ділянки знаходяться близько до країв розрізів з обох боків від пробуреної свердловини. На рис. 6, б та 7, б вони розташовані переважно зліва від пробуреної свердловини. Такий збіг підвищеної пористості та підвищеного вмісту глини вказує на наявність у цих ділянках глинистих порід із підвищеною пористістю. Водночас аналіз об'ємних розподілів значень пористості та вмісту глини показує, що загальний обсяг глинистих порід із підвищеною пористістю значно перебільшує обсяг пісковиків з аналогічною пористістю.

Глинисті гірські породи даної площі приурочені в основному до таких стратиграфічних верств: візейський та серпухівський яруси нижнього карбону, а також башкир-

ський та московський яруси середнього карбону. Звертаючись до літературних джерел [1, 2] відзначимо, що глинисті низькопроникні породи сходу України є перспективними щодо наявності в них вуглеводнів. Наприклад, найперспективнішими відкладами для пошуку сланцевого газу в цьому регіоні вважаються породи візейського та серпухівського ярусів нижнього карбону, башкирського та московського ярусів середнього карбону та відклади верхнього карбону.

Таким чином, площу досліджень доцільно вважати перспективною щодо розвідки покладів вуглеводнів нетрадиційного типу у глинистих породах із підвищеною пористістю та низькою проникністю. Враховуючи той факт, що на даній площі не виявлено комерційних пасток вуглеводнів традиційного типу, проблема розвідки покладів вуглеводнів нетрадиційного типу набуває актуальності.

Висновки. У роботі виконано прогнозування зон поширення глинистих порід із підвищеною пористістю за сейсмічними даними для однієї з площ на сході України.

Для прогнозу використано запропонований авторами підхід до диференціації глинистих порід за величиною пористості, що базується на обчисленні кореляційних зв'язків між акустичним імпедансом, пористістю та вмістом глини у гірських породах.

Показано, що на площі досліджень поширені переважно глинисті породи з підвищеною пористістю. Разом з тим проведені на даній площі сейсмозвідувальні роботи 3-D, інші геолого-геофізичні дослідження та буріння трьох свердловин показали слабе поширення традиційних піщаних колекторів. За даними буріння ці колектори характеризуються відносно низькою пористістю та коефіцієнтом газонасичення.

Площу досліджень доцільно вважати перспективною щодо розвідки та видобутку вуглеводнів нетрадиційного типу. Виділені авторами зони поширення глинистих порід із підвищеною пористістю є першочерговими щодо буріння пошукових та розвідувальних свердловин на виявлення покладів вуглеводнів нетрадиційного типу.

Список використаних джерел:

1. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Кн. IV. Східний нафтогазоносний регіон: аналітичні дослідження / В. А. Михайлов, С. А. Вижва, В. М. Запінко та ін. – К.: ВПЦ "Київський університет". – 2014. – 215 с.

S. Vyzhva, Dr.Sci. (Geol.), Professor, Head of Department
E-mail: vsa@univ.kiev.ua
Taras Shevchenko National University of Kyiv
Institute of Geology, 90 Vasykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine,
I. Solovyov, General Director
E-mail: i.solovyov@geounit.com.ua,
V. Kruhlyk, Senior Geologist
E-mail: v.kruhlyk@gmail.com,
G. Lisny, Dr. Sci. (Geol.), Assoc. Prof., Deputy General Director
E-mail: g.lisny@geounit.com.ua
Geounit LLC, 9 Stepana Banderi Ave., Kyiv, 04073, Ukraine

PREDICTION OF HIGH POROSITY ZONES IN CLAY ROCKS AT THE EASTERN UKRAINE

The new approach for clay rock differentiation using porosity value is proposed. This approach is based on the correlation coefficient values analysis for acoustic impedance and shaliness. The correlation between acoustic impedance and shaliness is absent for shale and rocks with shaliness with small values of porosity. This is due to the absence of physical links between them. For rocks with clay porosity, the correlation between acoustic impedance and shale content is relevant. In this case, both correlation coefficient and shale content in rocks increase. For rocks with high shaliness the correlation coefficient between acoustic impedance can be higher than correlation coefficient between acoustic impedance and porosity. Thereby, in this case the shale fraction of rocks is a carrier of porosity. This fraction controls distribution of acoustic impedance values at the physical level.

The new technology of detecting clay rocks with high porosity using seismic and wells data is developed. This technology allows constructing porosity values distributions in the clay rocks.

The prognosis of the clay rocks zones with increased porosity is completed. For solution of this task the seismic data is used. The geophysical data obtained from three wells at this area is used as well. Constructed model of rocks physical property coincides with drilling and testing data in these three wells. Geological section of this area is characterized by high amount of clay rocks and small amount of sandy layers. These sandy layers have no industrial flow rate of hydrocarbons.

Based on the results obtained, the authors came to particular conclusions concerning natural gas production in this area.

Keywords: seismic inversion, correlation coefficient, correlation relations, porosity, clay rocks, acoustic impedance, seismic survey, well logging.

С. Вижва, д-р геол. наук, проф., зав. кафедри геофізики
E-mail: vsa@univ.kiev.ua
Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
УНІ "Інститут геології", ул. Васильківська, 90, г. Київ, 03022, Україна,
І. Солов'єв, ген. директор
E-mail: i.solovyov@geounit.com.ua,
В. Круглик, вед. геолог
E-mail: v.kruhlyk@gmail.com,
Г. Лесной, д-р геол. наук, доц., зам. ген. директора
E-mail: g.lisny@geounit.com.ua
ООО "ГЕОЮНИТ", пр. С. Бандери, 9, г. Київ, 04073, Україна

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗОН ПОВЫШЕННОЙ ПОРИСТОСТИ В ГЛИНИСТЫХ ПОРОДАХ ВОСТОКА УКРАИНЫ

Предложен новый подход к дифференциации глинистых пород по величине пористости. Он основан на анализе значений коэффициента корреляции между акустическим импедансом и содержанием глины. Для глинистых пород с малыми значениями пористости корреляционная связь между акустическим импедансом и содержанием глины не прослеживается. Это обусловлено отсутствием физической связи между ними. Для горных пород с глинистой пористостью характерна корреляционная связь между акустическим импедансом и содержанием глины. Коэффициент корреляции в этом случае растет вместе с увеличением содержания глины в горной породе. Для пород с высоким содержанием глины его значения могут превосходить значения коэффициента корреляции между акустическим импедансом и пористостью. В данном случае глинистая фракция является носителем пористости, которая на физическом уровне контролирует распределение значений акустического импеданса.

Разработана новая технология выявления глинистых горных пород с высокой пористостью по сейсмическим и скважинным данным. Она позволяет строить трехмерные распределения значений пористости в глинистых породах.

Выполнено прогнозирование зон распространения глинистых пород с повышенной пористостью. Для этого использованы результаты сейсмозвездочных работ на одной из площадей восточной части Украины. Для прогнозирования были использованы также данные геофизических исследований в скважинах, которые находятся на исследуемой площади. Построенная модель фильтрационно-емкостных свойств горных пород совпадает с данными бурения скважин и испытания скважин. В геологическом разрезе площади преобладают глинистые породы. В незначительном количестве песчаных пластов, выделенных на площади, промышленных притоков углеводородов не обнаружено.

На основе полученных результатов сделан вывод о перспективах добычи природного газа на данной площади.

Ключевые слова: сейсмическая инверсия, коэффициент корреляции, корреляционные зависимости, пористость, глинистые породы, акустический импеданс, сейсмозвездка, геофизические исследования в скважинах.

2. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Кн. V. Перспективи освоєння ресурсів сланцевого газу та сланцевої нафти у Східному нафтогазоносному регіоні України / С. Г. Вакарчук, С. А. Вижва, Т. Є. Довжок та ін. – К.: BTC Принт. – 2013. – 240 с.

3. Priezzhev, I. Genetic seismic inversion using a non-linear, multi-trace reservoir modeling approach / I. Priezzhev, L. Shmaryan, P. Veeken // Extended Abstracts, EAGE 71th Annual Conference, P018, Netherlands, 2009. – Amsterdam, 2009.

4. Priezzhev I. Nonlinear multitrace seismic inversion using neural network and genetic algorithm – Genetic Inversion / I. Priezzhev, L. Shmaryan, G. Bejarano // Expanded Abstract, EAGE Annual meeting, Saint Petersburg, A016, Russia, 2008. – Saint Petersburg, 2008.

References:

1. Vakarchuk, S.G., Vyzhva, S.A., Dovzhok, T.E. et al. (2013). Unconventional sources of hydrocarbons of Ukraine. Book V. Development potential of gas and shale oil resources in Ukraine. K.: VTS Print, 240 p. [in Ukrainian].

2. Mikhailov, V.A., Vyzhva, S.A., Zagnitko, V.M. et al. (2014). Unconventional sources of hydrocarbons of Ukraine. B. IV. Eastern oil-gas-bearing region. Analytical investigations. K.: VPC "Kyiv University", 240 p. [in Ukrainian].

3. Priezzhev, I., Shmaryan, L., Bejarano, G. (2008). Nonlinear multitrace seismic inversion using neural network and genetic algorithm – Genetic Inversion. *Expanded Abstract, EAGE annual meeting*, Saint Petersburg. A016.

4. Priezzhev, I., Shmaryan, L., Veeken, P. (2009). Genetic seismic inversion using a non-linear, multi-trace reservoir modeling approach. *Extended Abstracts, 71th EAGE Annual Conference*, Amsterdam. P018.

Надійшла до редколегії 09.01.18

УДК 550.382.3

О. Меньшов, д-р геол. наук, ст. наук. співроб.

E-mail: menshov.o@ukr.net

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут Геології", вул. Васильківська, 90, Київ, 03022, Україна

РОЛЬ МАГНЕТОТАКТИЧНИХ БАКТЕРІЙ У ФОРМУВАННІ ПРИРОДНОГО МАГНЕТИЗМУ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром фіз.-мат. наук, проф. П.О. Міненком)

Дослідження ролі магнетотактичних бактерій у формуванні магнетизму ґрунтів є важливим у контексті вивчення незабруднених та незмінених фонових ґрунтових покривів. Мова йде про генезис магнітних властивостей, розвиток носіїв магнетизму у процесі ґрунтоутворення, застосування магнітних методів для визначення стану ґрунтів, їх ерозії, впливу пожеж, деградації, деструкції, водних режимів, ущільнення, продуктивності, родючості, визначення вмісту гумусу, фізико-хімічних параметрів, які використовуються в агрономії та ґрунтознавстві. Магнетотактичні бактерії зустрічаються у ґрунтах багатих на залізо. Магнітосоми чистих стабільних однодомних зерен (SD) виробляються внутрішньоклітинно і ідентифікуються у магнітних екстрактах ґрунтів за допомогою просвічуючого електронного мікроскопа. У природних незмінених ґрунтах можуть одночасно виявлятися стабільні однодомні зерна – магнітосоми бактеріального походження, а також суперпарамагнітні зерна (SP) неорганічного походження. Магнетотактичні бактерії формують магнітні властивості природних ґрунтових покривів поза значущим впливом літогенної основи, за відсутності прямого впливу вуглеводнів та техногенного забруднення. У статті наведено розподіл магнітної сприйнятливості у генетичних горизонтах ґрунтів України різного походження, а також проаналізовано магнітомінералогічні параметри. Вивчено фоновий ґрунтовий покрив із педогенним походженням магнітного сигналу та органічним формуванням магнетиків під дією магнетотактичних бактерій Харківської області. Проаналізовано фоновий ґрунтовий покрив із літогенним та педогенним походженням магнітного сигналу Прикарпаття. Досліджено ґрунти, що зазнали впливу вуглеводнів Передкарпатського прогину України, а також техногенно забруднений ґрунтовий покрив (урбаноземи) урбанізованої території міста Дніпро. Для підвищення однозначності інтерпретації магнітних досліджень ґрунтів у контексті дослідження магнетотактичних бактерій рекомендується використовувати електронну мікроскопію (SEM, TEM) та агрохімічні параметри.

Ключові слова: ґрунти, магнетотактичні бактерії, магнітна сприйнятливість, магнетит.

Вступ. Прикладне застосування теорії і методології магнетизму ґрунтового покриву можливе лише на основі глибокого розуміння фізичних основ методу. Це дає змогу побудови оптимальних алгоритмів робіт на всіх етапах від постановки завдання до інтерпретації результатів та надання рекомендацій зацікавленим організаціям та підприємствам. Одним із базисних факторів формування магнетизму ґрунтового покриву є життєдіяльність магнетотактичних бактерій (magnetotactic bacteria). Дослідження ролі магнетотактичних бактерій у формуванні магнетизму ґрунтів є важливою у контексті вивчення незабруднених та незмінених фонових ґрунтових покривів, їх генезису магнітних властивостей, розвитку носіїв магнетизму у процесі ґрунтоутворення, застосування магнітних методів для визначення стану ґрунтів, їх ерозії, впливу пожеж, деградації, деструкції, водних режимів, ущільнення, продуктивності, родючості, вмісту гумусу, фізико-хімічних параметрів, які використовуються в агрономії та ґрунтознавстві [2]. При цьому на сьогодні залишається велика кількість нерозв'язаних проблем, пов'язаних із визначенням походження магнітного сигналу навіть у природних умовно фонових ґрунтах. Наприклад, у роботі [16] показано, що магнетит, який утворюється при неорганічному розщепленні нанокристалічного гетиту, демонструє магнітні властивості та морфологічні ознаки, подібні до властивостей біогенного магнетиту, що продукований магнітосомами магнетотактичних бактерій. У даній статті ми спробуємо розглянути деякі способи формування магнітного сигналу у ґрунтах України та сконцентрувати увагу саме на ролі магнетотактичних бактерій при органічному формуванні феромагнітного матеріалу.

Стан проблеми. Магнетотактичні бактерії зазвичай зустрічаються у ґрунтах, багатих на залізо. У роботі [14] відзначено, що магнітотактичні бактерії подібні до ґрунтових, можна одержувати і у лабораторних умовах, що, у свою чергу, дозволяє синтезувати наночастинки магнетиту (Fe_3O_4). Магнітні частинки, утворені всередині магнітосом, є стабільними та розрізняються за своїми магнітними властивостями.

У роботі [1] розглядаються мінерали заліза у ґрунтах як основні носії їх магнетизму. Відзначається провідна роль магнетиту, магеміту, гематиту, гетиту, піриту і піротину у системі утворення та діагенетичних змін у процесі

розвитку ґрунтового профілю. Крім того, згадуються наномінерали (наприклад, ферігидрит), які у той же час відіграють головне значення у формуванні магнетиків ґрунтів на початковому рівні їх розвитку. При розгляді бактеріального характеру розвитку вторинних мінералів у ґрунтах важлива роль відводиться магнітотактичним бактеріям та їх магнітосомам [3, 5]. Візуалізація магнітосом та їх типізація на великі стрижнеподібні клітинні форми, вібріони, спірили, кокоїдні форми наводиться у роботі [18]. Відзначається провідна роль оксидів заліза та їх трансформація у процесі педогенезу як умова формування сучасної магнітної картини різних типів ґрунтів [17]. При цьому значущу роль при ідентифікації походження феромагнетиків у ґрунтах відіграє їх розмір та домений стан. Визначальною є границя переходу від однодомного (SD) до суперпарамагнітного (SP) стану магнітних мінералів ґрунтів, який ідентифікує їх педогенний характер. Такі визначення ефективно проводяться на основі вивчення частотної залежності магнітної сприйнятливості [19]. Термомагнітний аналіз є ефективним для визначення магнетиків у ґрунтах. У роботі [8] наведено аналіз температурних залежностей магнітної сприйнятливості та намагніченості насичення для ґрунтів, що формувалися у різних ландшафтних умовах. Інтерпретуються різні фази нагріву та вторинного формування магнітних мінералів.

Детальні лабораторні дослідження [7] зразків ґрунтів Китайського лесового плато та їх магнітних екстрактів вказують на те, що підвищення магнітних властивостей часто пояснюється присутністю магнітом'яких мінералів – магнетиту (Fe_3O_4) або магеміту ($\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$). Експериментальні дані свідчать про те, що феромагнітні частинки розміром менше за 100 нм утворюються в результаті життєдіяльності магнітотактичних бактерій у ґрунтах.

Магнетики органічного походження. Серед основних джерел формування та процесів накопичення магнітних мінералів у ґрунтах виділяються такі:

1. Педогенного походження – магнетики сформовані у процесі ґрунтоутворення і розвитку ґрунтового профілю. Характерні для незабруднених фонових ґрунтових покривів.

2. Літогенного походження – детритові магнітні мінерали кристалічного фундаменту привнесені у структуру

ґрунтів за рахунок його виходу або близького залягання до денної поверхні.

3. Антропогенного походження – сформовані у процесі впливу на ґрунти діяльності людини, у першу чергу агрономічного обробітку, пожеж тощо.

4. Техногенного походження – привнесені магнітні частинки, магнітні сферули, що пов'язані з високотемпературними техногенними процесами, корозією металів, роботою плавильних комбінатів, теплоелектростанцій, автомобільним трафіком тощо.

5. Вуглеводневого походження – аутогенні магнітні мінерали, що з високою ймовірністю сформувалися у ґрунтах під впливом флюїдів зони розсіювання покладів вуглеводнів або за рахунок виливів нафтопродуктів під час їх видобутку та транспортування.

У рамках запропонованої статті розглянемо більш детально наведені вище, у пункті 1 класифікації, магнетити педогенного походження. Вони можуть бути органічного [3] і неорганічного [13] генезису. Магнітні мінерали неорганічного походження накопичуються під впливом метаболічних процесів ферментації, окисно-відновних реакцій, вивітрювання, а органічного походження – формуються всередині клітин магнетотактичних бактерій.

Магнетотактичні бактерії будують внутрішній постійний магнітний диполь, що базується на одиночних частинках магнітного домену магнетиту, інколи грейгіту. Організми мають високий ступінь контролю за розмірами та морфологією частинок. Це може бути важливим для розбирання біогенних та небіогенних мінеральних частинок заліза. Зауважимо, що грейгіт педогенного походження [6] зустрічається набагато рідше за магнетит. Важливою діагностичною ознакою наявності грейгіту є його стабільна природна залишкова намагніченість.

Розглянемо детальніше процес формування магнітних мінералів у ґрунтах органічного походження за рахунок життєдіяльності мікроорганізмів. Магнетит є основним магнітним мінералом, що міститься у структурі магнітосом. Магнітосома – це бактеріальна магнітна наночастинка, мембранна структура магнетотактичної бактерії, що містить однодомений феромагнітний кристал [9], а у клітині найчастіше міститься 15–20 кристалів магнетиту.

Загальний вигляд магнітотактичних бактерій, зафіксованих у природних об'єктах, наведено на рис. 1. Це клітинні форми різної морфологічної природи, що включають великі стрижнеподібні клітинні форми (вібріони, спірили), кокотидні форми. На рис. 2 наведено магнітосоми магнітотактичних бактерій. Частинки магнітосом можуть бути організовані в один ланцюг (а, b, c, e), два (f, i), кілька ланцюгів (g, h) або бути нерегулярної форми (j, k, l).

За свідченнями, які наводяться у роботі [10], педогенні магнітні мінерали органічного походження можуть бути вторинними продуктами. Йдеться про те, що материнським мінералом для утворення вторинного магнетиту у сильно магнітних ґрунтах під впливом дії магнетотактичних бактерій може виступати наномінерал ферігидрит ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{FeOOH} \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$). Зауважимо, що первинний ферігидрит у процесі свого старіння призводить до формування гематиту ($\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$) – найпоширенішого антиферомагнітного мінералу ґрунтів [15].

Магнітосоми чистих стабільних однодомних зерен (SD) виробляються внутрішньоклітинно та ідентифікуються у магнітних екстрактах ґрунтів за допомогою просвічуючого електронного мікроскопа. З цього випливає, що у природних незмінених ґрунтах можуть одночасно бути стабільні однодомні зерна – магнітосоми бактеріального походження, а також суперпарамагнітні зерна (SP) неорганічного походження. Для виявлення доменного стану магнетиків у ґрунтах застосовують показники частотної залежності магнітної сприйнятливості χ_{fd} , безгістерезисна (ідеальна) магнітна сприйнятливості χ_{ARM} , ізотермічна намагніченість насичення IRM, параметри петлі гістерезису, параметр S – відношення магнітом'якої (магнетит) до магнітожорсткої (гематит, гетит) компоненти IRM.

Доказом присутності магнітних частинок бактеріального походження (магнітосом) є наявність структурно впорядкованих магнітних зерен. Велика кількість експериментальних даних вказує на низьку концентрацію у зразках ґрунтів магнетотактичних бактерій, а отже і магнітних мінералів органічного бактеріального походження [10]. Тому, ведучи мову про педогенний (природний) генезис магнітного матеріалу у структурі ґрунтів, слід говорити про домінуючу роль процесів вивітрювання та вторинну роль магнітотактичних бактерій.

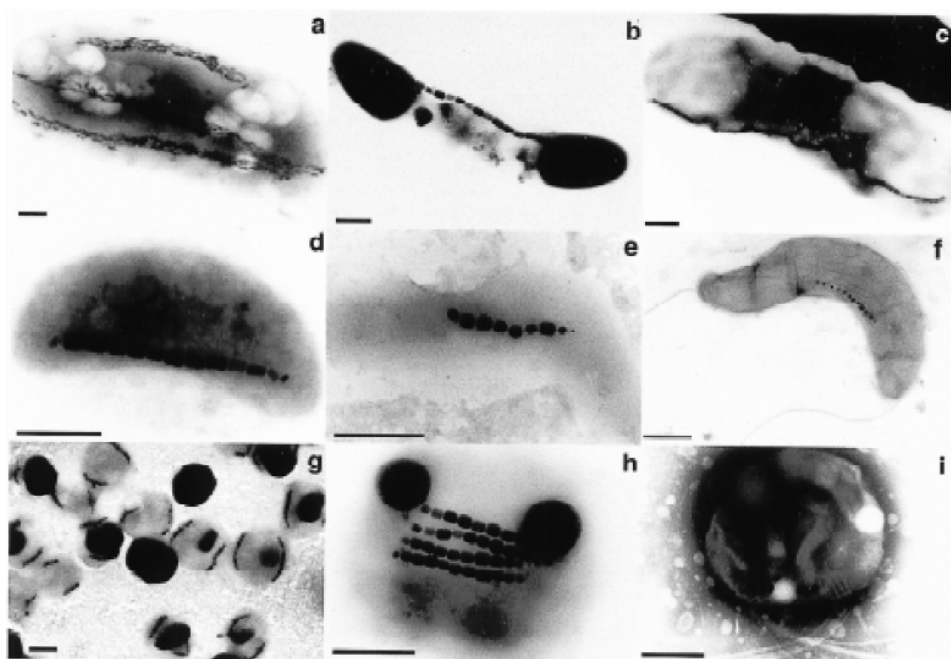


Рис. 1. Електронні мікрознімки магнетотактичних бактерій [17]:

a, b, c – великі стрижнеподібні клітинні форми; d – вібріони; e, f – спірили; g, h, i – кокотидні форми

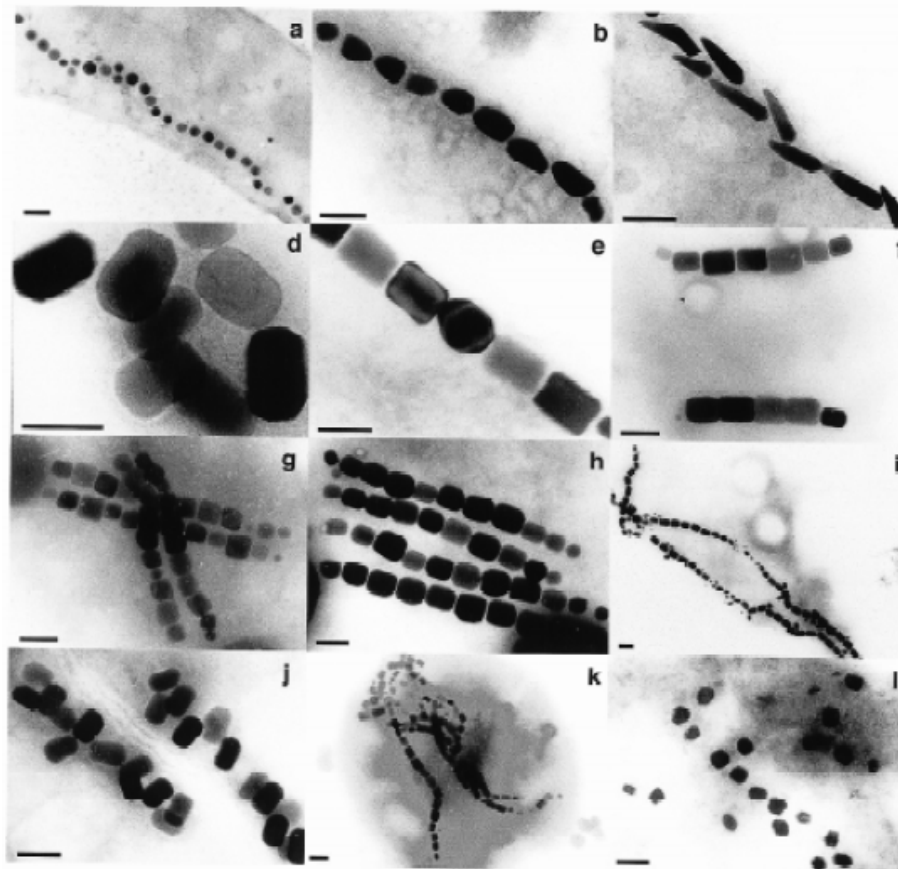


Рис. 2. Електронні мікрознімки магнітосом різних магнітотактичних бактерій [17]:
а – кубооктогедральна форма; б, с – кулеподібні; d, e, f, g, h, i, j, k – подовжені призматичні; l – прямокутні

Зауважимо, що розбравка ультрадисперсних SP зерен та SD магнітосом є доволі складним процесом, що вимагає чіткої інтерпретаційної процедури. Відповідні дослідження мають включати, окрім магнітних досліджень, також електронні мікроскопічні аналізи.

Приклади дослідження ґрунтів із різним походженням магнітного сигналу.

Для розуміння відмінностей у будові генетичних горизонтів ґрунтів та характеру зміни їх магнітних властивостей звернемося до рис. 3. На рис. 3, а наведено графік розподілу з глибиною магнітної сприйнятливості для незабрудненого умовно фоновому чорнозему Харківської області. Значення магнітної сприйнятливості високі: у верхньому гумусовому горизонті А становлять $70-80 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. У даному випадку кристалічні породи не впливають на формування магнітних властивостей. Також відсутній вплив техногенного забруднення. Магнітомінералогічні аналізи показали, що лівова частина магнітних зерен перебуває в однодомному стабільному або псевдооднородному стані, що є свідченням внеску магнітотактичних бактерій у формування дрібнодисперсного магнетиту педогенного походження. Крім того, ґрунтоутворні термофізичні умови є сприятливими для розвитку таких бактерій. Магнетит зафіксовано за переходом Вервея у діапазоні -150°C . За результатами вивчення частотної залежності магнітної сприйнятливості підтверджено вміст суперпарамагнітної фази, що свідчить про деякий внесок неорганічних магнітомінералогічних перетворень у процесі вивітрювання материнської підстильної породи. Проте даний вплив є незначним.

На рис. 3, б наводиться графік розподілу з глибиною магнітної сприйнятливості для незабрудненого умовно фонового гірського ґрунтового покриву Прикарпаття України з візуалізацією впливу літогенної основи. Ґрунтовий покрив гірсько-лісових масивів Прикарпаття в цілому є слабомагнітним, його питома магнітна сприйнятливість

не перевищує $25 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, ґрунтовий покрив малодиференційований за магнітними властивостями. Подібні тенденції фіксуються і для флішових підстильних порід. Магнітна сприйнятливості верхніх гумусних горизонтів (горизонт А за міжнародною класифікацією WRB) лежить у межах $15-25 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, підстильні гірські породи типу флішу: $\chi = 5-15 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, валунний матеріал, що фіксувався практично при переході до річки: $\chi = 1 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. Ґрунтовий покрив кам'янистий, потужність верхнього гумусного горизонту А не перевищує 10 см, із включеннями уламкового матеріалу. Іноді у межах поширення дерев верхній горизонт ґрунтового покриву укритий дерново-коричневою подушкою. Проте найчастіше ґрунти сіруваті, нерозвинені, близькі до материнської флішової породи. Отже, педогенний процес є молодим, органічна речовина майже відсутня, а загальні умови для життєдіяльності магнітотактичних бактерій є малосприятливими. Залізо перебуває часто у двовалентному стані, і його сполуки не беруть участь у формуванні феромагнітного матеріалу. Вміст гумусу низький, високий ступінь оглеєння. Зафіксовані нами магнетики даного ґрунту найчастіше належать до гетитової та гематитової магнітної фази, перебувають у псевдооднородній фазі. Таким чином, роль магнітотактичних бактерій фактично прямує до нуля.

На рис. 3, в наведено розподіл магнітної сприйнятливості у генетичних горизонтах ґрунтового покриву насиченого процесами просочування вуглеводнів поблизу свердловини Надія-1, Передкарпатський прогин України, полігон Старуня. В околі свердловини фактично всі геологічні горизонти та ґрунти є просіяними вуглеводнями, розсолами та газами. Глибина розрізу склала 40 см. У його межах було ідентифіковано горизонти А, В, С₁ та С₂. Потужність горизонту А становить 10 см, $\chi = 42-197 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. Верхній шар ґрунтів під впливом інтенсивного мікропросочування вуглеводнів фактично

трансформувався у кірку. Більш високий магнітний сигнал був зафіксований нами у межах перехідного горизонту В, що залягав на глибині 10–20 см із магнітною сприйнятливістю до $250 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. Підстильні породи горизонту С₁ характеризуються екстремально високими величинами магнітної сприйнятливості до $440 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. У глибшому горизонті С₂ фіксується пониження магнітної сприйнятливості, хоча абсолютні значення залишаються високими, до $250 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. Необхідно ще раз зауважити, що всі описані горизонти включають бітуми, озокерити та інші ефекти міграції вуглеводнів. У даному контексті вести мову про роль магнетотактичних бактерій педогенної природи важко. Проте проявляється переважна роль життєдіяльності мікроорганізмів та їх взаємодії з органічною речовиною вуглеводневого походження. Це веде до формування аутогенних сильно магнітних мінералів. Ми визначили переважання піротинової та магнетитової фази у псевдооднорідному стані.

На рис. 3, г розглядається приклад зміни із глибиною магнітної сприйнятливості для техногенно забрудненого ґрунту міста Дніпра. Як видно з рисунку, зараження ґрунтів спостерігається до глибини 30 см. На глибині 0–30 см магнітна сприйнятливість досягає екстремально високих значень: $\chi = 300\text{--}400 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. На глибині понад 40 см спостерігається вирівнювання кривої, абсолютні значення спадають до величин, що притаманні незабрудненим фоновим ґрунтам, де магнітна сприйнятливість становить $40\text{--}50 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, а з переходом до ґрунтотвірних порід на глибині 100 см спадає до $20\text{--}30 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. Це свідчить про те, що техногенні антропогенні фракції

накопичуються переважно на денній поверхні ґрунтів і проникають у їх структуру не глибше за горизонт В. Проаналізовані матеріали підтверджуються інтерпретацією частотної залежності магнітної сприйнятливості ґрунтів. На глибині 0–30 см $\chi_{\text{нд}} \leq 3\%$, у верхньому шарі ґрунту лише 1,5 %. Із глибиною її значення зростають і досягають 8–10 на глибині 100 см. Це свідчить про превалювання крупнозернистого мультидоменного магнетиту техногенного походження у верхніх шарах. У даному випадку роль магнетотактичних бактерій розглядати недоцільно.

Слід зауважити, що вплив магнетотактичних бактерій часто підвищується при формуванні ґрунтового покриву на лесовій основі. Дана ситуація характерна для території Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) України, яка є одним із основних вуглеводневих басейнів України [11, 12]. Підтвердженням цього є результати дослідження магнетотактичних бактерій у ґрунтовому покриві Китайського лесового плато. Так, у роботі [4] досліджено морфологічні характеристики та мікроструктуру магнітних мінералів лесів, палеоґрунтів та сучасного ґрунтового покриву. Визначено, що маґеміт утворився з магнетиту шляхом його окиснення. Одночасно нанопористий магнетит мікробіологічної природи і магнетит магнетосом магнетотактичних бактерій безпосередньо пов'язані з активністю мікроорганізмів та процесом педогенезису. Нанокристалічні та нанопористі магнетитові зерна інтенсивніше утворюються з маґеміту у напівзасушливих середовищах. У той же час гематит, хоча і є термодинамічно стабільною фазою, проте переважає у більш гідроморфних умовах.

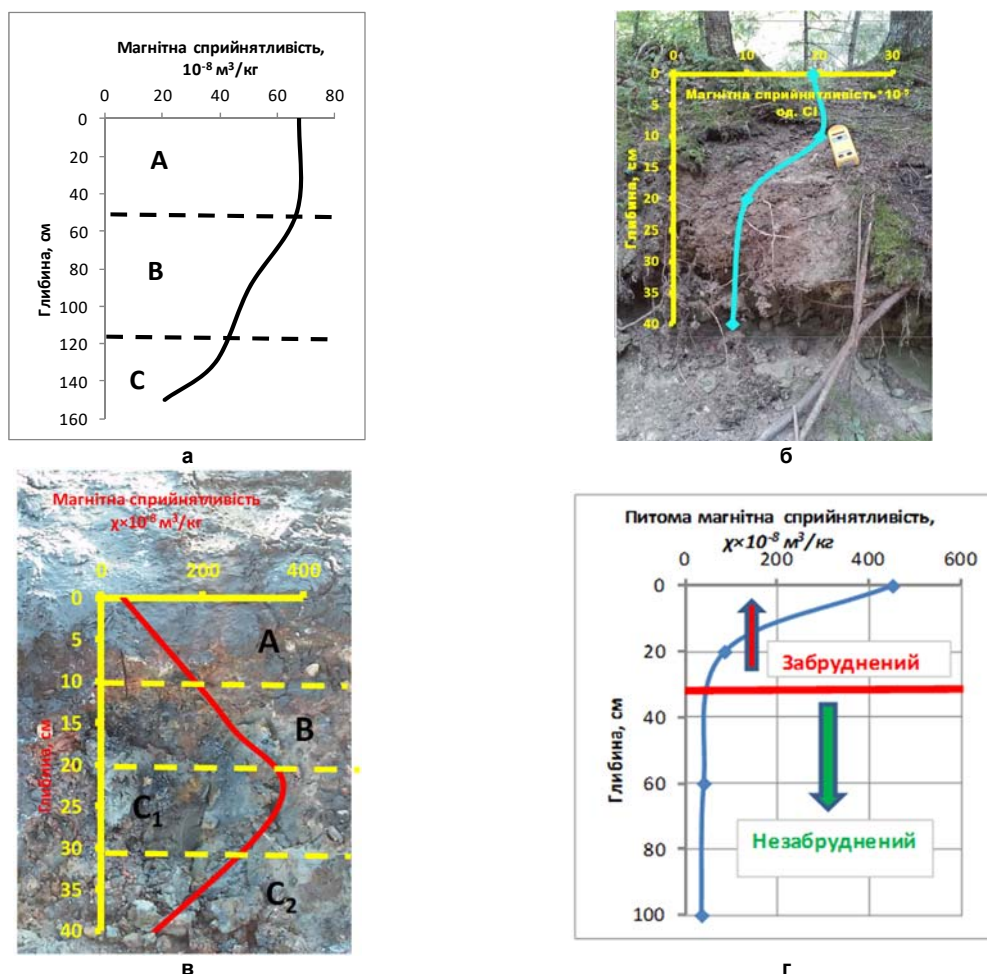


Рис. 3. Розподіл магнітної сприйнятливості у генетичних горизонтах ґрунтів різного походження: а – фоновий ґрунтовий покрив із педогенним походженням магнітного сигналу та внеском магнетотактичних бактерій; б – фоновий ґрунтовий покрив із літогенним та педогенним походженням магнітного сигналу; в – ґрунтовий покрив, що зазнав впливу вуглеводнів; г – техногенно забруднений ґрунтовий покрив урбанізованої території (урбанозем)

Висновки. Таким чином, магнетотактичні бактерії формують магнітні властивості природних ґрунтових покривів поза значущим впливом літогенної основи, відсутності прямого впливу вуглеводнів та техногенного забруднення ґрунтів. Магнетит органічного походження, що розвивається у магнітосомах, може виступати основним феромагнітним мінералом фонових ґрунтів та впевнено ідентифікується комплексом магнітомінералогічних аналізів: термомагнітні криві нагріву та охолодження, параметри петлі гістерезису, криві ізотермічної залишкової намагніченості, частотної залежності магнітної сприйнятливості. Розробка магнітного сигналу органічного походження необхідна при моніторингу забруднення урбанізованих територій, визначенні родючості та ерозійних процесів ґрунтів, дослідженні територій покладів вуглеводнів. Це пояснюється важливістю врахування фонового магнітного сигналу природних ґрунтів та визначення ролі літогенної основи. Магнетотактичні бактерії та їх магнітосоми є однією з основ при розгляді фізико-хімічних принципів застосування магнітного методу з метою вивчення ґрунтового покриву. Для підвищення однозначності інтерпретації магнітних досліджень ґрунтів у контексті дослідження магнетотактичних бактерій рекомендується використовувати електронні мікроскопічні високороздільні знімки та агрохімічні параметри.

Підтвердження. Робота виконана у рамках держбюджетної теми № 18БП049-01 "Сучасні технології моніторингу природних та природно-техногенних процесів для оцінки впливу на об'єкти критичної інфраструктури".

Список використаних джерел:

- Водяницький Ю.Н. Соединения железа и их роль в охране почв / Ю. Н. Водяницкий. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии. – 2010. – 154 с.
- Меньшов О.І. Застосування магнітних методів для контролю деградації продуктивних земель / О. І. Меньшов // Геофіз. журнал. – 2016. – № 4(38). – С. 130–137.
- Blakemore R.P. Magnetotactic bacteria / R.P. Blakemore // *Annual Reviews in Microbiology*. – 1982. – № 36(1). – P. 217–238.
- Characteristics and genesis of maghemite in Chinese loess and paleosols: mechanism for magnetic susceptibility enhancement in paleosols / T. Chen, H. Xu, Q. Xie, J. Chen, J. Ji, H. Lu // *Earth and Planetary Science Letters*. – 2005. – № 240(3–4). – P. 790–802.
- Fassbinder J. W. Occurrence of magnetic bacteria in soil / J. W. Fassbinder, H. Stanjek, H. Vali // *Nature*. – 1990. – № 343(6254). – P. 161–163.
- Frankel R. B. Single magnetic domains in magnetotactic bacteria / R. B. Frankel, J. P. Zhang, D. A. Bazylinski // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. – 1998. – № 103(B12). – P. 30601–30604.
- Heller F. Loess magnetism / F. Heller, M. E. Evans // *Reviews of Geophysics*. – 1995. – № 33(2). – P. 211–240.
- Jordanova D. Thermomagnetic behavior of magnetic susceptibility – heating rate and sample size effects / D. Jordanova, N. Jordanova // *Front. Earth Sci.* – 2016. – № 3. – P. 90.
- Komeili A. Magnetosomes Are Cell Membrane Invaginations Organized by the Actin-Like Protein MamK // *Science*. – 2006. – № 311. – P. 242–245.
- Magnetic, geochemical and DNA properties of highly magnetic soils in England / J. A. Dearing, J. A. Hannam, A. S. Anderson, E. M. H. Wellington // *Geophysical Journal International*. – 2001. – № 144(1). – C. 183–196.
- Magnetic mapping and soil magnetometry of hydrocarbon prospective areas in western Ukraine / O. Menshov, R. Kudavets, S. Vyzhva, I. Chobotok, T. Pastushenko // *Studia Geophysica et Geodaetica*. – 2015. – № 59(4). – P. 614–627.
- Magnetic studies at Starunia paleontological and hydrocarbon bearing site (Carpathians, Ukraine) / O. Menshov, R. Kudavets, S. Vyzhva, V. Maksymchuk, I. Chobotok, T. Pastushenko // *Studia Geophysica et Geodaetica*. – 2016. – № 60(4). – P. 731–746.
- Maher B.A. Characterisation of soils by mineral magnetic measurements / B.A. Maher // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. – 1986. – № 42(1). – P. 76–92.
- Nguyen T. T. M. Potential of Magnetotactic Bacteria for the Fabrication of Iron Nanoparticles / T. T. M. Nguyen, M. D. Baviskar, P. Bernazzani // *TMS 2017 146th Annual Meeting & Exhibition Supplemental Proceedings*. – 2017. – P. 13–21.
- Ordered ferrimagnetic form of ferrihydrite reveals links among structure, composition, and magnetism / F. M. Michel, V. Barrón, J. Torrent, M. P. Morales, C. J. Serna, J. F. Boily, G. E. Brown // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2010. – № 107(7). – P. 2787–2792.
- Presumed magnetic biosignatures observed in magnetite derived from abiotic reductive alteration of nanogothite / J. L. Till, Y. Guyodo, F. Lagroix, G. Morin, N. Menguy, G. Ona-Nguema // *Comptes Rendus Géoscience*. – 2017. – № 349 (2). – P. 63–70.
- Schwertmann U. The effect of pedogenic environments on iron oxide minerals / U. Schwertmann // *Adv. Soil Sci.* – 1985. – № 1. – P. 171–200.
- Schüler D. Formation of magnetosomes in magnetotactic bacteria / D. Schüler // *Journal of molecular microbiology and biotechnology*. – 1999. – № 1(1). – P. 79–86.
- Taylor R.M. Magnetite in soils: I. The synthesis of single-domain and superparamagnetic magnetite / R. M. Taylor, B.A. Maher, P.G. Self // *Clay Miner.* – 1987. – № 22. – P. 411–422.

References:

- Vodyanitskiy, YU.N. (2010). Soyedineniya zheleza i ikh rol' v okhrane pochv. Moskva: GNU Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva Rossel'khozakademii. [in Russian].
- Men'shov, O.I. (2016). Zastosuvannya mahnitnykh metodiv dlya kontrolyu dehradatsiyi produktyvnykh zemel'. *Heofizychnyy zhurnal*, 4(38), 130–137. [in Ukrainian].
- Blakemore, R.P. (1982). Magnetotactic bacteria. *Annual Reviews in Microbiology*, 36(1), 217–238.
- Chen, T., Xu, H., Xie, Q., Chen, J., Ji, J., & Lu, H. (2005). Characteristics and genesis of maghemite in Chinese loess and paleosols: mechanism for magnetic susceptibility enhancement in paleosols. *Earth and Planetary Science Letters*, 240(3–4), 790–802.
- Fassbinder, J. W., Stanjek, H., Vali, H. (1990). Occurrence of magnetic bacteria in soil. *Nature*, 343(6254), 161–163.
- Frankel, R. B., Zhang, J. P., & Bazylinski, D. A. (1998). Single magnetic domains in magnetotactic bacteria. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 103(B12), 30601–30604.
- Heller, F., & Evans, M. E. (1995). Loess magnetism. *Reviews of Geophysics*, 33(2), 211–240.
- Jordanova, D., Jordanova, N. (2016). Thermomagnetic behavior of magnetic susceptibility – heating rate and sample size effects. *Front. Earth Sci.*, 3, 90.
- Komeili, A., Li, Z., Newman, D.K. (2006). Magnetosomes Are Cell Membrane Invaginations Organized by the Actin-Like Protein MamK. *Science*, 311, 242–245.
- Dearing, J.A., Hannam, J.A., Anderson, A.S., Wellington, E.M.H. (2001). Magnetic, geochemical and DNA properties of highly magnetic soils in England. *Geophysical Journal International*, 144(1), 183–196.
- Menshov, O., Kudavets, R., Vyzhva, S., Chobotok, I., Pastushenko, T. (2015). Magnetic mapping and soil magnetometry of hydrocarbon prospective areas in western Ukraine. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 59(4), 614–627.
- Menshov, O., Kudavets, R., Vyzhva, S., Maksymchuk, V., Chobotok, I., Pastushenko, T. (2016). Magnetic studies at Starunia paleontological and hydrocarbon bearing site (Carpathians, Ukraine). *Studia Geophysica et Geodaetica*, 60(4), 731–746.
- Maher, B.A. (1986). Characterisation of soils by mineral magnetic measurements. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 42(1), 76–92.
- Nguyen, T. T. M., Baviskar, M. D., & Bernazzani, P. (2017). Potential of Magnetotactic Bacteria for the Fabrication of Iron Nanoparticles. In *TMS 2017 146th Annual Meeting & Exhibition Supplemental Proceedings* (pp. 13–21). Springer, Cham.
- Michel, F.M., Barrón, V., Torrent, J., Morales, M.P., Serna, C.J., Boily, J.F., Brown, G.E. (2010). Ordered ferrimagnetic form of ferrihydrite reveals links among structure, composition, and magnetism. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(7), 2787–2792.
- Till, J. L., Guyodo, Y., Lagroix, F., Morin, G., Menguy, N., Ona-Nguema, G. (2017). Presumed magnetic biosignatures observed in magnetite derived from abiotic reductive alteration of nanogothite. *Comptes Rendus Géoscience*, 349 (2), 63–70.
- Schwertmann, U. (1985). The effect of pedogenic environments on iron oxide minerals. *Adv. Soil Sci.*, 1, 171–200.
- Schüler, D. (1999). Formation of magnetosomes in magnetotactic bacteria. *Journal of molecular microbiology and biotechnology*, 1(1), 79–86.
- Taylor, R.M., Maher, B.A., Self, P.G. (1987). Magnetite in soils: I. The synthesis of single-domain and superparamagnetic magnetite. *Clay Miner.*, 22, 411–422.

Надійшла до редколегії 28.01.18

O. Menshov, Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher
E-mail: menshov.o@ukr.net
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology
90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

THE ROLE OF MAGNETOTACTIC BACTERIA IN FORMATION OF NATURAL MAGNETISM OF UKRAINE SOILS

The study of the role of magnetotactic bacteria in the formation of soil magnetism is important for the investigation of natural unpolluted soils. We consider the genesis of the magnetic properties of the soil, the development of carriers of magnetism under the soil formation, the use of magnetic methods for determining the soil state, erosion, the effects of fires, degradation, destruction, water regimes, compaction, productivity, fertility, humus content, physicochemical parameters that are used in agronomy and soil science. Magnetotactic bacteria are found in soils rich in iron. Magnetosomes of pure stable single-domain grains (SD) are formed intracellularly and identified in magnetic soil extracts by transmission electron microscopy. Natural soils can contain both stable single-domain grains – magnetosomes of bacterial origin, and superparamagnetic grains (SP) of inorganic origin. Magnetotactic bacteria form the magnetic properties of natural soil in case of non-availability of the lithogenic base influence, hydrocarbons and man-made pollution impact. This article studies the distributions of the magnetic susceptibility in the genetic horizons of soils of Ukraine of different origin. The magnetic mineralogical parameters are analyzed too. The natural soils with the predominance of pedogenic magnetic signal and the organic formation of magnetic minerals under the influence of magnetotactic bacteria of the Kharkov Oblast have been studied. Moreover, the natural soils with both lithogenic and pedogenic signal of the Carpathians were investigated. The soils affected by hydrocarbons of the Precarpathians of Ukraine were considered. Man-made pollution of the urban soils of Dnipro agglomeration was analyzed. To increase the quality of the interpretation of soil magnetism to study magnetotactic bacteria we recommend using the electron microscopic high-precision images (SEM, TEM) and agrochemical parameters.

Keywords: soil, magnetotactic bacteria, magnetic susceptibility, magnetite.

А. Меньшов, д-р геол. наук, ст. науч. співроб.
E-mail: menshov.o@ukr.net
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
УНІ "Інститут геології", ул. Васильківська, 90, Київ, 03022, Україна

РОЛЬ МАГНЕТОТАКТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ПРИРОДНОГО МАГНЕТИЗМА ПОЧВ УКРАИНЫ

Исследование роли магнетотактических бактерий в формировании магнетизма почв является важным в контексте изучения не-загрязненных и неизменных фоновых почвенных покровов. Речь идет о генезисе магнитных свойств почвы, развитии носителей магнетизма в процессе почвообразования, применении магнитных методов для определения состояния почвы, эрозии, воздействия пожаров, деградации, деструкции, водных режимов, уплотнения, продуктивности, плодородия, содержания гумуса, физико-химических параметров, которые используются в агрономии и почвоведении. Магнетотактические бактерии встречаются в почвах богатых железом. Магнитосомы чистых стабильных однодоменных зерен (SD) формируются внутриклеточно и идентифицируются в магнитных экстрактах почв с помощью просвечивающей электронной микроскопии. В естественных природных почвах могут одновременно присутствовать стабильные однодоменные зерна – магнитосомы бактериального происхождения, а также суперпарамагнитные зерна (SP) неорганического происхождения. Магнетотактические бактерии формируют магнитные свойства природных почвенных покровов без влияния литогенной основы, при отсутствии прямого воздействия углеводородов и техногенного загрязнения. Приведены распределения магнитной восприимчивости в генетических горизонтах почв Украины разного происхождения, а также проанализированы магнитоминералогические параметры. Изучены фоновый почвенный покров с педогенным происхождением магнитного сигнала и органическим формированием магнетиков под воздействием магнетотактических бактерий Харьковской области. Фоновый почвенный покров с литогенным и педогенным происхождением магнитного сигнала Прикарпатья. Почвенный покров, который подвергся влиянию углеводородов Предкарпатского прогиба Украины. Техногенно-загрязненный почвенный покров (урбаноземы) урбанизированной территории города Днепр. Для повышения однозначности интерпретации магнитных исследований почв в контексте изучения магнетотактических бактерий рекомендуется использовать электронные микроскопические высокоточные снимки (SEM, TEM) и агрохимические параметры.

Ключевые слова: почва, магнетотактические бактерии, магнитная восприимчивость, магнетит.

UDC 550.832.5+624.131.1

M. Bondarenko, PhD (Geol.), Senior Researcher,
V. Kulyk, PhD (Phys.-Math.), Leading Researcher
E-mail: vkulyk@igph.kiev.ua,
Z. Yevstakhevych, Leading Engineer
Institute of Geophysics National Academy of Sciences of Ukraine
32 Palladin Ave., Kiev, 03680, Ukraine

PETROPHYSICAL PARAMETERS OF NEAR-SURFACE SANDSHALE ROCKS BASED ON RADIOACTIVE LOGGINGS

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.М. Карпенком)

The apparatus-methodical complex of radioactive logging (AMC RL) for determining set of petrophysical parameters of near-surface sandshale rocks is developed. AMC RL includes gamma-ray logging (GL), neutron-neutron logging (NNL), gamma-gamma logging (GGL); radioactive logging apparatus; interpreting-methodical support and software.

In the general case, petrophysical parameters of rocks can be determined by combining the measured parameters of the radioactive logging with the use of a number of a priori data. AMC RL allows to determine: parameters of density, shaliness, porosity, volume moisture content, groundwater level, etc. A number of new techniques for determining these parameters by nuclear geophysical methods are proposed. The features of obtaining parameters in the zone of full water saturation and in the aeration zone are shown. A number of parameters were first determined using geophysical well logging.

A set of two-channel tools 2NNL and GGL+GL as well as a three-component tool 2NNL+GGL+GL, which meet modern requirements, have been developed, produced and tested.

Efficiency of the developed approaches and tools is demonstrated by the example of determination of petrophysical parameters in cased well.

Keywords: near-surface rocks, petrophysical parameters; combination of gamma-ray logging, neutron-neutron logging and gamma-gamma logging; radioactive logging apparatus, shaliness, density, porosity, volume moisture content, water saturation.

Introduction. The construction of important buildings for various purposes, dams, gas and oil pipelines, engineering services and other objects necessitates a detailed study of the features of the geological structure of near-surface rocks. For solving the problems of engineering geology, geophysical investigations of rocks in the section of wells, namely the combination of integral gamma-ray logging (GL), neutron-neutron logging (NNL) and gamma-gamma density logging (GGL), is effective.

The apparatus-methodical complex of radioactive logging (AMC RL), which is developed in Institute of Geophysics NAS of Ukraine (IGPH), includes radioactive logging apparatus and corresponding interpreting-methodical support and software. AMC RL allows determining a wide range of petrophysical parameters of near-surface rocks in both cased and uncased wells. The main petrophysical parameters include the following: rock density, mass and volume shaliness, mass and volume content of clay minerals, porosity, volume moisture content, water saturation, groundwater level.

The determination of petrophysical parameters by the combination of radioactive loggings has its features for aeration zone and zone of full water saturation. The fact that the near-surface rocks of most of the territory of Ukraine are sandshale rocks is taken into account.

Below the main elements of a new methodology for the integrated determination of parameters of near-surface rocks by radioactive logging methods using a number of a priori data, advantages of new AMC RL are shown.

Petrophysical model, conditions of measurements.

The near-surface sandshale rock consists of a solid phase and pores. The pores are filled with water and air in various proportions. The volume moisture of the rock is determined as $W_v = S_w \phi$, where ϕ is the porosity (ratio of pore volume to rock volume), S_w is water saturation, which can vary from 0 (dry rock) to 1 (full water saturation). By the aeration zone we mean part of the section, which is above the groundwater level ($S_w < 1$); below this level the rocks are completely saturated with fresh water ($S_w = 1$, $\phi = W_v$).

The solid phase of sandshale rock consists of quartz and shaly material (total shaliness). Shaly material includes quartz particles and clay minerals (kaolinite, montmorillonite, and hydromicas). Total shaliness and content of clay minerals are important parameters for engineering geology. Since the average value of the clay

minerals density usually differs little from the quartz density, the density of the solid phase of the rock ρ_s is considered to be known (as well as the density of fresh water ρ_w). The relationship between the bulk rock density ρ , the density of the solid phase ρ_s , the water density ρ_w , the porosity ϕ and the volume moisture W_v is as follows: $\rho = \rho_s(1 - \phi) + \rho_w W_v$.

Radioactive logging is performed in a dry cased hole when the tool moves from the bottom of well to the wellhead. Diameter of steel casing equals 2 inch (51 mm), wall thickness equals 5,5 mm; casing is close to the rock. The wells range in depth from several meters to the first tens of meters. Thermobaric conditions of occurrence correspond to normal PT-conditions and, within the depth of the performed well investigations, practically do not affect the determined parameters.

Apparatus. An integral component of the AMC RL is logging apparatus for near-surface investigations, developed in IGPH.

In Ukraine the existing technology of engineering-geophysical investigations, which uses RL, is based on a commercial set of single-spacing tools, namely, the neutron-neutron moisture meter VPGR-1 [1] and gamma-gamma density meter PPGR-1 [13]. Tools and their metrological and methodical support, which were developed as far back as the 80s of the last century, have a number of shortcomings when carrying out borehole measurements and obtaining petrophysical parameters, namely:

- the need to perform triply logging run for the registration of GL, GGL, NNL, which reduces the productivity and efficiency of investigations;
- the impossibility to carry out the operational adjustment and control of detector signals;
- an outdated unit for registration of measurements: the tool readings are noted on paper manually, and then they are typed into the computer;
- the absence of techniques for determining the parameters of the shaliness;
- neglect of the effect of chemically bound water in clay minerals in determining porosity and moisture;
- an uncontrolled effect of anomalous and strong thermal neutron absorbers (Li, B, Cl, Ti, Mn, K, Fe, rare earth elements) on the readings of the NNL detector; the aforementioned elements may be present in the investigated geological section and lead to essential errors in determining moisture and other parameters.

An integral part of the traditional technology is a set of aluminum-plexiglass simulators of density and moisture, which are used to obtain the calibration dependences of GGL and NNL. But these simulators do not always reflect the real properties of the investigated rocks, in particular in the case of natural sandshale rocks.

Thus, the problem of creating a new AMC RL, based on the current level of scientific developments, modern elemental base and appropriate level of recording, storing and transferring information, as well as on more adequate methodological and metrological support, is topical.

The IGPH has developed and produced a *set of two-channel radioactive logging tools* [8, 9], which remove the main shortcomings of the commercial tools. The set consists of a two-channel tool GGL+GL and a two-channel (dual-spacing) tool 2NNL.

Addition of the GL sensor to the GGL tool allows reducing the number of trip, that is, labor productivity increases. Wherein the GL detector performs a dual function: 1) integral registration of natural gamma radiation and 2) takes into account the natural background in the readings of the GGL detector.

The equipping of the NNL tool with the second neutron detector makes it possible to determine the moisture in two ways: single-spacing and compensated (by the ratio of the readings of the two detectors). Compensated neutron logging [14], in particular, allows determining moisture

content in the presence of anomalous neutron absorbers in the rock.

Features of the new dual-spacing tools are as follows.

- The design of the base sondes of VPGR-1 and PPGR-1 in the new tools is left unchanged so that it is possible, at a transitional stage, to use both the traditional approach and the new AMC RL.

- The well-logging cable is single-core, in contrast to the three-core cable in the commercial tools. Such a cable can be up to 70 meters or more. In new tools, the cable is removable, that is, one cable is used for both tools (in VPGR-1 and PPGR-1 the cable is not disconnected from the borehole device).

- The surface control and registration panel is constructed on the base of modern electronic components [9].

- The pulse discriminator is displaced from the downhole device to the surface control panel. It makes possible carrying out adjustment and control the sensor signals with an oscilloscope in the laboratory

- In the surface control panel there is a microprocessor for recording and processing informative pulses.

- The ground console has a flash memory for storing, reproducing and transfer information through the serial port to the computer for further interpretation of measurements.

Fig. 1 gives a photo of a set of two-channel radioactive logging tools, which are produced in IGPH.

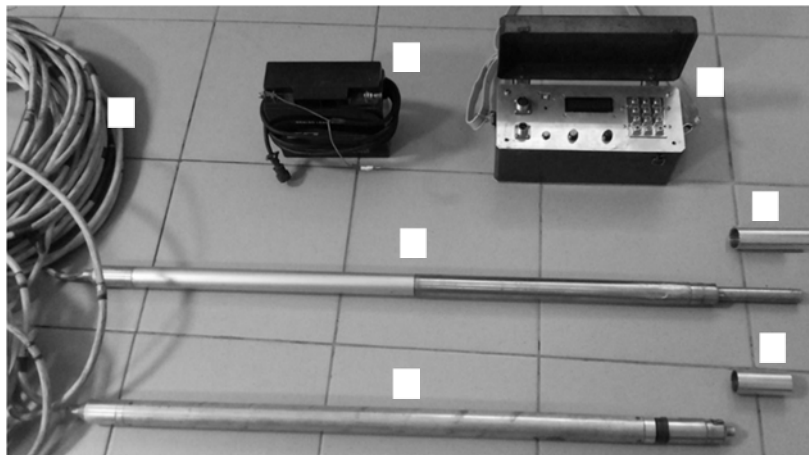


Fig. 1. Set of experimental two-channel radioactive logging tools:

1 – dual-spacing tool 2NNL; 2 – two-channel tool GGL+GL; 3 – detachable neutron source chamber; 4 – detachable gamma-ray source chamber; 5 – surface control and registration panel; 6 – accumulator; 7 – well-logging cable

Three-component radioactive logging tool (TRL), created in IGPH [6], unionizes all the advantages of a set of dual-channel tools. The TRL tool contains two NNL sondes, GGL sonde and a GL sonde. Sondes are located along the tool so that the NNL and GGL sondes have no **interaction** and do not affect the GL; the length of the tool at the given power of the sources of neutrons and gamma ray is chosen to be smallest.

The fundamental advantage of the TRL tool is the obtaining results of all three used radioactive logging methods in a single trip; this increases labor productivity, reduces the work time at the well.

Measured parameters and calibration dependencies

Directly recorded quantities are the following: count rate of gamma quanta of natural radiation along the borehole section (I_γ , counts per second (cps)); count rate of Compton

gamma quanta arising as a result of interaction gamma-ray from the ^{137}Cs source with rock ($I_{\gamma r}$, cps); count rate of slow neutrons produced as a result of slowing and diffusion of neutrons from the $^{238}\text{PuBe}$ source (I_{nn} , cps).

Shaliness-related measured parameters are the total mass shaliness C_{sh} and the mass content of clay minerals C_{cl} . These parameters are determined from the laboratory data. Using the correlation relationship between the shaliness parameters and the corresponding data of gamma-ray logging in the form of relative difference parameter ΔI_γ [5, 12, 16], we obtain the calibration curves of gamma-ray logging [7]:

$$\Delta I_\gamma = f_{sh}(C_{sh}), \quad \Delta I_\gamma = f_{cl}(C_{cl}). \quad (1)$$

Fig. 2 shows the corresponding dependencies and their form in terms of polynomials.

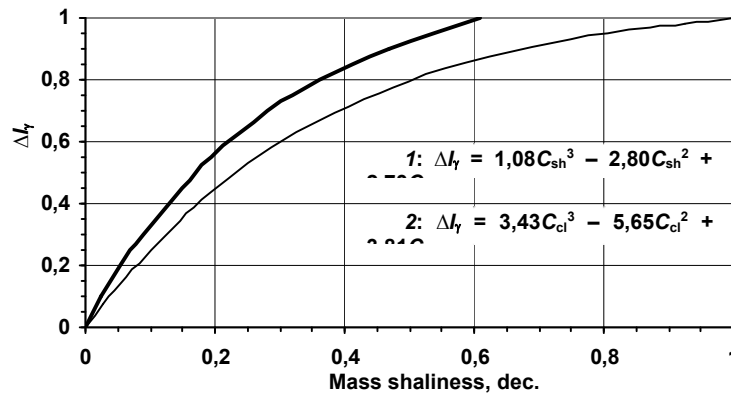


Fig. 2. Calibration dependences of gamma-ray logging for determination of total mass shaliness (1) and mass content of clay minerals (2). dec. – decimal

When investigating the near-surface sandshale rocks, it is advantageous to calibrate the readings of density logging tool and neutron logging tool using clean (non-shale) water-saturated quartz sand model with different porosity. From the data of modeling, we obtain the calibration dependences for both gamma-gamma density logging and neutron-neutron logging:

$$B_{\gamma\gamma} = f_{GGL}(\rho^n), \quad (2)$$

where $B_{\gamma\gamma}$ is readings of GGL in relative ("water") units;

$$B_{nn} = f_{NNL}(\phi^{nn}), \quad (3)$$

where B_{nn} is readings of NNL in relative ("water") units.

The use of relative units makes it possible to obtain correct results when measuring with the one-type of NNL and GGL tools with corresponding sources of different power, and for NNL we also take into account the change in the efficiency of ^3He -detectors of neutron with time.

Fig. 3 gives the calibration dependencies for two-channel RL tools created in the IGPH. In Fig. 3 are shown calibration curves for the GGL (GGL+GK tool) and for near neutron detector of 2NNL tool. Calibration dependencies are obtained on physical models constructed in IGPH.

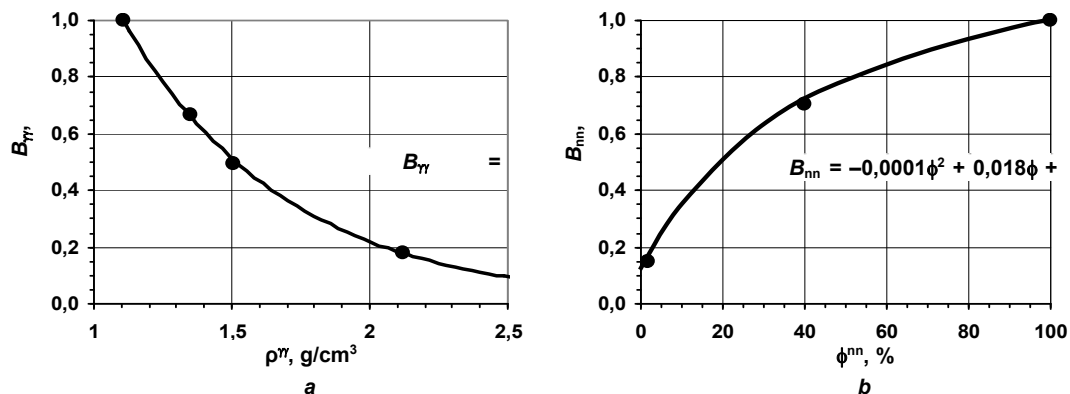


Fig. 3. Calibration dependencies: gamma-gamma logging for GGL+GL tool (a); neutron-neutron logging for near detector of 2NNL tool (b).

• – data of measurements on physical models IGPH; r.u. – relative unit

Shaliness. Shaliness is an important lithological characteristic of rocks. There is a distinction between the total shaliness of the rock and the clayiness. Clayiness is associated only with the content of clay minerals. The filtration properties (permeability) of the rock depend on the total shaliness. The content of clay minerals and their type affect the physical-mechanical properties of rocks. Chemically bound water, which is contained in clay minerals, has a significant effect on NNL readings. It must be taken into account when determining the porosity and moisture content of the rocks under investigation by NNL. The characteristic features of individual clay minerals and their mixtures are the hydrogen index and density.

The *total mass shaliness* and the *mass content of clay minerals* are determined by interpretation dependencies, which are the inverse functions of the calibration dependencies (1). For the calibration curves of the GL,

which are shown in Fig. 2, the corresponding interpretation relationships are the following:

$$C_{sh} = 2,60\Delta I_{\gamma}^4 - 3,55\Delta I_{\gamma}^3 + 1,78\Delta I_{\gamma}^2 + 0,15\Delta I_{\gamma}, \quad (4)$$

$$C_{cl} = 0,74\Delta I_{\gamma}^4 - 0,84\Delta I_{\gamma}^3 + 0,51\Delta I_{\gamma}^2 + 0,20\Delta I_{\gamma}. \quad (5)$$

Mass parameters C_{sh} and C_{cl} practically do not depend on the zone in which they are determined – full water saturation zone or aeration zone.

Analysis and interpretation of well logging data uses *total volume shaliness* and *volume content of clay minerals* [2]:

$$K_{sh} = C_{sh}(1 - \phi), \quad K_{cl} = C_{cl}(1 - \phi), \quad (6)$$

where ϕ is total porosity.

The content of chemically bound water, $C_{c.b.w.}$, in clay minerals is determined as

$$C_{c.b.w.} = \omega_{cl} K_{cl}, \quad (7)$$

where ω_{cl} is hydrogen index of clay minerals [3, 5, 18].

When there is full water saturation, the parameter $C_{c.b.w.}$ is the difference between the "neutron" porosity (hydrogen content) by the>NNL and the porosity by the GGL:

$$C_{c.b.w.} = \phi^{nn} - \phi^{\gamma\gamma}, \quad (8)$$

where ϕ^{nn} is "neutron" porosity by the>NNL; $\phi^{\gamma\gamma}$ is total porosity by the GGL.

Fig. 4 shows the interdependence of the parameters $C_{c.b.w.}$ and ΔI_γ , obtained on the basis of borehole measurements in the near-surface sandshale rocks. Rather close correlation between the content of clay minerals (through the content of chemically bound water) and the relative difference parameter of the GL is seen.

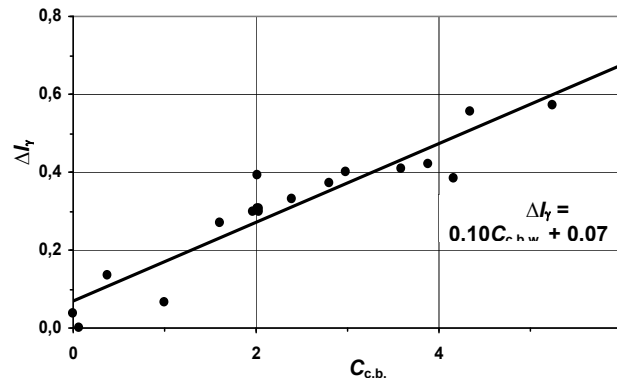


Fig. 4. Relationship between the content of chemically bound water in clay minerals and relative difference parameter

Hydrogen index of clay minerals, in turn, can be obtained from formulas (7) and (8), knowing the parameters ϕ^{nn} , $\phi^{\gamma\gamma}$ and K_{cl} :

$$\omega_{cl} = (\phi^{nn} - \phi^{\gamma\gamma}) / K_{cl}. \quad (9)$$

The density of clay minerals in the zone of full water saturation of terrigenous (sandshale) rock can be estimated by the combination of radioactive loggings [10]:

$$\rho_{cl} = \frac{1}{K_{cl}} (\rho^{\gamma\gamma} - \rho_{qu} (1 - \phi - K_{cl}) - \rho_w \phi), \quad (10)$$

where $\rho^{\gamma\gamma}$ is total rock density by GGL; ρ_{qu} is quartz density, accepted as 2,65 g/cm³; ρ_w is formation water density, equal 1,00 g/cm³.

It is important to obtain information about the type of clay minerals that are contained in sandshale rock, since these

minerals can affect the rock properties as the basis of building structures. For example, montmorillonite is characterized by strong swelling and plasticity, while hydromicas weakly absorb water [15]. For the identification of clay minerals laboratory methods are used. This involves the rock sampling and carrying out of labor-intensive and costly studies [4].

The density ρ_{cl} (10) and the hydrogen index ω_{cl} (9) of clay minerals are related to their type. Therefore in favorable cases it is possible to estimate the type of clay mineral in layer or its predominant content in the mixture by the comparison of the layer parameters ρ_{cl} and ω_{cl} , obtained from the results of RL along the borehole section. Fig. 5 gives crossplot $\rho_{cl} \leftrightarrow \omega_{cl}$, which is constructed on the materials of borehole measurements in sandshale rocks, and demonstrates the results of this approach.

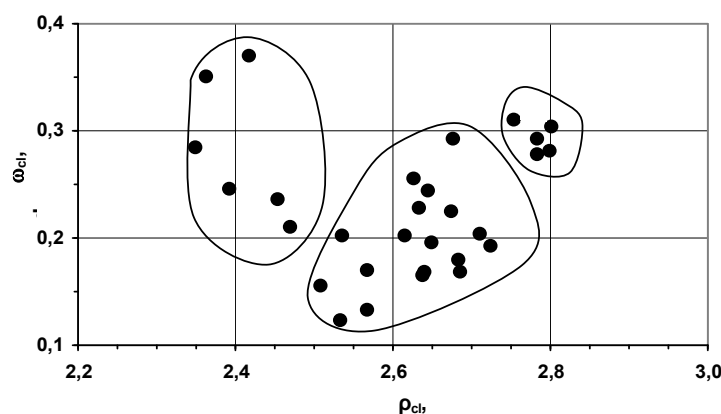


Fig. 5. Crossplot of density and the hydrogen index of clay minerals for estimation of their type: 1 – montmorillonites, 2 – mixture of minerals, 3 – chlorite

Density. The result of the gamma-gamma density logging, $\rho^{\gamma\gamma}$, is determined by the electronic density of the rock, which, in turn, is closely related to the bulk density ρ . For sandshale rocks equality $\rho^{\gamma\gamma} = \rho$ is correct with a

sufficiently high accuracy for practice (with an error not more than 0,01 g/cm³) [5].

The rock density by the GGL is determined from the interpretation dependence, which is the inverse function of

the calibration curve (2). For the GGI+GL tool, the corresponding interpretation dependence is expressed as

$$\rho^{\gamma\gamma} = -0,59 \ln(B_{\gamma\gamma}) + 1,11. \quad (11)$$

The relation between density $\rho^{\gamma\gamma}$, solid phase density ρ_s , water density ρ_w and **water-saturated** porosity ϕ is as follows:

$$\rho^{\gamma\gamma} = \rho_s(1 - \phi) + \rho_w \phi. \quad (12)$$

Porosity. Porosity by GGL (density porosity) in full water saturation zone is expressed in terms of density $\rho^{\gamma\gamma}$ from (12) as

$$\phi^{\gamma\gamma} = \frac{\rho_s - \rho^{\gamma\gamma}}{\rho_s - \rho_w}. \quad (13)$$

Porosity by GGL in aeration zone is formally expressed by the same formula. But it is overstated through the decrease in density $\rho^{\gamma\gamma}$ due to the presence of air in the pores, that is, the porosity by GGL in the aeration zone is apparent.

Porosity by NNL (neutron porosity) is determined from the interpretation dependence, which is the inverse function of the calibration curve (3). For a near-spacing detector of a dual-spacing tool 2NNK, the corresponding interpretation dependence for $\phi < 50\%$ is expressed as

$$\phi^{nn} = 73,05 B_{nn}^2 + 6,00 B_{nn} - 1,00. \quad (14)$$

Porosity by NNL+GL in full water saturation zone taking into account the content of clay minerals by GL is determined as

$$\phi^{nn+\gamma} = \phi^{nn} - \omega_{cl} K_{cl}. \quad (15)$$

Taking into account relation (6), the porosity by NNL+GL can be obtained in the following form:

$$\phi^{nn+\gamma} = \frac{\phi^{nn} - \omega_{cl} C_{cl}^{\gamma}}{1 - \omega_{cl} C_{cl}^{\gamma}}, \quad (16)$$

where $\phi^{nn+\gamma}$ is porosity by combination of neutron-neutron and gamma-ray loggings; ϕ^{nn} is porosity by neutron-neutron logging; ω_{cl} is hydrogen index of clay minerals; C_{cl}^{γ} is mass content of clay minerals by gamma-ray logging.

Porosity by combination of neutron-neutron and gamma-ray loggings in aeration zone is apparent; its value is understated because of the reduced value of ϕ^{nn} , obtained on the basis of the interpretation dependence of the neutron-neutron logging.

In general, the rock porosity by combination of radioactive loggings, $\phi^{\gamma\gamma+nn+\gamma}$, can be represented as

$$\phi^{\gamma\gamma+nn+\gamma} = \alpha_1 \phi^{\gamma\gamma} + \alpha_2 \phi^{nn+\gamma}, \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1 \quad (17)$$

In the full water saturation zone the weight factors are equal $\alpha_1 = \alpha_2 = 1/2$, that is, in this case the porosity by combination of radioactive loggings is expediently taken as the arithmetic mean of porosities $\phi^{\gamma\gamma}$ and $\phi^{nn+\gamma}$ [19].

In the aeration zone porosities $\phi^{\gamma\gamma}$ and $\phi^{nn+\gamma}$ are apparent. Therefore, when determining the true porosity in this zone, formula (17) has the meaning of the weighted arithmetic mean of both apparent porosities with weight factors $\alpha_1 \approx 0,65$ and $\alpha_2 \approx 0,35$. The numerical estimates of weight factors are obtained empirically and confirmed by theoretical calculations [11, 17, 20].

Volume moisture content. It is determined as the ratio of the volume of water in the pores of the rock to the volume of the rock.

In the zone of full water saturation the volume moisture content coincide with porosity, that is, $W_V = \phi$.

In the aeration zone the volume moisture content can be determined in terms of apparent porosities by the GGL and by the NNL+GL as their weighted arithmetic mean [11]

$$W_V = \beta_1 \phi^{\gamma\gamma} + \beta_2 \phi^{nn+\gamma}, \quad \beta_1 + \beta_2 = 1, \quad (18)$$

where the weight factors β are estimated empirically: $\beta_1 \approx 0,10$ i $\beta_2 \approx 0,90$.

Water saturation. It is determined as the ratio of the volume moisture content to the porosity: $S_w = W_V / \phi$.

In the full water saturation zone, where the moisture content and porosity have the same value, $S_w = 1$.

In the aeration zone, the water-saturation is equal to [11]:

$$S_w = \frac{\beta_1 \phi^{\gamma\gamma} + \beta_2 \phi^{nn+\gamma}}{\alpha_1 \phi^{\gamma\gamma} + \alpha_2 \phi^{nn+\gamma}}. \quad (19)$$

Groundwater level. Full water saturation zone and aeration zone are separated by groundwater level. Difference between density porosity and porosity by combination of neutron-neutron and gamma-ray loggings can serve as identification parameter of aeration zone:

$$\Delta\phi = \phi^{\gamma\gamma} - \phi^{nn+\gamma}. \quad (20)$$

In the full water saturation zone $\Delta\phi \approx 0$, in aeration zone $\Delta\phi > 0$; the transition point between these values in depth presents the groundwater level. Above this level, that is, in the aeration zone, the parameter $\Delta\phi$ increases with both increasing true porosity and decreasing water saturation of the rock [11, 17, 20].

Example of determination of petrophysical parameters.

An example of the application of the developed AMC RL is shown in Fig. 6. The investigated geological section is represented by sandshale rocks, includes an aeration zone and a of full water saturation zone.

Fig. 6 shows mass (1) and volume (3) content of clay minerals; total mass (2) and total volume (4) shaliness; rock density (5); porosity by combination of neutron-neutron and gamma-ray loggings (6); density porosity (7); true porosity in aeration zone and full water saturation zone by combination NNL+GL+GGL (8); volume moisture content (9); water saturation (10).

The borehole section is dissected on lithology; the groundwater level was identified at a depth of $\approx 6,5$ m.

The Fig. 6 also shows the experimental points, which are obtained from the data of laboratory investigations of rock samples taken along the borehole section. It can be seen that the logging results are in agreement with the laboratory determinations of the parameters.

Conclusion. The apparatus-methodical complex of radioactive logging for determining the set of petrophysical parameters of near-surface sandshale rocks has been developed.

In the general case, petrophysical parameters (total shaliness, content of clay minerals, density, porosity, volume moisture content, water saturation, groundwater level) can be determined by combining the methods of radioactive logging (gamma-ray logging, neutron-neutron logging, gamma-gamma density logging). The features of obtaining petrophysical parameters in the full water saturation zone and in the aeration zone are shown.

Efficiency of the developed approaches is demonstrated by a concrete example.

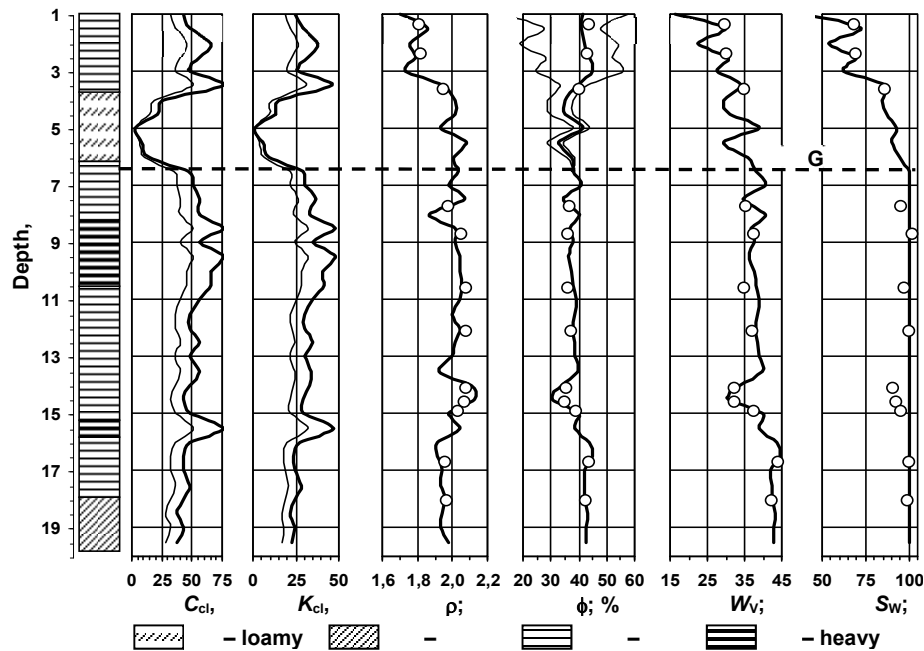


Fig. 6. Example of estimation of lithology and determination of petrophysical parameters with the help of a new apparatus-methodical complex of radioactive logging GWL – groundwater level, O – experimental laboratory data

Список використаних джерел:

1. Влагомер поверхностно-глубинный радиоизотопный ВПГР-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Изд. "Полтава", 1982. – 43 с.
2. Добрынин В.М. Петрофизика (физика горных пород) / В. М. Добрынин, Б. Ю. Вендельштейн, Д. А. Кожевников – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ФГУП Изд. "Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. – 368 с.
3. Интерпретация результатов геофизических исследований нефтяных и газовых скважин. Справочник / под ред. В. М. Добрынина. – М.: Недра, 1988. – 476 с.
4. Логвиненко Н.В. Методы определения осадочных пород / Н. В. Логвиненко, Э. И. Сергеева. – Л.: Недра, 1986. – 240 с.
5. Определение емкостных свойств и литологии пород в разрезах нефтегазовых скважин по данным радиоактивного и акустического каротажа / И. В. Головатская, Ю. А. Гулин, Ф. Х. Еникеева и др. – Калинин, 1984. – 112 с.
6. Патент на винахід № 102619 Україна. Багатозондовий прилад радіоізотопного каротажу для дослідження природних і техногенних гірських порід / Кулик В.В., Бондаренко М.С., Євстахевич З.М., Кетов А.Ю.; заявник і патентовласник ІГФ НАНУ. – № а201115131; заявл. 21.12.11.; опубл. 25.07.13, Бюл. № 14.
7. Патент на винахід № 109230 Україна. Спосіб визначення параметрів глинистості гірських порід комплексом радіоактивного каротажа / Кулик В.В., Бондаренко М.С., Дейнеко С.І.; заявник і патентовласник ІГФ НАНУ. – № а201406349; заявл. 10.06.14.; опубл. 27.07.15, Бюл. № 14.
8. Патент на корисну модель № 114892 Україна. Апаратура радіоактивного каротажа для дослідження приповерхневих гірських порід / Кулик В.В., Євстахевич З.М., Бондаренко М.С., Дмитренко О.В.; заявник і патентовласник ІГФ НАНУ. – № u2016 09954; заявл. 29.09.16.; опубл. 27.03.17, Бюл. № 6.
9. Патент на КМ № 68819. Прилад радіоізотопного каротажа для приповерхневих досліджень / Євстахевич З.М., Кулик В.В., Кетов А.Ю., Роганін В.В.; заявник і патентовласник ІГФ НАНУ. – № u2011 11914; заявл. 10.10.11; опубл. 10.04.12, Бюл. № 7.
10. Патент на КМ № 95931 Україна. Спосіб визначення параметрів густини піщано-глинистих порід комплексом радіоактивного каротажа / Бондаренко М.С., Кулик В.В.; заявник і патентовласник ІГФ НАНУ. – № u201408461; заявл. 25.07.14.; опубл. 12.01.15, Бюл. № 1.
11. Патент на КМ № 114871 Україна. Спосіб визначення параметрів приповерхневих гірських порід в зонах аерації і повного водонасичення комплексом радіоактивного каротажа / Кулик В.В., Бондаренко М.С., Докука О.М.; заявник і патентовласник ІГФ НАНУ. – № u201609703; заявл. 20.09.16.; опубл. 27.03.17, Бюл. № 6.
12. Перспективи ядерно-фізичних методів під час виділення газонасичених порід-колекторів складнопобудованих неогенових відкладів / Д. Д. Федоришин, О. М. Трубенко, С. Д. Федоришин та ін. // Геодинаміка. – 2016. – Т. 21, № 2. – С. 134–143.
13. Плотномер поверхностно-глубинный радиоизотопный ППГР-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Изд. "Полтава", 1986. – 60 с.
14. Скважинная ядерная геофизика. Справочник геофизика / под ред. О.Л. Кузнецова и А.Л. Поляченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 318 с.
15. Alexander T. Shale Gas Revolution / T. Alexander, J. Baihy, C. Boyer // Oilfield Review. – 2011. – Vol. 23, № 3. – P. 40–55.
16. Bhuyan K. Clay estimation from GR and neutron-density porosity logs / K. Bhuyan, Q.R. Passey // Transactions of SPWLA 35th Annual Logging Symposium, (19–22 June 1994), Tulsa, USA.
17. Bondarenko M. Determination of basic gas reservoir parameters from radioactive logging taking into account PT-conditions / M. Bondarenko, V. Kulyk // NAFTA-GAZ. – 2017. – № 3. – P. 11–17. DOI: 10.18668/NG.2017.03.
18. Glover P. Petrophysics MSc Course Notes. [Електронний ресурс] / Leeds University, UK. Режим доступу: www.homepages.see.leeds.ac.uk/~earpwjg/PG_EN/CD%20Contents/GGL-66565%20Petrophysics%20English/ – Назва з екрана.
19. Hunt E. Fundamentals of log analysis. Part 8: Determination porosity from density, neutron and acoustic logs / E. Hunt, D. Pursell // World oil – July, 1996. – P. 173–176.
20. Kulyk V.V. Identification of gas reservoirs and determination of their parameters by combination of radioactive logging methods / V.V. Kulyk, M.S. Bondarenko // Геофиз. журнал – 2016. – Т. 38, № 2. – С. 106 – 119.

References:

1. Surface-depth radioisotope moisture meter VPGR-1. Technical description and operation instruction (1982). Publishing house "Poltava". [in Russian].
2. Dobrynin, V.M., Vendelshtein, B.Yu., Kozhevnikov D.A. (2004). Petrophysics (rock physics) (2nd ed.). Moscow: Nedra. [in Russian].
3. Dobrynin, V.M. (Ed.). (1988). Interpretation of results of oil and gas well logging. Handbook. Moscow: Nedra. [in Russian].
4. Logvinenko, N.V., Sergeeva, E.I. (1986). Methods for the determination of sedimentary rocks. Leningrad: Nedra. [in Russian].
5. Golovatskaia, I.V., Gulina, Yu.A., Enikeeva, F.Kh., Velizhanin, V.A., Zhuravlev, B.K., Kozlov, V.F., Ruchkin, A.V., Rezvanov, R.A. (1984). The determination of capacitive properties and lithology of rocks in section of oil and gas wells by data of radioactive and acoustic loggings. Kalinin: VNIGIK [in Russian].
6. Kulyk, V.V., Bondarenko, M.S., Yevstakhevych, Z.M., Ketov A.Yu. (2013). UA Patent for invention No 102619. Multi-spacing radioisotope logging tool for investigation of natural and technogenic rocks. Kyiv: Ukrpatent. [in Ukrainian].
7. Kulyk, V.V., Bondarenko, M.S., Deineko, S.I. (2015). UA Patent for an invention No 109230. A method for determining the parameters of shaliness of rock by combination of radioactive loggings. Kyiv: Ukrpatent. [in Ukrainian].
8. Kulyk, V.V., Yevstakhevych, Z.M., Bondarenko, M.S., Dmytrenko O.V. (2017). UA Patent for useful model No 114892. Radioactive logging apparatus for the investigation of near-surface rocks. Kyiv: Ukrpatent. [in Ukrainian].
9. Yevstakhevych, Z.M., Kulyk, V.V., Ketov, A.Yu., Roganin, V.V. (2012). UA Patent for useful model No 68819. Radioisotope logging tool for near-surface investigation. Kyiv: Ukrpatent. [in Ukrainian].

10. Bondarenko, M.S., Kulyk, V.V. (2015). UA Patent for useful model No 95931. Method for determining the parameters of density of sandstone rocks by combination of radioactive loggings. Kyiv: Ukrpatent. [in Ukrainian].
11. Kulyk, V.V., Bondarenko, M.S., Dokuka, O.M. (2017). UA Patent for useful model No 114871. Method of determining the parameters of near-surface rocks in aeration zone and full water saturation zone by combination of radioactive loggings. Kyiv: Ukrpatent. [in Ukrainian].
12. Fedoryshyn, D.D., Trubenko, O.M., Fedoryshyn, S.D., Ftemov, Ya.M., Koval, Ya.M. (2016). Prospects of nuclear-physical methods when identification of gas-saturated reservoirs of complex structure Neogene deposits. *Geodynamika*, 21(2), 134–143. [in Ukrainian].
13. Surface-depth radioisotope density meter PPGR-1. Technical description and operation instruction (1982). Publishing house "Poltava". [in Russian].
14. Kuznetsov, O.L., Poliachenko, A.L. (Eds.). (1990). Well logging nuclear geophysics. Geophysicist's handbook. Moscow: Nedra. [in Russian].
15. Alexander, T., Baihy, J., Boyer, C. (2011). Shale Gas Revolution. *Oilfield Review*, 23(3), 40–55.

16. Bhuyan, K., Passey Q.R. (1994). Clay estimation from GR and neutron-density porosity logs. *Transactions of SPWLA 35th Annual Logging Symposium*. USA, Tulsa.
17. Bondarenko, M., Kulyk, V. (2017). Determination of basic gas reservoir parameters from radioactive logging taking into account PT-conditions. *NAFTA-GAZ*, 3, 11–17. DOI: 10.18668/NG.2017.03.
18. Glover, P. Petrophysics MSc Course Notes. Leeds University, UK. URL: www.homepages.see.leeds.ac.uk/~earpwjg/PG_EN/CD%20Contents/GGL-66565%20Petrophysics%20English/.
19. Hunt, E., Pursell, D. (1996). Fundamentals of log analysis. Part 8: Determination porosity from density, neutron and acoustic logs. *World oil*, 173–176.
20. Kulyk, V.V., Bondarenko, M.S. (2016). Identification of gas reservoirs and determination of their parameters by combination of radioactive logging methods. *Geophysical journal*, 38(2), 106–119.

Надійшла до редколегії 09.11.17

М. Бондаренко, канд. геол. наук, ст. наук. співроб.,
В. Кулик, канд. фіз.-мат. наук, пров. наук. співроб.
E-mail: vkulyk@igph.kiev.ua,
З. Євстахевич, пров. інж.
Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України
пр. Палладіна, 32, Київ, 03680, Україна

ПЕТРОФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ ПРИПОВЕРХНЕВИХ ПІЩАНО-ГЛИНИСТИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД ЗА КОМПЛЕКСОМ РАДІОАКТИВНОГО КАРОТАЖУ

Розроблено апаратурно-методичний комплекс радіоактивного каротажу (АМК РК) для визначення сукупності петрофізичних параметрів приповерхневих піщано-глинистих порід. АМК РК включає: гамма-каротаж (ГК), нейтрон-нейтронний каротаж (ННК) і гамма-гамма каротаж (ГГК); апаратуру РК; інтерпретаційно-методичне і програмне забезпечення.

У загальному випадку петрофізичні параметри гірських порід можна визначити за допомогою комбінування вимірюваних параметрів РК з використанням ряду апріорних даних. АМК РК дозволяє визначати: параметри густини, параметри глинистості, пористість, об'ємний вологовміст, рівень ґрунтових вод та ін. Запропоновано ряд нових способів визначення цих параметрів ядерно-геофізичними методами і показано особливості їх отримання в зоні повного водонасичення та в зоні аерації. Ряд параметрів вперше визначено за допомогою геофізичних свердловинних досліджень.

Розроблено, виготовлено і випробувано комплект двоканальних приладів 2ННК і ГГК+ГК та трикомпонентний прилад 2ННК+ГГК+ГК, які відповідають сучасним вимогам.

Ефективність розроблених підходів і апаратури продемонстрована на прикладі визначення петрофізичних параметрів в обсадженої свердловині.

Ключові слова: приповерхневі гірські породи, петрофізичні параметри, комплекс гамма-, нейтрон-нейтронного і гамма-гамма каротажу; апаратура радіоактивного каротажу, глинистість, густина, пористість, об'ємний вологовміст, коефіцієнт водонасиченості.

М. Бондаренко, канд. геол. наук, ст. науч. сотр.,
В. Кулик, канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотр.
E-mail: vkulyk@igph.kiev.ua,
З. Евстахевич, вед. инж.
Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины
пр. Палладина, 32, Киев, 03680, Украина

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ПО КОМПЛЕКСУ РАДИАКТИВНОГО КАРОТАЖА

Разработан апаратурно-методический комплекс радиоактивного каротажа (АМК РК) для определения совокупности петрофизических параметров приповерхностных песчано-глинистых пород. АМК РК включает: гамма-каротаж (ГК), нейтрон-нейтронный каротаж (ННК) и гамма-гамма каротаж (ГГК); аппаратуру РК; интерпретационно-методическое и программное обеспечение.

В общем случае петрофизические параметры горных пород можно определить с помощью комбинирования измеряемых параметров РК с использованием ряда априорных данных. АМК РК позволяет определять: параметры плотности, параметры глинистости, пористость, объемное влагосодержание, уровень грунтовых вод и др. Предложен ряд новых способов определения этих параметров ядерно-геофизическими методами и показаны особенности их получения в зоне полного водонасыщения и в зоне аэрации. Ряд параметров впервые определен при помощи геофизических скважинных исследований.

Разработаны, изготовлены и испытаны комплект двухканальных приборов 2ННК и ГГК+ГК и трехкомпонентный прибор 2ННК+ГГК+ГК, которые соответствуют современным требованиям.

Эффективность разработанных подходов и аппаратуры продемонстрирована на примере определения петрофизических параметров в обсаженной скважине.

Ключевые слова: приповерхностные горные породы, петрофизические параметры, комплекс гамма-, нейтрон-нейтронного и гамма-гамма каротажа; аппаратура радиоактивного каротажа, глинистость, плотность, пористость, объемное влагосодержание, коэффициент водонасыщенности.

ГЕОЛОГИЯ РОДОВИЩ КОРИСНЫХ КОПАЛИН

УДК 551.7:553.041(477.7)

В. Михайлов, д-р геол. наук, проф., директор
E-mail: vladvam@gmail.comКиевский национальный университет имени Тараса Шевченко
УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

НЕФТЕГАЗОГЕНЕРАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАЙКОПСКОЙ СЕРИИ

(Рекомендовано членом редакционной коллегии д-ром геол. наук, проф. О.М. Карпенком)

Исследования майкопской серии южного обрамления Восточно-Европейской платформы выявили ее резкую неоднородность относительно концентрации ОБ и других газовых компонентов. Установлено, что олигоцен-ранний миоцен – глобальная эпоха углеродного накопления. Формирование высокоуглеродистых толщ этого уровня связано с аноксидными условиями сероводородного заражения водных толщ. Как правило, для майкопских отложений характерна высокая степень битумизации. Считается, что нижнемайкопские (олигоценовые) отложения в Западно-Черноморском бассейне находятся на градации МК₄-МК₁, в Туапсинском, Сорокинском и Гурийском прогибах – МК₃ (главная зона нефтеобразования – ГЗН), верхнемайкопские (нижний миоцен) в восточной части Черного моря – на градации МК₁, а в прогибах Туапсинском, Сорокина, на валу Шатского не достигли ГЗН. На суше повышенный нефтематеринский потенциал имеют отложения нижнего майкопа (хадумская свита Северного Предкавказья, породы Керченско-Таманского и Западно-Кубанского прогибов), а на Керченском полуострове и в Сочинско-Адлерской депрессии отложения майкопа расположены на градации катагенеза ПК – начало МК₁, то есть на стадии дозревания, когда массовая генерация жидких углеводородов (УВ) еще не начиналась.

В Черноморско-Крымском регионе майкопская серия представлена мощной толщей глин и аргиллитов с прослоями алевролитов и песчаников, обогащенных органическим веществом (от 0,69 до 10,23%, $C_{орг.}$ (2,20–16,70%). К ней приурочены многочисленные месторождения углеводородов. Однако степень термического преобразования пород крайне низка: степень отражательной способности витринита практически повсеместно не превышает 0,36–0,60 (протокатагенез), только в редких случаях достигая 0,84–1,64. Таким образом, ОБ майкопской серии, как правило, является незрелым, имеет относительно небольшие температуры пиролиза (418–423°C), что свидетельствует о неглубоком погружении вмещающих пород (до 1,5–2,0 км), тогда как ГЗН размещается на глубинах 3–6 км.

Таким образом, породы майкопской серии в интервале глубин до 2–3 тыс. м, как правило, являются термально незрелыми и не могут рассматриваться как перспективный объект для поисков сланцевой нефти. В то же время на глубинах более 2–3 тыс. м степень термальной зрелости пород растет и при обогащенности органическим веществом они могут рассматриваться как перспективные объекты для поисков сланцевой нефти.

Ключевые слова: майкопская серия, нефтегазогенерационный потенциал, геолого-геохимическая характеристика.

Постановка проблемы. Черносланцевые отложения олигоцен-раннемиоценового возраста (майкопская серия) широко распространены в Черноморско-Каспийском регионе. Их накопление происходило в морских прогибах в восстановительных условиях. Их образование было результатом ширококомасштабных региональных бескислородных событий в Нео- и Паратетисе (рис. 1). Это событие связано с интенсивной поставкой органического вещества и возникновением за счет этого

кислородного минимума в толще вод. В Черноморско-Каспийской части Паратетиса это привело к накоплению мощной майкопской серии, которая рассматривается как основная нефтегазоматеринская толща кайнозойского разреза Причерноморско-Северокавказской нефтегазоносной провинции. Этим обусловлена актуальность изучения нефтегазогенерационного потенциала отложений майкопской серии.



Рис. 1. Схема распространения черносланцевых отложений в Паратетисе в олигоцене-раннем миоцене [10]

Анализ последних исследований и публикаций. Существует значительное количество работ, посвященных особенностям геологического строения майкопской серии Крымско-Кавказского региона [1, 12, 13, 17, 21, 22 и др.]. Однако геолого-геохимические особенности и нефтематеринская характеристика описаны в сравнительно немногочисленных работах [3, 8, 10, 17, 18, 21, 22, 24–26 и др.]. Особенно мало данных относительно нижнего майкопа из центральных, наиболее погруженных участков прогибов, имеющих важное значение для определения их нефтегенерационного потенциала.

Суть этих работ сводится к тому, что серия характеризуется значительной неоднородностью по концентрации органического вещества (ОБ) и его типов. Наиболее благоприятной обстановкой для формирования повышенных концентраций ОБ было хадумское время. Глины этого возраста характеризуются высоким содержанием ОБ ($C_{орг.}$ до 8 %), а кероген II типа имеет высокий нефтематеринский потенциал ($HI = 400–700$ мг УВ/г $C_{орг.}$), который на большей части территории региона еще не полностью реализован ($T_{max.}$ не выше 460 °C). Все это

привело к формированию неоднородной по нефтематеринскому потенциалу и масштабам генерации жидких УВ мощной майкопской толщи.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Таким образом, учитывая крайнюю неоднородность майкопской серии как по латерали, так и по разрезу представляется целесообразным для установления нефтегазогенерационного потенциала серии провести ее комплексную геолого-геохимическую характеристику в различных регионах южного обрамления Восточно-Европейской платформы и рассмотреть возможности серии в отношении нетрадиционных источников углеводородов.

Изложение основного материала. Нашими исследованиями, проведенными в Черноморско-Крымском регионе, было установлено, что здесь породы майкопской серии, в том числе глинистые, характеризуются высокими содержаниями $S_{орг.}$ (2,26–16,70 %) и ТОС (1,5–10,2 %), однако, как правило, являются термально незрелыми за редким исключением [7, 10]. Согласно анализу компонентного состава газов из ряда скважин (Голицына-1, Архангельская-21, Джанкойская-1, Североказантйпская-3, Субботина-1) установлено, что здесь на значительных глубинах развиты средне- и высокогазо-насыщенные породы, со средним коэффициентом восстановленности, со значительными примесями гомологов, несколько обогащенные сероводородом, что указывает на их перспективность по газонефте-содержанию, несмотря на их термическую незрелость. Это противоречие может быть следствием миграции газонефтяных компонентов из нижних горизонтов толщи в

вышезалегающие горизонты. Таким образом, на глубинах более 2000 м отложения майкопской серии, при подтверждении значительных объемов пород, обогащенных органическим веществом, могут рассматриваться как перспективные для поисков сланцевой нефти.

Установлено, что глины майкопской серии Черного моря имеют высокий нефтегазоматеринский потенциал, так же, как и нижнемиоценовые карбонатно-глинистые породы Восточного Средиземноморья. В этих бассейнах протекали интенсивные процессы газогенерации, что подтверждается присутствием газогидратов и anomalно высоких концентраций УВ газов, геохимическими параметрами исследованного ОВ [6].

По данным А.К. Баженовой и др. [17], в керогене майкопских пород повышенные содержания азота (до 3 %) и серы (до 25 %). В целом ОВ имеет смешанный состав и представлено фитопланктоном (динофлагелляты, реже диатомовые и зеленые водоросли), детритом, аморфным керогеном (в частности колоальгинитом), аллохтонными витринитом и лейптинитом (до 10 %). Выделяют два типа ОР:

- преимущественно фитопланктоногенные с высокой концентрацией водорода в керогене (до 7,8 %) – II тип керогена;
- смешанные с существенной примесью привнесенного гумусового материала, с низкой концентрацией водорода (3,2–6,7 %) – III тип керогена. В общем существует прямая связь между содержанием $S_{орг.}$ и генерационным потенциалом ($S_1 + S_2$) (табл. 1).

Таблица 1. Соотношение между $S_{орг.}$ и генерационным потенциалом ($S_1 + S_2$) в разных типах нефтематеринских пород [17]

Нефтематеринские породы	$S_{орг.}$ %	$S_1 + S_2$, кг УВ/т породы
Бедные	< 1	< 1
Средние	1,5–3,0	2–16
Богатые	5–18	28–124

Однако эти соотношения сохраняются не всегда. Так, средняя и верхняя часть майкопской серии Керченского полуострова (керлеутский и батисфеновый горизонты) характеризуются высокой концентрацией $S_{орг.}$ (4–7 %) и высоким генерационным потенциалом (7–12 кг УВ/т породы), но, по мнению А.К. Баженовой и др. [17], их можно рассматривать не как нефтематеринские, а как высокопотенциальные газоматеринские породы, что обосновывается низкими значениями водородного индекса (6–80 мг УВ/г $S_{орг.}$), связанными с присутствием в этих породах керогена III типа.

Для майкопских отложений характерна высокая степень битумизации, битумоидный коэффициент β^{XB} равен 6–12 % (до 25–30 %), причем повышенная битумизация наблюдается и при невысоких грациях катагенеза ($R' < 0,5$ %). По данным А.К. Баженовой и др. [17], битумоиды майкопской серии Предкавказья характеризуются преобладанием изопреноидов над n-алканами, высокими значениями K_i (1,5–3,7), $Pg/Ph = 1$, повышенным нафтеновым фоном и бимодальным распределением n-алканов с максимумом на C_{15} – C_{17} , C_{22} – C_{23} и C_{29} , повышенным содержанием нечетных n-алканов, стеаринов и гопанов. Для стеаринов характерно равномерное распределение $C_{27} : C_{28} : C_{29}$, $C_{28}/C_{29} = 1,0$ – $1,3$, $C_{27}/C_{28} < 1$. Такая характеристика битумоидов, по мнению А.К. Баженовой и др. [17], свидетельствует о смешанном типе ОВ, которое не претерпело существенных катагенетических изменений. По данным пиролиза $T_{max} = 400$ – 460 °C, то есть породы майкопа находятся в условиях вызревания и главной фазы нефтеобразования ($R < 0,5$ – $1,07$ %).

В Индоло-Кубанском прогибе пачки с повышенным генетическим потенциалом приурочены к олигоценовой части разреза [13]. Установлено, что кровля ГЗН может опускаться до 4,0–4,5 км в наиболее погруженных частях бассейна. Породы содержат значительные количества ОВ, однако их генетический потенциал не соответствует классическим высокопотенциальным нефтематеринским свитам, большая часть керогена относится к III типу и лишь незначительная – ко II, в связи с чем майкопской породы рассматриваются в первую очередь как газоматеринские, хотя в некоторых районах их нефтематеринский потенциал также является значительным, достаточным для формирования крупных залежей.

По данным Ю.А. Петриченко [12, 13], органическое вещество майкопских отложений насыщено палиноморфами, аморфное бесструктурное ОВ составляет 10–30 %, органогенный фитопланктон – 10–30 %, аллохтонная часть мацерата (до 40 %) сложена спорами и пыльной хвойных и витринитизированными долями растительных тканей, в верхней части разреза появляется инертинит. Содержание ОВ, как правило, не превышает 1 %, оно сильно пиритизировано. Оно отвечает керогену III типа, имеет высокий газо- и низкий нефтематеринский потенциал. ОВ незрелое, имеет низкие значения температуры пиролиза (418–423 °C), что свидетельствует о неглубоком (до 1,5–2,0 км) погружении вмещающих пород и сравнительно невысоких температурах преобразования. Вместе с тем, по мнению исследователей, главная зона нефтеобразования (ГЗН) в пределах Керченского полуострова размещена на глубинах 3–6 км.

Считается, что нефтематеринский потенциал ОБ майкопской серии незначителен (в связи с низким содержанием липидных компонентов), но она имеет высокий газоматеринский потенциал [12, 13]

Нижнемайкопские (олигоценые) отложения в Западночерноморском бассейне находятся на градации МК₄–АК₁, в Туапсинском, Сорокинском и Гурийском прогибах – МК₃ (ГЗН), верхнемайкопские (нижний миоцен) в восточной части Черного моря – градации МК₁, а в прогибах Туапсинском, Сорокина, а также на валу Шацкого – не достигают ГЗН. На суше повышенный нефтематеринский потенциал имеют отложения нижнего майкопа (хадумская свита Северного Предкавказья, породы Керченско-Таманского и Западно-Кубанского прогибов). На Керченском полуострове и в Сочи-Адлерской депрессии отложения майкопа, по мнению Д.В. Надежкина [8], расположены на градации катагенеза ПК – начало МК₁, то есть на стадии созревания, когда массовая генерация жидких углеводородов еще не началась.

Майкопские отложения области сочленения Сивашского прогиба и Азовского вала (Стрелецкое месторождение) северной части Азово-Кубанского региона характеризуются низким содержанием $C_{орг}$ (0,4–0,9%, в продуктивном интервале – до 1,4%). ОБ соответствует стадии углефикации ПК₂. Кероген преимущественно III типа.

Установлено, что нефтематеринский потенциал майкопских отложений увеличивается в направлении акватории Черного моря, минимальные значения характерны для Керченско-Таманского прогиба, максимальные – для Западно-Черноморского бассейна [8]. Основной нефтегенерирующей толщей являются породы нижнего олигоцена. Наименьшим потенциалом (81+82 < 2,5 мг УВ/г породы) обладают породы нижнемиоценовой части майкопа на суше, наибольшим (81+82 до 47 мг УВ/г породы) – породы нижней части майкопа на южном склоне Большого Кавказа. Битумоиды нижнеолигоценной части разреза имеют сходный биомаркерный состав алифатической фракции углеводородов с нефтями из сипов на дне Черного моря.

По данным Н.П. Фадеевой и др. [18], в Западно-Кубанском прогибе в майкопских отложениях распространен кероген II типа, а в верхнезоценовых (кумских) отложениях – I и II типов. Для майкопских отложений выделены следующие катагенетические зоны: МК₁ (глубина 2–3 км, $t=65–105^{\circ}\text{C}$), МК₂ (глубина до 4 км, $t=05–35^{\circ}\text{C}$), МК₃ (глубина до 5 км, $t=135–165^{\circ}\text{C}$). Относительно высокое содержание Н (6,4 %) и С (72,3 %) в ОБ майкопских глин на глубинах от 4 до 5 км свидетельствует о неполной реализации этого потенциала. В центральной части Западно-Кубанского прогиба среднее содержание $C_{орг}$ составляет в верхнемайкопских глинах 1,25 % (до 3,64 %), в среднем майкопе – 1 % (до 2,22 %).

М.Л. Сен-Жермес и др. [11, 23, 26] был проведен анализ Rock-Eval майкопских отложений из разреза по р. Белая. Результаты исследований свидетельствуют о том, что наиболее значительный нефтегенерационный потенциал имеют надостракодовые слои нижнего майкопа. Это объясняется сравнительно невысокими скоростями осадконакопления в этот период (10–60 м/млн лет), оптимальными для фоссилизации ОБ. Средний и верхний майкоп имеют низкий нефтегенерационный потенциал.

В Скифско-Кавказском регионе градация катагенеза верхнезоценовых-майкопских пород – ПК₂–МК₄. Глубины залегания кровли главной зоны нефтеобразования для отложений майкопа – 3,5–3,9 км [17].

В олигоценых отложениях Центрального и Восточного Предкавказья (Ставропольский край) открыто 16 нефтяных и 9 газовых залежей, в том числе и в не-

традиционных глинистых коллекторах. Глинистые породы олигоцена рассматриваются не только как нефтегазогенерирующие, но и как нефтегазосодержащие. Накопление ОБ происходило в морском бассейне за счет фитопланктона, фитобентоса и ОБ суши. Различные условия седиментации определили различие геохимических характеристик ОБ олигоценых отложений. Установлено занижение значений водородного индекса ОБ пород за счет адсорбционного влияния минеральной матрицы пород, наличие в отложениях олигоцена смешанного типа ОБ (сапропелево-гумусовое и гумусово-сапропелевое ОБ). Показано, что на территории Восточного Предкавказья генерация нефти в НГМП олигоцена начинается при значениях $T_{max} = 422^{\circ}\text{C}$, что соответствует $R^{\circ} = 0,5\%$ [2].

Установлено, что во время формирования кумской свиты зоцена Крымско-Кавказского региона повышенное накопление ОБ обеспечивалось относительно небольшой глубиной морского бассейна и высокой биопродуктивностью [3]. Обилие ОБ привело к созданию восстановительных и резко восстановительных обстановок в диагенезе. Показано, что кумская свита содержит кероген от I до III типа, с преобладанием керогена II типа, обладает повышенным и высоким нефтематеринским потенциалом пород и ОБ, благоприятным для генерации жидких УВ.

Нефтегенерационные свойства майкопской серии изучались в Керченско-Таманском прогибе, где она рассматривается как основная нефтематеринская свита кайнозойского разреза [12, 13]. Там открыто 15 месторождений нефти и газа, из них только 4 связаны с майкопскими породами, другие – с неогеновыми. Все месторождения малодебитные, их геологические запасы невелики (менее 5 млн т в нефтяном эквиваленте) в каждом.

Первичный нефтегенерационный потенциал пород определяется палеоокеанографическими условиями накопления исходного ОБ и его трансформацией на стадии раннего диагенеза под влиянием микробиологических процессов.

Установлено, что в породах майкопской серии Индоло-Кубанского прогиба происходит улучшение качества ОБ и повышение нефтематеринского потенциала с запада на восток [13]. Пачки с лучшими геохимическими показателями присутствуют преимущественно в нижней (нижний олигоцен), и в средней (верхний олигоцен) частях разреза. Однако, несмотря на повышенные концентрации $C_{орг}$, потенциал ОБ не соответствует классическим высокопотенциальным нефтематеринским свитам. Большинство образцов относятся к III типу керогена, часть – ко II типу. Майкопские отложения рассматриваются как газоматеринские, хотя в отдельных районах и горизонтах обладают нефтематеринским потенциалом. Накопление ОБ происходило в аноксидном морском бассейне в условиях дефицита кислорода, основным источником ОБ был фитопланктон в обстановках глубоководного морского бассейна и в прибрежно-морской обстановке с повышенной долей континентального ОБ.

В наиболее прогнутых частях прогиба кровля главной зоны нефтеобразования (ГЗН) опускалась до 4–5 км, на платформенном борту – до 2,7–2,8 км и сокращалась ее толщина. Выделен ряд перспективных участков с высоким генетическим потенциалом: Левкинский район (3 кгУВ/т породы), Хадыженский район (2 кгУВ/т породы). По характеру распределения биомаркеров выделено два типа нефтей, генетически связанных с двумя типами ОБ: I – типично морское ОБ с резким преобладанием водорослевой органики с повышенными значениями H_i и равномерным распределением стера-

нов; II (развитый преимущественно в Керченско-Таманском районе) – прибрежно-морское ОВ с заметной теригенной примесью, с преобладанием C_{29} – стерана, C_{27} , C_{31} – н-алканов.

В майкопской серии Предкавказья известно более 50 залежей нефти в 25 месторождениях, но в Восточном Предкавказье такие залежи немногочисленны и приурочены в основном к нижним частям разреза (хадумская свита), хотя и здесь известно большое количество природных проявлений нефти и газа и нефтегазопоявлений в разрезах скважин. При раскрытии майкопа на ряде площадей наблюдались мощные газонефтяные выбросы, а в некоторых скважинах на глубинах 300–1500 м были получены притоки нефти (Дылым – 20 т/сутки, Ачису – до 15 т/сутки, Карабудахкент – 48 т/сутки, Салтабак – 25 т/сутки, Шамхалбулак – до 20 т/сутки, Беной – до 400 т/сутки, Старогрозненская – до 300 т/сутки). Большая их часть, по мнению В.Ф. Шарафутдинова [19], приурочена к зонам тектонических нарушений верхнего майкопа и к олистолитам миатлинской олистостромовой толщи, а не к слоям алевролитов, как это считалось ранее. Именно поэтому традиционные антиклинальные типы ловушек здесь встречаются редко, а преобладают такие ловушки, как рукавоподобные, литологически-экранированные, литолого-стратиграфические, тектонически осложненные,

катагенетические, пластово-сводовые, клиноформные, олистолитовые, трещинно-жильные и т. д.

Майкопские отложения характеризуются грациями катагенеза $МК_{1-3}$, содержанием $C_{орг}$ до 0,7 %, битумоидный коэффициент достигает 7,7, что свидетельствует об интенсивных процессах образования битумов и углеводородов, хотя степень катагенетического преобразования ОВ и, как следствие нефтематеринский потенциал толщ, значительно изменяются по простиранию в зависимости от палеогеографических условий осадконакопления, скорости прогибания, геотермического режима, литологии и т. п.

Уникальность майкопской серии заключается в том, что природные залежи нефти в битуминозных глинах залегают на месте образования без каких бы то ни было миграционных процессов. Их пространственное положение не контролируется современным структурным планом, зонами разломов и трещиноватости. Установлено, что в глинах майкопской серии Дагестана помещается гигантский объем керогена (табл. 2), который может быть превращен в нефть путем использования новейших технологий создания мощного электромагнитного поля за счет гидроразрыва пласта щелочными растворами или провоцированием трещиноватости пород закачкой кремнезема, насыщенным порошком алюминия или раствором перекиси водорода [9].

Таблица 2. Характеристика глин майкопской серии Дагестана и оценка ресурсов нефти [16]

Параметры	Стратиграфические подразделения						
	Хадум	Миатлы	Нижнеглинистый	Муцидакал	Рики	Зурамакент	Всего по майкопу
Площадь, тыс. км ²	312,5	500	2000	1562,5	1250	625	6250
Мощность, м	100	450	100	350	400	150	1550
Объем, тыс. км ³	31,25	225	200	546,875	500	93,75	1596,87
Объем керогена, млрд м ³ (2,5 % от объема породы)	0,78	5,625	5,0	13,67	12,5	2,343	39,9
Ресурсы нефти, млрд м ³ (4,4 % от объема керогена)	0,034	0,248	0,22	0,6	0,55	0,103	1,755
Плотность геологических ресурсов, тыс. м ³ /км ²	0,108	0,496	0,0001	0,0003	0,0004	0,0001	0,1
Добычные ресурсы нефти, млн м ³ (30 % геологических ресурсов)	10,2	74,4	66,0	180,0	165,0	30,9	526
Плотность добычных ресурсов нефти, тыс. м ³ /км ²	0,32	0,29	0,03	0,11	0,132	0,05	0,15

В Южно-Каспийской впадине установлено повышение содержания тяжелого изотопа углерода углеводородных газов продуктивной толщи майкопа с глубиной и вниз по стратиграфическому разрезу [15]: апшеронский региоарус $\delta^{13}C = -51,1\%$, акчагильский ярус, сураханская свита $\delta^{13}C = -47,5\%$, балаханская, надкирмакинская свиты $\delta^{13}C = -43,6\%$, кирмакинская, подкирмакинская свиты $\delta^{13}C = -43,4\%$, калинская свита $\delta^{13}C = -40,16\%$. Однако ниже, в подстилающих отложениях чокракского региоаруса происходит значительное снижение содержания изотопа углерода $^{13}C =$ до $-60,3\%$ с его последующим утяжелением: чокракский региоарус $\delta^{13}C = -50,5\%$, майкопская серия $\delta^{13}C = -49,3\%$, коунские и меловые отложения $\delta^{13}C = -43,8\%$. В этом регионе широко развиты грязевые вулканы, которые приурочены к Кобыстану и Западному Апшерону, что может свидетельствовать о наличии залежей нефти и газа в миоцен-палеогеновых отложениях.

Петрографический состав ОВ майкопских отложений характеризуется высокой насыщенностью палиноморфами [25]. В органомацерате аморфное бесструктурное ОВ является продуктом полного разложения исходного органического материала (водоросли, остатки высших растений). Оно составляет не более 10–30 %. Органотенный фитопланктон (10–30 %) представлен цистами

динофлагеллят, акритарх и доминирующими остатками зеленых водорослей. Аллохтонные часть мацерата (до 40 %) сложены спорами и пылью (преобладают хвойные) и витринитизированными частями растительных тканей; в миоценовой части разреза появляется инертинит. Подобный состав свидетельствует о существенной роли высшей наземной растительности в формировании ОВ майкопской серии, накопление которой происходило в условиях сероводородного заражения вод, поскольку ОВ сильно пиритизировано, размеры фрамбидов пирита (<7 мкм) характерны для пирита, образовавшегося в столбе воды. Аноксия фотического слоя подтверждается и присутствием крупных празиофитов, которые преобладают в фитопланктонном материале.

Хроматографический анализ битумоидной фракции ОР [12, 13] показал, что нормальные алканы (н-алканы) представлены длинноцепочечными (C_{12} – C_{31}) с максимумом на C_{17} – C_{21} и C_{25} – C_{31} . В области высокомолекулярных алканов отмечается высокий "горб" (нафтеновые ВВ); среди изопреноидного углеводорода преобладают пристан (iC_{19}) и фитан (iC_{20}), а отношение iC_{19}/iC_{20} меняется от 0,7 до 4,0. На рис. 2 показаны хроматограммы некоторых образцов с Керченского полуострова. Их сходство достаточно велико, что отражается в геохимических параметрах (табл. 3).

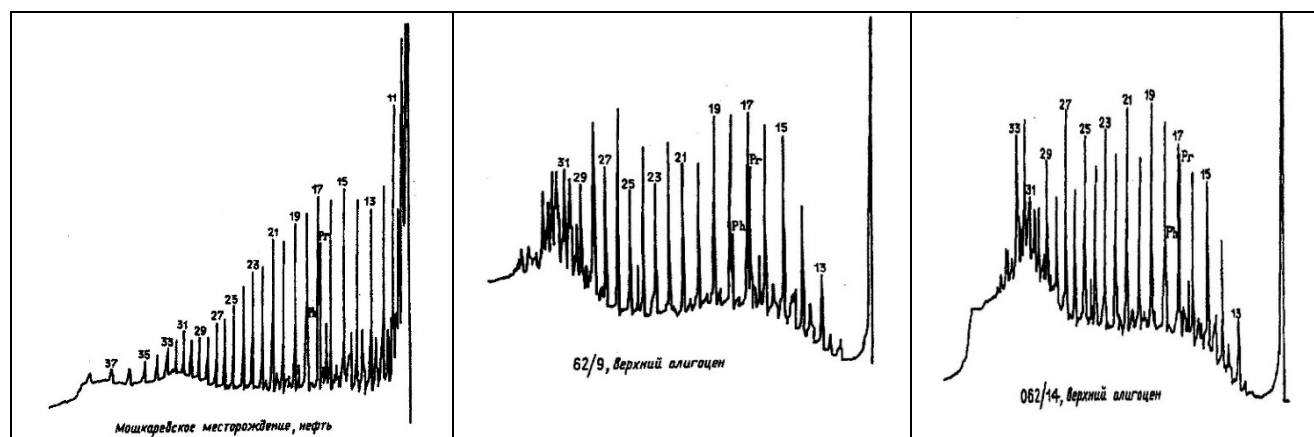


Рис. 2. Состав битумоидной фракции ОВ Керченского полуострова [12]

Таблица 3. Характеристика н-алканов [12]

C _{max}	iC ₁₉ /iC ₂₀	iC ₁₉ /nC ₁₇	iC ₂₀ /nC ₁₈	K ₁ *
nC ₂₉	0,37	0,4	1,7	0,92
nC ₁₉ , nC ₂₁	2,0	0,98	0,4	0,7
nC ₁₇₋₁₉ , nC ₂₈	2,0	0,7	0,4	0,54
nC ₃₀	0,77	0,2	0,4	0,4
nC ₂₅	4,0	6,0	2,0	4,5
nC ₂₇	1,2	2,6	1,2	1,6
nC ₂₇	1,1	1,3	1,0	1,2
nC ₂₇	0,6	0,98	1,0	1,0
nC ₃₁	0,4	0,5	0,8	0,8
nC ₃₁ , nC ₂₉	1,0	0,4	0,4	0,5

$$*K_1 = (iC_{19} + iC_{20}) / (nC_{17} + nC_{18}).$$

В образцах с низким нефтеневым фоном и отношением $iC_{19}/iC_{20} = 2$, присутствуют н-алканы с длиной цепи от C₁₂ до C₃₂ [12], которые отличаются по коэффициентам нечетности н-алканов в высокомолекулярной области. В образце 062/9 преобладают нечетные н-алканы, тогда как в образце 062/14 – парные. Оба образца характеризуются одинаковыми содержаниями C_{орг.} (1,4 %) и битумоидными коэффициентами (βХБ = 4,5 %). Очевидно, что при одном типе исходного ОВ пути трансформации его были разные – нечетные алканы образовались в результате декарбоксилирования парных жирных кислот, тогда как генерация парных алканов происходила другим путем.

Для основной массы битумоидов характерно увеличение коэффициента нечетности в высокомолекулярной области за счет увеличения содержания углеводородов C₃₁ и C₂₉. Повышенное содержание C₃₁ отмечается в верхней части разреза. Экспериментально показано, что высокие концентрации C₃₁ происходят из листьев, а C₂₉ – из коры высших растений. Роль этого органического материала, сложенного целлюлозой и лигнином, в формировании исходного ОВ, видимо, была высокой.

Геохимические исследования нефти. Хроматограммы нефти майкопских отложений (Мошкаривское нефтяное месторождение, скв. Тамань-7) показывают их сходство между собой: концентрация низкомолекулярных углеводородов выше, чем в ОВ, но присутствуют и высокомолекулярные углеводороды (C₁₁–C₃₈), $iC_{19}/iC_{20} = 2,2$; $iC_{19}/nC_{17} = 0,23$ –0,5; $iC_{20}/nC_{18} = 0,09$ –0,4 [12].

Нефть с Мошкаривского месторождения имеет стерановое распределение C₂₇:C₂₈:C₂₉ = 27:29:44. Высокие концентрации стерана C₂₉ в нефти объясняются значительной примесью континентального органического материала в исходной ОВ.

Нефть и битумоиды майкопских отложений имеют много общих черт (подобные коэффициенты, высокое содержание н-алканов C₃₁ и C₂₇, одинаковое распределение стеранов). Это позволяет утверждать, что ОВ в майкопских породах Керченско-Таманского прогиба относится к керогену III типа и является источником этой нефти. Однако нефтематеринский потенциал такого ОВ незначительный (Н₁ < 150–200 мг С/г C_{орг.}), что связано с невысоким содержанием в нем липидных компонентов, но это ОВ имеет высокий газоматеринский потенциал. Очевидно, это является главной причиной низкой нефтеносности майкопских отложений Керченско-Таманского прогиба, находящихся в главной зоне нефтеобразования.

По результатам газохимического анализа установлено, что в хадуме, майкопе и чокраке Центрального и Восточного Предкавказья преобладает "сухой" газ с очень низким содержанием гомологов метана, диоксида углерода и азота [4]. Кероген представлен коллоальгинитом, микстенитом, присутствуют талломоальгинит, обрывки растительной ткани, оболочки спор и пыльцы. В хадуме преобладает II тип керогена (Н/С_{ет} = 1,1 – 1,5; Н₁ = 300–700 мг УВ/г ТОС), в более высоких горизонтах – III тип (Н/С_{ох} = 0,54–0,98 и Н₁ = 10–300 мг УВ/г ТОС). Содержание C_{орг.} колеблется от 0,4 до 3,5 % (модальное 1,0%). Для хадумской свиты содержание ХБ в породах составляет 0,42–0,81 %, для баталпашинской – 0,20–0,40 %, среди битумоидов преобладают хлороформные со средними содержаниями: масла – 57,5 %, смолы – 39,3 %, асфальтены – 3,2 %. Элементный состав битумоидов: С=82,3 %, Н=10,2 %, (О + Н+8) = 7,5 %; нефти – С=80,6 %, Н=11,8 %, (О + Н+8) = 7,6 %. Степень термальной переработки пород соответствует мезокатагенезу (МК₁–МК₂). Водородный индекс Н₁ керогена хадумских и баталпашинских отложений составляет 40–550 мг УВ/г породы (низкий до среднего), вышележащих глини май-

копа – 30–155 мг УВ/г породы, что указывает на их низкий потенциал. Углеводородный индекс низок: для хадумских и баталпашинских отложений – 0,8–1,4 мг УВ/г ТОС, для надхадумских глин – 0,5–0,7 мг УВ/г ТОС.

Предполагается, что осадочный чехол Центрального Предкавказья представляет собой "открытую" гидравлическую систему, с присущими ей процессами мощного газообразования, а в Восточном Предкавказье – "закрытую", где идут процессы синтеза нефти, чем объясняется преимущественная нефтеносность Восточного Предкавказья.

Для Южно-Каспийского бассейна установлено, что отложения палеоген-миоценового комплекса (мощностью 2,5–5 км) на глубине до 0,2 км прошли стадию диагенеза; на глубине 0,2–1,8 км – протокатагенеза (ПК₁–ПК₃); 1,8–2,7 км – мезокатагенеза (МК₁), 7–6,1 км – МК₂; 4–7,6 км – МК₃; 5,3–9 км – МК₄–АК₂; 10,4–11 км – АК₃ [5]. Современное состояние комплекса в зависимости от глубины его залегания и геотемпературных условий характеризуется генерацией нефти, конденсата, жирного газа и частично позднекатагенетического метана, т.е. продуцированием всех видов и фаз УВ. Считается, что мезозойский комплекс (мощность 4,5–11 км, температура кровли-подошвы 167–424 °С) является генератором, главным образом, высокотемпературного метана, СО₂ и азота; палеоген-миоценовый (2,5–5,0 км, 76–237 °С) – нефти, жирного газа, конденсата и частично позднекатагенетического метана; плиоцен-антропогеновый – раннекатагенетического метана и относительно небольших объемов нефти ранней генерации.

Нефтегенерационный потенциал отложений. Отложения майкопской серии характеризуются не очень высокими содержаниями $S_{орг.} = 0,3–7,0 \%$, модальный – 0,7 % [12]. Значение нефтяного потенциала составляет $(S_1 + S_2) = 0,2–19$ кг С/т породы, его максимальные величины установлены в нижнемайкопских породах в скв. Тамань-5. Но даже в обогащенных $S_{орг.}$ слоях значение водородного индекса $(HI = S_2/S_{орг.} \cdot 100 \%)$ невысокие (максимум 212 мг С/т $S_{орг.}$). На диаграмме Ван Кревелена (рис. 3) ОВ отвечает керогену III типа, оно имеет высокий газоматеринский потенциал и низкий нефтематеринский.

Все изученные образцы с Керченского полуострова содержат незрелое ОВ, что подтверждается низкими значениями температуры пиролиза ($T_{max.} = 418–423$ °С). Очевидно, породы майкопа в этом районе не опускались ниже 1,5–2,0 км и не подвергались воздействию высоких температур. Геотермический градиент невысок

– в Малобатчинской скважине на глубине 4 км современные температуры составляют 115–120 °С. На Таманском полуострове геотермический градиент выше – на глубине 4410 м современные температуры достигают 170 °С (скв. 7); по данным пиролиза $T_{max.} = 439$ °С фиксируется на глубине 3,2 км (скв. 7) и 448 °С – на глубине 5,3 км (скв. 2). На основании этих данных сделан вывод о том, что ГЗН расположена на глубинах от 3 до 6 км [12].

По нашим данным, породы с глубин 4010–4604 м (скв. Поворотная-4, 5) и 3818–4259 м (скв. Самарлинская-1) расположены ниже "нефтяного окна" [10]. Таким образом, в районе Керченского полуострова зона генерации нефти расположена в интервале глубин 2–4 км. В случае развития здесь пород майкопской серии со значительным содержанием $S_{орг.}$ и высоким нефтегенерационным потенциалом они могут быть перспективными для поисков сланцевой нефти.

Геохимическая и петрографическая характеристики ОВ подтверждают, что седиментация осадков Керченско-Таманского прогиба происходила в окраинной части Майкопского бассейна, ОВ которого сформировалось при значительном участии высшей растительности. Большая часть разреза майкопских пород прогиба является газоматеринской; нефтематеринский потенциал выше в нижнемайкопских отложениях [12].

Содержание серы в керогене майкопских пород изменяется в широких пределах от 0,2 до 25,5 %, что свидетельствует об изменчивости сероводородного заражения наддонных вод майкопского бассейна [17]. Низкое содержание органической серы ($S_{орг.} = 0,26–4,3 \%$), унаследованной от исходного органического материала, связано с отсутствием сероводородного заражения или его незначительным развитием. В ОВ верхнеолигоценовых и нижнемиоценовых пород содержание органической серы резко возрастает до 10,0–10,5 %. Повышенное содержание серы связано с ее вхождением в структуру ОВ в условиях сероводородного заражения наддонных вод и анаэробного диагенеза. Сероводородное заражение способствует сохранению в ОВ как липидных, так и меланоидиновых компонентов, о чем свидетельствует тенденция к росту отношения $H/C_{ат}$ со увеличением содержания серы в керогене (рис. 4).

В целом, майкопская серия содержит ОВ смешанного состава (рис. 5), при общем сапропелевом составе доля примесей в нем велика, что при прочих равных условиях снижает нефтематеринский потенциал ОВ и пород.

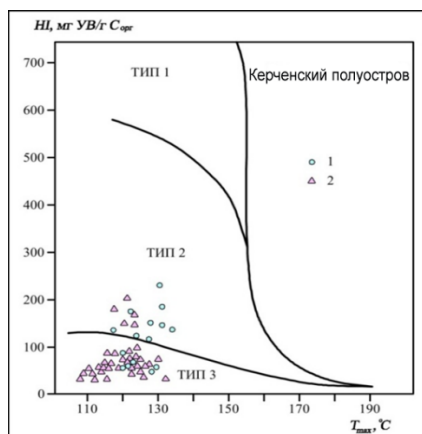


Рис. 3. Типы органического вещества [12]:
1 – мыс Чауда; 2 – Булганак

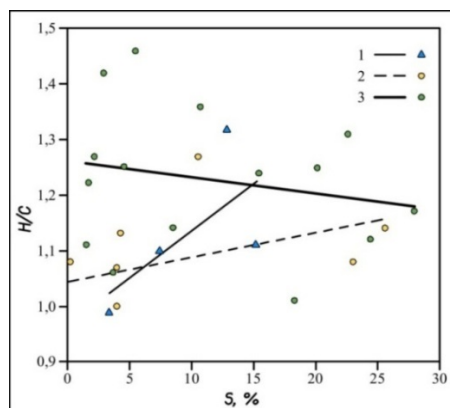


Рис. 4. Связь содержания органической серы с атомным соотношением H/C в керогене майкопских пород [17]:
1 – миоцен; 2 – верхний олигоцен; 3 – нижний-средний олигоцен

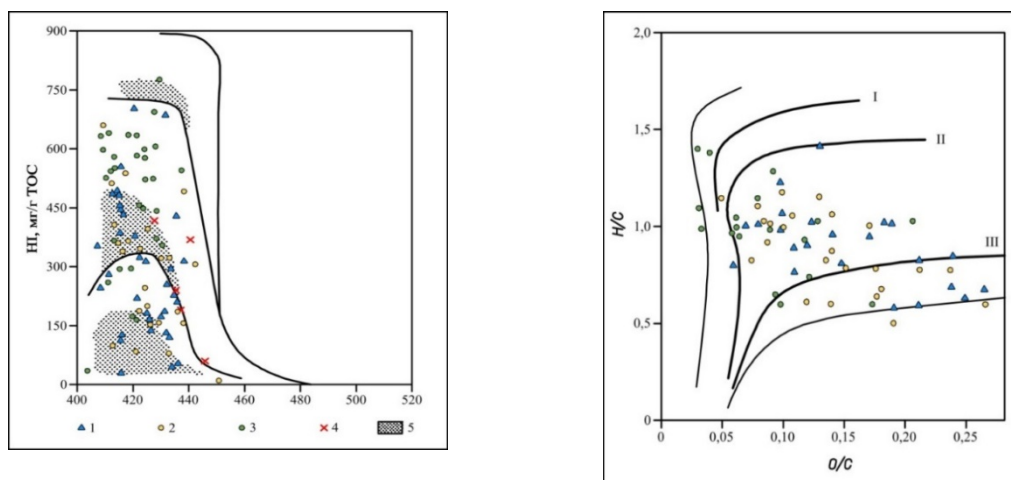


Рис. 5. Типы органического вещества в породах майкопской серии [17]:

а – по данным пиролиза; б – по данным элементного состава;

1–3 – см. на рис. 4; 4 – неразделенный майкоп; 5 – область адсорбционного эффекта

Основным биопродуцентом в Майкопском море был фитопланктон, и в первую очередь динофлагелляты, реже диатомовые и зеленые водоросли. Гумусовый материал поступал как в обломочной форме, так и в растворенном виде, его роль особенно заметна в прибрежных фациях, а также в верхнеолигоценовой и, особенно, в миоценовой частях разреза. Петрографическое изучение керогена в шлифах показало, что он почти полностью состоит из аморфного керогена, который иногда диагностируется как колоальгинит [17]. Аллохтонные витринитовые и лейптинитовые компоненты составляют обычно не более 10 %, увеличиваясь до 70–80 % в миоценовых породах Керченского полуострова, на севере Скифской плиты. Данные по элементному составу керогена и пиролиза позволяют разделить исходное ОВ на два типа [17]:

1) преимущественно фитопланктогенное с высокой концентрацией водорода в керогене (до 7,8 %), водородный индекс $HI = 300 + 700 \text{ мг ВВ/г } C_{\text{орг.}}$ (II тип керогена);

2) смешанное, сформировавшееся за счет углеводно-белковых компонентов исходных организмов и существенного вклада принесенного гумусового материала (III тип керогена), характеризуется низкими значениями концентрации водорода ($H = 3,2\text{--}6,7 \%$) и отношения $H/C_{\text{ат}} = 0,54\text{--}1,10$, а также водородного индекса ($HI = 22 + 199 \text{ мг ВВ/г } C_{\text{орг.}}$).

В целом между содержанием $C_{\text{орг.}}$ и генерационным (генетическим) потенциалом ($S_1 + S_2$) наблюдается прямая связь [17]: бедные нефтематеринские породы ($C_{\text{орг.}} < 1 \%$, $S_1 + S_2 < 1 \text{ кг ВВ/т породы}$); средние и богатые ($C_{\text{орг.}} = 1,5\text{--}3,0\%$ и $S_1 + S_2 = 2\text{--}16 \text{ кг ВВ/т породы}$); отличные ($C_{\text{орг.}} > 5 \%$ и $S_1 + S_2 > 28 \text{ кг ВВ/т породы}$). Однако для некоторых типов разрезов встречаются и явные несоответствия, например, средняя и верхняя части майкопской серии Керченского полуострова – керлеутский и батисфоновый горизонты. При высокой концентрации $C_{\text{орг.}}$ (4–7 %) и высоком значении генетического потенциала ($S_1 + S_2 = 7\text{--}12 \text{ кг ВВ/т породы}$) значения водородного индекса в них очень низкие (6–80 мг ВВ/ $C_{\text{орг.}}$), что связано с присутствием в этих отложениях керогена III типа.

Таким образом, эти породы можно рассматривать в первую очередь как высокопотенциальные газоматеринские. Преимущественно нефтематеринский потенциал имеют карбонатно-глинистые породы хадума, что обусловлено развитием в них керогена II типа; генетический потенциал по данным пиролиза составляет 24 кг/т породы [17]. Перекрывающие породы верхнего олиго-

цена и миоцена имеют значительно более низкий генетический нефтематеринский потенциал $S_1 + S_2 = 2,7 \text{ кг ВВ/т породы}$, но достаточно высокий газоматеринский.

Эти особенности указывают, что осадконакопление проходило в окраинной части бассейна, ОВ которого сформировалось при значительном участии высшей растительности. Большая часть пород является газоматеринскими; нефтематеринский потенциал относительно выше в нижнемайкопских отложениях [12].

Проведенные исследования выявили значительную неоднородность майкопской нефтематеринской серии по концентрации ОВ и его типов [17]. Особенности состава осадков и ОВ в первую очередь обусловила тектоническая активность региона в альпийский время. Она определила источники сноса, морфологию дна бассейна, его глубину, гидрологический режим и обеспечила дополнительные глубинные потоки питательных веществ для автотрофов, сероводорода, а также примеси наземного материала в ОВ. Поступления биофильных элементов привело к расцвету фитопланктона, особенно динофлагеллят, цветение которых вызвало массовую гибель ихтиофауны, а их остатки послужили материалом для формирования амикагиновой примеси в ОВ майкопской серии. Наличие в водах майкопского бассейна огромного количества белкового материала в свою очередь могло быть причиной интенсивной сульфатредукции и сероводородного заражения вод, что привело к значительному расходу ОВ еще на стадии седиментогенеза и, как следствие, – к низкой концентрации $C_{\text{орг.}}$ в глинах майкопской серии (менее 1 %).

Сероводородное заражение существовало в отдельные периоды майкопского времени, но это не были эпохи максимального накопления ОВ. В разрезе они фиксируются очень высокими значениями отношения $фитан/нС_{18} = 2\text{--}9$ в углеводородном составе ОВ. Наиболее благоприятная обстановка для формирования повышенных концентраций ОВ существовала в хадумское время, когда сероводородного заражения вод не было. Глины этого возраста характеризуются высоким содержанием ОВ ($C_{\text{орг.}}$ до 8 %), а кероген II типа имеет высокий нефтематеринский потенциал ($HI = 400\text{--}700 \text{ мг ВВ/г } C_{\text{орг.}}$), который на большей части территории региона еще не полностью реализован (T_{max} не выше 460 °C). Это привело к формированию неоднородной по нефтематеринскому потенциалу мощной майкопской толщи.

Дискутируется вопрос о возможном наличии залежей сланцевой нефти в нетрадиционных коллекторах

хадумской свиты Предкавказья [14]. Хадумская свита олигоценовой части разреза майкопской серии сложена темно-серыми и коричневыми глинами с прослоями мергелей, которые формировались в восстановительной обстановке. ОВ представлено тонкодисперсными образованиями сапропелевой природы с включениями гумусово-лигнитового материала с высоким нефтегенерационным потенциалом. Содержание $C_{орг}$ снижается по мере возрастания карбонатности пород. Важное значение имеет геофлюидальное (поровое) давление, в тех интервалах, где градиенты поровых давлений оказывались нормальными, образовывались залежи нефти. Здесь глинистые породы хадумской свиты уплотнены и не содержат аномально высоких поровых давлений. Вследствие этого в интервале залегания хадумских глин породы могли растрескиваться, что привело к образованию трещинных коллекторов и залежей нефти.

Тема нетрадиционных источников нефти и газа обсуждается в статье М.А. Эфендиевой и И.С. Гудиева [20]. Как перспективная в этом отношении рассматривается майкопская серия, которая считается нефтематеринской для вышележающей продуктивной толщи Азербайджана, сложенная комплексом некарбонатных глин с редкими прослоями алевролитов и песчаников. Содержание ТОС меняется в широких пределах, от 0,1–0,2 % до 5,1–6,3 %, показатели отражающей способности витринита – от 0,21 до 1,0 %. Наибольшими нефтегенерационными свойствами обладают породы верхнего олигоцена (хаттский ярус) Шамаха-Гобустанского НГР.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования выявили резкую неоднородность майкопской нефтематеринской толщи относительно концентрации ОВ и других газовых компонентов. На формирование состава осадков и ОВ в первую очередь повлияла тектоническая активность региона в альпийское время. Она определила источники сноса, морфологию дна бассейна, его глубину, гидрологический режим и обеспечила дополнительные глубинные потоки питательных веществ для автотрофов, сероводорода, а также примеси наземного материала в ОВ. Поступление биофильных элементов приводило к расцвету фитопланктона, особенно динофлагеллят, цветение которых вызвало массовую гибель ихтиофауны, а их остатки послужили материалом для формирования амикагиновой примеси в ОВ майкопской серии. Наличие в водах майкопского бассейна огромного количества белкового материала в свою очередь могло быть причиной интенсивной сульфатредукции и сероводородного заражения вод, что вызвало значительный расход ОВ еще на стадии седиментогенеза и как следствие – невысокую концентрацию $C_{орг}$ в глинах майкопской серии (менее 1 %). Сероводородное заражение существовало в отдельные периоды майкопского времени, но это не были эпохи максимального накопления ОВ, поэтому корреляция между содержанием углеводородов и сероводородом в пробах отсутствует. В разрезе фиксируются очень высокие значения отношения фитан/нС18 = 2–9 в углеводородном составе ОВ. Наиболее благоприятная обстановка для формирования повышенных концентраций ОВ существовала в хадумское время, когда сероводородного заражения вод не было. Глины этого возраста характеризуются высоким содержанием ОВ ($C_{орг}$ до 8 %), а кероген II типа имеет высокий нефтематеринский потенциал ($HI = 400–700$ мг УВ/г $C_{орг}$), который на большей части территории региона еще не полностью реализован (T_{max} не выше 460 °C). Очевидно, эти генетические причины привели к формированию неоднородной по нефтематеринскому потенциалу мощной майкопской толщи. Это также объясняет относительно невысокий масштаб генерации жидких ВВ.

Установлено, что олигоцен-ранний миоцен – глобальная эпоха углеродного накопления. Формирование высокоуглеродистых толщ этого уровня, вероятно, связано с аноксидными условиями сероводородного заражения водных толщ. Как правило, для майкопских отложений характерна высокая степень битумизации. Считается, что нижемайкопские (олигоценовые) отложения в Западно-Черноморском бассейне находятся на грации $МК_4–АК_1$, в Туапсинском, Сорокинском и Гурийском прогибах – $МК_3$ (главная зона нефтеобразования – ГЗН), верхнемайкопские (нижний миоцен) в восточной части Черного моря – на грации $МК_1$, а в прогибах Туапсинском, Сорокина, на валу Шатского не достигли ГЗН. На суше повышенный нефтематеринский потенциал имеют отложения нижнего майкопа (хадумская свита Северного Предкавказья, породы Керченско-Таманского и Западно-Кубанского прогибов), а на Керченском полуострове и в Сочинско-Адлерской депрессии отложения майкопа расположены на грации катагенеза ПК – начало $МК_1$, то есть на стадии дозревания, когда массовая генерация жидких углеводородов (УВ) еще не начиналась.

На основе геологического и литолого-стратиграфического анализа потенциальных структур и толщ в пределах Черноморско-Крымского региона, с учетом разработанного комплекса факторов локализации и критериев прогноза залежей углеводородов, связанных с сланцевыми и флишевыми толщами, определены перспективные стратиграфические комплексы и объекты с благоприятными условиями для формирования сланцевого газа и сланцевой нефти.

Олигоцен-нижнемиоценовая майкопская серия Черноморско-Крымского региона представлена мощной толщей глин и аргиллитов с прослоями алевролитов и песчаников, обогащенных органическим веществом (от 0,69 до 10,23 %), $C_{орг}$ (2,20–16,70 %). К ней приурочены многочисленные месторождения углеводородов. Однако степень термического преобразования пород крайне низка: степень отражательной способности витринита практически повсеместно не превышает 0,36–0,60 (протокатагенез), только в редких случаях достигая 0,84 (инт. 2100 м в скв. Голицына-9), иногда –1,64 (инт. 922–1438 в скв. Голицына-1). По данным многочисленных исследователей, ОВ майкопской серии, как правило, является незрелым, имеет относительно небольшие температуры пиролиза (418–423 °C), что свидетельствует о неглубоком погружении вмещающих пород (до 1,5–2,0 км), тогда как ГЗН размещается на глубинах 3–6 км.

Таким образом, породы майкопской серии в интервале глубин до 2–3 тыс. м, как правило, являются термально незрелыми и не могут рассматриваться как перспективный объект для поисков сланцевой нефти. Единственным исключением из числа изученных объектов является инт. 922–1438 м скв. Голицына-1, но это единичные определения, требующих проверки. В то же время, на глубинах более 2–3 тыс. м (где, как считается, размещена главная зона нефтеобразования) степень термальной зрелости пород растет и при обогащенности органическим веществом они могут рассматриваться как перспективные объекты для поисков сланцевой нефти.

Список использованных источников:

1. Биомаркеры органического вещества и нефтей майкопской серии Кавказско-Скифского региона / О. К. Баженова, Н. П. Фадеева, М. Л. Сен-Жермес и др. // Геохимия. – 2002. – № 9. – С. 993–1008.
2. Горягина Т.А. Геолого-геохимические условия нефтегазоносности олигоценовых отложений Центрального и Восточного Предкавказья: автореф. дис. канд. геол.-мин. наук / Т. А. Горягина. – Ставрополь, 2005.
3. Дистанова Л.Р. Геохимия органического вещества эоценовых отложений: на примере кумской свиты Крымско-Кавказского региона: автореф. дис. канд. геол.-мин. наук / Л. Р. Дистанова. – М.: МГУ, 2007.

4. Евдокимова М.Л. Условия формирования и нефтегазоносность майкопской серии центрального и восточного Предкавказья : автореф. ... дис. канд. геол.-мин. наук / М. Л. Евдокимова. – М., 2004.
5. Керимов В.Ю. Условия нефтегазообразования в Южно-Каспийском бассейне [Электронный ресурс] / В. Ю. Керимов, М. З. Рачинский, О. В. Колушкина. – Режим доступа: <http://article.gubkin.ru/ru/file/977> – Загл. с экрана.
6. Козлова Е.В. Нефтегазоматеринский потенциал отложений глубоководных осадочных бассейнов в зонах развития подводного грязевого вулканизма : автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / Е. В. Козлова. – М. : МГУ, 2003.
7. Михайлов В.А. Геолого-геохимические основы оценки газоносности сланцевых толщ Украины / В. А. Михайлов, В. Н. Загитко. – Saarbrücken, Germany: Palmarium academic publishing, 2015. – 346 с.
8. Надеждин Д.В. Нефтегазоматеринские свойства майкопских отложений и их роль в нефтегазоносности восточной части Черного моря: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / Д. В. Надеждин. – М. : МГУ, 2011.
9. Нестеров И.И. Нефть и горючие газы – возобновляемые источники энергии / И. И. Нестеров // Отечественная геология. – 2007. – № 2. – С. 73–82.
10. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Кн. III. Південний нафтогазовий регіон / В. А. Михайлов, І. М. Куровець, Ю. Н. Синьковський та ін. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2014. – 222 с.
11. Органическое вещество в майкопских отложениях олигоцена Северного Кавказа / М. Сен-Жермес, О. К. Баженова, Ф. Боден та ін. // Литология и полезные ископаемые. – 2000. – № 1. – С. 56–73.
12. Петриченко Ю.А. Геохимическая характеристика органического вещества майкопской серии Керченско-Таманского прогиба / Ю.А. Петриченко // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. – 2000. – № 6. – С. 64–66.
13. Петриченко Ю.А. Нефтегазоматеринский потенциал отложений майкопской серии Индоло-Кубанского прогиба : автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / Ю. А. Петриченко. – М., 2001.
14. Повышение эффективности прогноза нефтегазоносности ловушек углеводородов нетрадиционных коллекторов (Хадумская свита Предкавказья) / Л. В. Люкшина, Г. Я. Шилов, Р. Н. Мустаев, К. Ю. Одицова // Geomodel 2015–17th science and applied research conference on oil and gas geological exploration and development. – EAGE, 2015.
15. Полетаев А.В. Изотопный состав углеводородных газов Южно-Каспийской впадины [Электронный ресурс] / А.В. Полетаев. – Режим доступа: http://seismology.az/journal/adminka/filemanager/files/custom_files/articles/2008/2007/2010/2010-17.pdf – Загл. с экрана.
16. Сабанаев К.А. Олигоцен-нижнемиоценовый комплекс – мощный резерв увеличения нефтедобычи в Восточном Предкавказье (на примере предгорного Дагестана) / К. А. Сабанаев, В. И. Черкашин // Вестник Дагестан. науч. центра. – 2009. – № 35. – С. 5–10.
17. Условия осадконакопления в восточном океане Паратетис в олигоцене-раннем миоцене / О. К. Баженова, Н. П. Фадеева, М. Л. Сен-Жермес, Е. Е. Тихомирова // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. – 2003. – № 6. – С. 12–19.
18. Фадеева Н.П. Генерационный потенциал майкопской серии Кавказско-Скифского региона / Н. П. Фадеева, О. К. Баженова, М. Л. Сен-Жермес // Геохимическое моделирование и материнские породы нефтегазоносных бассейнов России и стран СНГ. : СПб. : ВНИГРИ, 2000. – С. 60–71.
19. Шарафутдинов В.Ф. Геологическое строение и закономерности развития майкопских отложений Северо-Восточного Кавказа в связи с нефтегазоносностью : автореф. дис. ... доктора геол.-мин. наук / В. Ф. Шарафутдинов. – М. : МГУ, 2003.
20. Эфендиева М.А. Майкопская серия как один из нетрадиционных источников углеводородов Азербайджана / М. А. Эфендиева, И. С. Гулиев // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории. Тр. VII Всероссийского литологического совещания. – Новосибирск, 28–31 октября 2013 г. – С. 317–321.
21. Guliyev I.S. Geochemical characteristics of organic matter from Maikop rocks of eastern Azerbaijan / I. S. Guliyev, M. F. Tagiyev, A. A. Feyzullayev // Lithology and Mineral Resources. – 2001. – Vol. 36, № 3. – P. 280–285.
22. Hudson S.M. Stratigraphy and geochemical characterization of the Oligocene-Miocene Maikop Series: implications for the paleogeography of Eastern Azerbaijan / S. M. Hudson, C. L. Johnson, H. D. Rowe et al // Tectonophysics. – 2008. – Vol. 451, Issues 1–4. – P. 40–55.
23. Origine et préservation de la matière organique amorphe dans la série de Maikop (Oligocène-Miocène inférieur) du Précaucase et de l'Azerbaïdjan / M. Saint-Germès, F. Baudin, O. Bazhenova et al. // Bulletin de la Société géologique de France. – 2002. – T. 173, № 5. – P. 423–426.
24. Petroleum geology of the Black Sea / A. G. Robinson, J. H. Rudat, C. J. Banks, R. L. F. Wiles // Marine and Petroleum Geology. – 1996. – Vol. 13, No. 2. – P. 195–223.
25. Saint-Germès M. L. Etude sédimentologique et géochimique de la matiere organique du bassin maykopien (Oligocene-Mioceneinferiur) de la Crimée a l'Azeibaigian / M. Saint-Germès. – UPVC Paris, 1998.
26. Sedimentology and organic geochemistry of Maikop Series / M. L. Saint-Germès, O. K. Bazhenova, N. P. Fadeeva, F. Baudin // Peri-Tethys Programme, Report of Project 95-75, May 1996. – Lomonosov State University, Moscow, Russia and CNRS-URA 1761 and UPMC, Paris, France, 1996. – P. 1–40.

References:

1. Bazhenova, O.K., Fadeeva, N.P., Sain-Zhermes, M.L., Arefiev, O.A., Boden, F. (2002). Biomarkers of organic matter and oils of the Maikop series of Caucasus-Scythian region. *Geochemistry*, 9, 993–1008. [in Russian].
2. Goryagina, T.A. (2005). Geological and geochemical conditions of Oligocene oil and gas potential of Central and East Precaucasia. Theses of dis. ... cand. geol.-mineral. sciences. Stavropol. [in Russian].
3. Distanova, L.R. (2007). Geochemistry of organic matter of Eocene deposits: on example of the Kuma suite of the Crimean-Caucasian region. Theses of dis. ... cand. geol.-mineral. sciences. M. [in Russian].
4. Yevdokimova, M.L. (2003). Conditions of formation and oil and gas potential of the Maikop series of central and eastern Precaucasia. Theses of dis. ... cand. geol.-mineral. sciences. M. [in Russian].
5. Kerimov, V.Yu., Raczynski, M.Z., Kolushkina, O.V. Conditions of oil and gas forming in the South Caspian basin. [Electronic source]. URL: <http://article.gubkin.ru/ru/file/977> [in Russian].
6. Kozlova, E.V. (2003). Oil and gas potential of deep-water deposits of sedimentary basins in the areas of underwater mud volcanism. Theses of dis. cand. geol.-mineral. sciences. M. [in Russian].
7. Mykhailov, V.A., Zagnitko, V.N. (2015). Geological and geochemical basics for evaluation of gas-bearing shale strata of Ukraine. Saarbrücken, Germany: Palmarium academic publishing, 346 p. [in Russian].
8. Nadezhkin, D.V. (2011). Oil source properties of the Maikop and their role in the oil and gas potential of the eastern Black Sea. Theses of dis. cand. geol.-mineral. sciences. M. [in Russian].
9. Nesterov, I.I. (2007). Oil and combustible gases – renewable energy sources. *Fatherland geology*, 2, 73–82. [in Russian].
10. Mykhailov, V.A., Kurovets, I.M., Sinkovsky, Yu.N. et al. (2014). Unconventional sources of hydrocarbons of Ukraine. B. 3. South oil-gas-bearing Region. K.: "Kiev University", 222 p. [in Ukraine].
11. Sain-Zhermes, M., Bazhenova, O.K., Boden, F. et al. (2000). The organic matter in the sediments of Oligocene Maikop North Caucasus. *Lithology and minerals*, 1, 56–73. [in Russian].
12. Petrychenko, Yu.A. (2000). Geochemical characterization of the organic matter of the Maikop series of the Kerch-Taman trough. *Vestnik MGU. Ser. 4. Geology*, 6, 64–66. [in Russian].
13. Petrychenko, Yu.A. (2001). Oil source potential of the deposits of the Maikop series of Indol-Kuban basin. Theses of dis. cand. geol.-mineral. sciences. M. [in Russian].
14. Lucshina, L.V., Shilov, G.Y., Mustae, R.N., Odintsov, K.Yu. (2015). Improving the efficiency of oil and gas potential pitfalls forecast carbohydrate delivery unconventional reservoirs (Khadum suite Ciscaucasia). *Geomodel 2015 –17th science and applied research conference on oil and gas geological exploration and development, EAGE*. [in Russian].
15. Poletaev, A.V. The isotopic composition of hydrocarbon gases of the South Caspian basin. [Electronic source]. URL: http://seismology.az/journal/adminka/filemanager/files/custom_files/articles/2008/2007/2010/2010-17.pdf [in Russian].
16. Sabanaev, K.A., Cherkashin, V.I. (2009). Oligocene-Lower Miocene complex – powerful reserve for increasing oil production in East Precaucases (on example foothill Dagestan). *Vestnik Dagestan scientific center*, 35, 5–10. [in Russian].
17. Bazhenova, O.K., Fadeeva, N.P., Sen-Zhermes, M.L., Tikhomirova, E.E. (2003). Terms and conditions of sedimentation in the eastern ocean Paratethys in the Oligocene-Early Miocene. *Vestn. MGU. Ser. 4. Geology*, 6, 12–19. [in Russian].
18. Fadeeva, N.P., Bazhenova, O.K., Sen-Zhermes, M.L. (2000). Generation potential of the Maikop series of the Caucasus-Scythian region. Geochemical modeling and source rocks in Russia and SNG oil and gas basins. Saint-Petersburg: VNIIGRI, 60–71. [in Russian].
19. Sharafutdinov, V.F. (2003). Geologic structure and regularities of development of Northeast Caucasus deposits in connection with oil-gas-bearing. Theses of dis. doctor geol.-mineral. sciences. M. [in Russian].
20. Efendiyeva, M., Guliyev, I.S. (2013). Maikop series as one of the unconventional sources of hydrocarbons in Azerbaijan. Sedimentary basins, sedimentary and postsedimentary processes in geological history. *Tr. VII All-Russian lithological meeting*. Novosibirsk, 317–321. [in Russian].
21. Guliyev, I.S., Tagiyev, M.F., Feyzullayev, A.A. (2001). Geochemical characteristics of organic matter from Maikop rocks of eastern Azerbaijan. *Lithology and Mineral Resources*, 36, 3, 280–285.
22. Hudson, S.M., Johnson, C.L., Rowe, H.D. et al. (2008). Stratigraphy and geochemical characterization of the Oligocene-Miocene Maikop Series: implications for the paleogeography of Eastern Azerbaijan. *Tectonophysics*, 451, 1–4, 40–55.
23. Saint-Germès, M., Baudin, F., Bazhenova, O. et al. (2002). Origine et préservation de la matière organique amorphe dans la série de Maikop (Oligocène-Miocène inférieur) du Précaucase et de l'Azerbaïdjan. *Bulletin de la Société géologique de France*, 173, 5, 423–426.
24. Robinson, A.G., Rudat, J.H., Banks C.J., Wiles R.L.F. (1996). Petroleum geology of the Black Sea. *Marine and Petroleum Geology*, 13, 2, 195–223.
25. Saint-Germès, M. L. (1998). Etude sédimentologique et géochimique de la matiere organique du bassin maykopien (Oligocene-Mioceneinferiur) de la Crimée a l'Azeibaigian. UPVC Paris.
26. Saint-Germès, M.L., Bazhenova, O.K., Fadeeva, N.P., Baudin, F. (1996). Sedimentology and organic geochemistry of Maikop Series. Peri-Tethys Programme, Report of Project 95–75, May 1996. Lomonosov State University, Moscow, Russia and CNRS-URA 1761 and UPMC, Paris, France, 1–40.

V. Mykhailov, Dr. Sci. (Geol.), Professor, Director
E-mail: vladvam@gmail.com
Taras Shevchenko National University of Kyiv
Institute of Geology, 90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

HYDROCARBON POTENTIAL OF THE MAIKOP SERIES

Studies of the Maikop series of the southern margin of the East European platform revealed its distinct heterogeneity as to the concentration of organic matter and other gas components. It was found that the Oligocene-Early Miocene is the global era of the carbon accumulation. Formation of high-carbon strata of this level is associated with anoxic conditions of hydrogen sulfide contamination of water strata. Usually, Maikop sediments are characterized by high degree of bituminisation. It is believed that lower Maikop (Oligocene) deposits of the West Black Sea basin are graded at MK₄-AK₁, and sediments of Tuapse, Sorokin and Guria depression are graded at MK₃ (the main zone of oil generation – MZG), Upper Maikop (Lower Miocene) of the east part of the Black Sea are graded at MK₁, and sediments of Tuapse, Sorokin depression, the Shatsky Swell do not reach MZG. On land, Lower Maikop deposits (Khadum suite of the Northern Precaucasia, rocks of the Kerch-Taman and West Kuban depression) show high oil source potential. In the Kerch Peninsula and Sochi-Adler depression Maikop deposits occurred at katagenesis grade PK – early MK₁, that is maturing stage when the mass generation of liquid hydrocarbons has not started yet.

In the Black Sea and the Crimean region the Maikop series is represented by thick layer of clay and mudstone interbedded with siltstones and sandstones, rich in organic matter (from 0,69 to 10,23 %, C_{org} (2,20–16,70 %)). They are associated with numerous hydrocarbon fields. However, the degree of thermal transformations of rocks is very low – reflectivity of vitrinite almost everywhere does not exceed 0,36–0,60 (protocatagenesis), only rarely reaching 0,84–1,64. Thus, organic matter of the Maikop series is usually immature and characterized by relatively low temperature of pyrolysis (418–423 °C), that testifies to a shallow occurrence of the host rock (up to 1,5–2,0 km). But MZG is occurred at the depths of 3–6 km.

Thus, the rocks of the Maikop series, that occur at depths of up to 2000–3000 m, as a rule, are thermally immature and cannot be treated as a prospective site for oil shale research. At the same time at the depth more than 2000–3000 m degree of thermal maturity of the rocks increase and they might be considered as prospective for oil shale research on condition of enrichment in organic matter.

Keywords: Maikop series, hydrocarbon potential, geological and geochemical characteristics.

В. Михайлов, д-р геол. наук, проф., директор
E-mail: vladvam@gmail.com
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

НАФТОГАЗОГЕНЕРАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МАЙКОПСЬКОЇ СЕРІЇ

Дослідження майкопської серії південного обрамлення Східноєвропейської платформи виявили її різку неоднорідність щодо концентрації ОР та інших газових компонентів. Встановлено, що олігоцен-ранній міоцен – глобальна епоха вуглецевого накопичення. Формування високовуглецевих товщ цього рівня пов'язано з аноксидними умовами сірководневого зараження водних товщ. Як правило, для майкопських відкладів характерна висока ступінь бітумізації. Вважається, що нижньомайкопські (олігоценові) відклади в Західночорноморському басейні знаходяться на градації МК₄-АК₁, в Туапсинському, Сорокінському і Гурійському прогинах – МК₃ (головна зона нафтоутворення – ГЗН), верхньомайкопські (нижній міоцен) у східній частині Чорного моря – на градації МК₁, а в прогинах Туапсинському, Сорокіна, на валу Шатського не досягнули ГЗН. На суші підвищений нафтоматеринський потенціал мають відклади нижнього майкопу (хадумська світа Північного Передкавказзя, породи Керченсько-Таманського і Західнокубанського прогинів), а на Керченському півострові і в Сочинсько-Адлерській депресії відклади майкопу розташовані на градації катагенезу ПК – початок МК₁, тобто на стадії дозрівання, коли масова генерація рідких вуглеводнів ще не починалася.

У Чорноморсько-Кримському регіоні майкопська серія представлена потужною товщею глин і аргілітів з прошарками алевролітів і пісковиків, збагачених органічною речовиною (від 0,69 до 10,23 %, C_{org} (2,20–16,70 %)). До неї приурочені численні родовища вуглеводнів. Однак ступінь термічного перетворення порід екстремально низька: ступінь відбивної здатності вітриніту практично повсюдно не перевищує 0,36–0,60 (протокатагенез), тільки в рідкісних випадках досягаючи 0,84–1,64. Таким чином, ОР майкопської серії, як правило, є незрілою, має відносно невеликі температури піролізу (418–423 °C), що свідчить про неглибоке занурення вмісних порід (до 1,5–2,0 км), тоді як ГЗН розміщується на глибинах 3–6 км.

Таким чином, породи майкопської серії в інтервалі глибин до 2–3 тис. м, як правило, є термально незрілими і не можуть розглядатися як перспективний об'єкт для пошуків сланцевої нафти. У той же час на глибинах більше 2–3 тис. м ступінь термальної зрілості порід зростає і за умови збагачення органічною речовиною вони можуть розглядатися як перспективні об'єкти для пошуків сланцевої нафти.

Ключові слова: майкопська серія, нафтогазогенераційний потенціал, геолого-геохімічна характеристика.

УДК 553.04 /9

Г. Рудько¹, д-р геол.-мінералог. наук, д-р геогр. наук, д-р техн. наук,
проф., голова ДКЗ України
E-mail: rudko@dkz.gov.ua,
М. Курило², канд. геол. наук, доц.,
В. Бала¹, заст. начальника відділу
E-mail: bala@dkz.gov.ua

¹ДКЗ України, вул. Кутузова, 18/7, оф. 816, м.Київ, 01133, Україна

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

КРИТЕРІЇ ВИЗНАЧЕННЯ БАЛАНСОВОЇ НАЛЕЖНОСТІ ЗАПАСІВ ВУГІЛЛЯ ЗА ЗІСТАВЛЕННЯМ ВІТЧИЗНЯНИХ КЛАСИФІКАЦІЙ ТА JORC

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. В.А. Михайловим)

Метою дослідження є аналіз і систематизація критеріїв, за якими у вітчизняній і міжнародній практиці встановлюють промислове значення вугільних родовищ. Проаналізовано структуру запасів вугільного родовища, які були підраховані за кондиціями минулих років із виділенням балансових і позабалансових запасів з урахуванням відмінностей якості вугілля та гірничотехнічних умов експлуатації. Наведено їх класифікацію згідно із Інструкцією із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр до родовищ вугілля у вигляді трьохзначного коду, визначено їх відповідність групам запасів і ресурсів Australian Guidelines for Estimation and Classification of Coal Resources.

Проаналізовано параметри оцінки якості і кількості вугільних запасів, визначено промислове значення родовища з урахуванням загальної кількості вугілля в надрах та тих обсягів, які рентабельно вилучаються за умови реалізації конкретного гірничого проекту. Встановлено, що при перерахунку запасів вугілля, які мають промислове значення, найменші кількості виявляються при використанні стандартів JORC і виділенні категорій Proved and Probable Coal Reserves. Ці групи вимагають позитивної оцінки за всіма модифікуючими факторами і наявності гірничого проекту відпрацювання запасів, до якого вони застосовуються. Особливістю Australian Guidelines є наявність категорії Inventory Coal, яку можна умовно зіставити з категоріями ресурсів та умовно балансових запасів або тих груп запасів, для яких не проводилось встановлення їх промислового значення. Дану категорію використовують для повноти оцінки ресурсної бази держави в "непублічній" звітності для цілей стратегічного планування.

При використанні Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр до родовищ вугілля до структури запасів включають також групи умовно балансових та позабалансових. Такі підходи дають можливість більш детального обліку достатньо розвіданих запасів вугілля, які за якісними параметрами відповідають вимогам балансових. У вітчизняних стандартах групам Proved and Probable Coal Reserves відповідають балансові запаси з різним ступенем геологічного вивчення, які виділені в межах проектних контурів гірничих виробок, тобто кількості промислових запасів. При цьому вітчизняна класифікація дає можливість детально обліковувати також і інші кількості розвіданих запасів і ресурсів, які дають можливість майбутнього приросту.

Практичне значення такого аналізу полягає у спрощенні геолого-економічної оцінки вугільних родовищ, які розвідуються за різними стандартами геологічного вивчення.

Ключові слова: промислове значення, запаси вугілля, класифікації запасів і ресурсів, міжнародні стандарти.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. У вітчизняній практиці проведення геолого-економічної оцінки (ГЕО) запасів вугілля відбувається на базі розвіданих і попередньо оцінених запасів, для яких послідовно встановлюється промислове значення та ступінь підготовленості до промислового освоєння. У практиці оцінки за міжнародними стандартами виокремлені 1) оцінка загальної кількості вугілля в надрах та 2) оцінка, тих обсягів, які рентабельно вилучаються за умови реалізації конкретного гірничого проекту. При цьому методи проведення ГЕО є подібними і залежать від ступеня геологічного вивчення. Об'єктами оцінювання є запаси і ресурси вугілля, але розмежування між ними відбувається за критеріями, перелік яких є відмінним у різних стандартах. У багатьох випадках це ускладнює класифікацію запасів за міжнародними стандартами і виділення тієї частини, яка має промислове значення, що є обов'язковим для залучення іноземних інвестицій у розробку родовищ і розміщення акцій компаній на міжнародних біржових майданчиках.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вітчизняна практика геолого-економічної оцінки вугільних родовищ базується на Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр [2] та Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ вугілля [1]. У цих документах наводяться критерії розподілу запасів вугілля за промисловим значенням. Ними можуть бути: гірничотехнічні або технологічні чинники, результати техніко-економічних розрахунків та/або матеріали фінансової звітності, нормативні чинники, зокрема наявність дозвільних документів для освоєння.

Принципи розподілу запасів і ресурсів корисних копалин на облікові групи, які прийняті у вітчизняній Класифікації, гармонізуються з Міжнародною рамковою класифікацією запасів і ресурсів твердих горючих і мінеральних корисних копалин (РКООН), розробленою Спеціальною групою експертів Комітету зі сталої енергетики Європейської Економічної Комісії ООН [4].

У закордонній практиці масштабно використовується також стандарт звітності по запасах JORC (Австрало-Азійський кодекс звітності по результатах геологорозвідувальних робіт) [6], який було прийнято за основу при розробці національних кодексів звітності у багатьох країнах світу, а також шаблон складання кодексів Об'єднаного комітету з міжнародних стандартів звітності про запаси – CRIRSCO. Відмінністю його використання є не лише функції обліку і систематизації запасів, а також можливість їх оцінки з метою інвестування гірничих підприємств із дотриманням вимог достовірності геологічної інформації, максимальної впевненості в ефективності вкладення коштів. З цієї метою кодексом передбачено перелік параметрів – "модифікуючих факторів", відповідно до яких визначають промислове значення запасів і їх рентабельність освоєння.

Потреба підрахунку запасів вітчизняних і їх техніко-економічного вивчення не лише за вітчизняними класифікаціями викликала необхідність гармонізації різних методичних підходів і виявлення шляхів їх одночасного використання. Еволюція і порівняння різних класифікаційних систем висвітлені в роботах [3–5]. Необхідно відзначити, що на сучасному етапі вітчизняні надрокористувачі за необхідності проводять щорічну оцінку запасів корисних копалин за стандартами

ртами JORC [8]. Як правило, це викликано потребами публічного продажу акцій надрокористувача, необхідністю звітувати перед іноземними акціонерами тощо.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. Детальна характеристика і зіставлення стандартів оцінювання наведені в роботах [3, 4], де розглядаються загальні випадки систематизації твердих корисних копалин і окремо вуглеводнів.

Практичні питання застосування міжнародних стандартів для вугільних родовищ є предметом даного дослідження і стосуються прикладів конкретних родовищ із складною структурою запасів.

Класифікаційні ознаки вітчизняних методик та система JORC мають спільні риси і відмінності у практичному застосуванні. Для порівняння обрано інструменти саме названої міжнародної системи оцінки запасів, оскільки вони є звичні і зрозумілі закордонному інвестору і спрощують процедури підрахунку реальних (видобувних) запасів компаній, що дозволяє визначити ризики для інвесторів при наданні банківських кредитів. У даній роботі як основний прийнятий документ Australian Guidelines for Estimation and Classification of Coal Resources [6,7], в якому викладено практичні рекомендації щодо застосування JORC для запасів і ресурсів вугілля.

Формулювання цілей статті. Метою проведеної роботи є виявлення головних подібностей та розбіжностей методичних підходів при визначенні промислового значення вугільних родовищ у вітчизняній і міжнародній практиці. Необхідним є повне з'ясування підстав для виділення рентабельних (балансових) запасів, причин виникнення умовно балансових та позабалансових запасів. Зіставлення класифікаційних ознак запасів і ресурсів вугільних родовищ для вітчизняних нормативних документів та JORC, Australian Guidelines for Estimation and Classification of Coal Resources дасть можливість зрозуміти істотну різницю у кількостях запасів, які обліковуються за різними методиками.

Чіткість у розмежуванні класифікаційних ознак спростить процедуру переведення окремих груп запасів і ресурсів, отриманих при оцінюванні за різними вимогами, і загалом покращить розуміння всієї геологічної інформації з оцінки вугільних родовищ, зокрема таких ознак, як достовірність оцінки, врахування комплексу модифікуючих чинників та ін.

Виклад основного матеріалу. Визначення балансової належності запасів вугілля у вітчизняній практиці базується на положеннях Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр до родовищ вугілля [1].

Промислове значення запасів є їх важливою класифікаційною ознакою, яка встановлюється за результатами вивчення передумов освоєння родовища. До останніх належать: гірничо-геологічні та гірничо-технічні фактори; технологічні фактори, які визначають здатність корисної копалини перетворюватися на товарну продукцію із заданими якісними характеристиками; соціально-економічні (значення, ліквідність корисної копалини і продуктів її переробки для економіки, потреби і ступінь забезпеченості запасами даного виду сировини); економіко-географічні (транспортно-географічні фактори, що характеризують віддаленість від споживачів, освоєність району розробки, енергетичні і транспортні умови та ін.), екологічні фактори.

За промисловим значенням запаси вугілля поділяються на такі групи [1]:

- балансові запаси, які на момент підрахунку, згідно з техніко-економічними розрахунками, можна економічно ефективно видобути і використати за умови застосування сучасної техніки і технології видобутку і збагачення вугілля;
- умовно балансові запаси, ефективність видобутку і використання яких на момент оцінки не може бути однозначно визначена, а також запаси, що відповідають вимогам до балансових запасів, але з різних причин не можуть бути використані на момент оцінки;
- позабалансові запаси, видобуток і використання яких на момент оцінки є економічно недоцільним, але в майбутньому вони можуть стати об'єктом промислового значення.

У той же час при проведенні повторних переоцінок родовищ вугілля часто використовують розмежування запасів на групи балансових і позабалансових згідно з кондиціями підрахунку, які застосовувались в минулі періоди (1960–1990 рр.). Розмежування таких груп раніше здійснювалось при встановленні різних параметрів кондицій для їх підрахунку. Так, для балансових запасів використовують такі параметри: мінімальна потужність вугільних пластів простої та складної будови – 0,60 м; максимальна середньопластова зольність вугілля (A^d) – 30 %; для позабалансових – мінімальна потужність вугільного пласта – 0,45 м, максимальна зольність (A^d) – 40 %. Таке розмежування відбувається під час підрахунку запасів, а не після проведення техніко-економічних розрахунків. У результаті таких оцінок у структурі запасів родовища існують групи балансових запасів, а також позабалансових (по зольності, потужності, гірничотехнічним умовам) і позабалансових, які не є рентабельними. Така систематизація може спричинити некоректний розподіл між кількостями запасів, які дійсно можуть стати ефективними для використання у майбутньому, і тими, які в принципі не можуть вилучатись через ряд технічних причин.

Для класифікації запасів у міжнародній практиці найпоширенішим є стандарт звітності CRIRSCO. Для результатів геологорозвідувальних робіт щодо ресурсів або запасів вугілля керуються шаблоном JORC, зокрема Australian Guidelines for Estimation and Classification of Coal Resources-2014 [5]. Згідно з шаблонами JORC за промисловим значенням виділяють 2 групи запасів вугілля: Proved і Probable Coal. При цьому застосовують перелік модифікуючих критеріїв, які включають [5]: 1) наявність прав на освоєння надр та землекористування; 2) способи агрегації даних; 3) обґрунтування граничних параметрів оцінки; 4) гірничотехнічні рішення; 5) технологічні чинники; 6) чинники вартості і прибутковості; 7) кон'юнктура ринку мінеральної сировини; 8) екологічні фактори; 9) адміністративно-правові; 10) соціальні чинники; 11) достовірність оцінки. Такий перелік свідчить про значну відповідність переліку чинників, які враховуються при встановленні промислового значення у вітчизняних системах оцінки із міжнародним стандартом.

Особливістю Australian Guidelines є наявність категорії Inventory Coal, яку можна умовно зіставити з категоріями ресурсів та умовно балансових запасів або тих груп запасів, для яких не проводилось встановлення їх промислового значення (табл. 1). Inventory Coal визначається як категорія, яку використовують для повноти оцінки ресурсної бази держави в "непублічній" звітності для цілей стратегічного планування. До цієї категорії відносять ресурси вугілля в надрах, для яких було проведено

певний обсяг геологорозвідувальних робіт, але їх недостатньо для достовірної оцінки. За визначенням [5] ця категорія включає в себе всі відомі ресурси вугілля. Для них відомі місцезнаходження, геологічні характеристики

і умови залягання вугілля, але для їх оцінки не застосовуються модифікуючі чинники, оскільки для них не встановлено раціональність промислового вилучення.

Таблиця 1. Категорії запасів, виділені за промисловим значенням

Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ вугілля [1]	Ступінь геологічного вивчення	Australian Guidelines for Estimation and Classification of Coal Resources
Балансові запаси	Розвідані запаси категорії A+B (+C ₁)	Proved Coal Reserves
	Попередньо оцінені запаси категорії C ₁ +C ₂	Probable Coal Reserves
Умовно балансові та позабалансові запаси	Розвідані запаси категорії A+B (+C ₁)	Coal Resources/ Inventory Coal
	Попередньо оцінені запаси категорії C ₁ +C ₂	Coal Resources/ Inventory Coal
Промислове значення не визначено	Перспективні і прогнозні ресурси	Inferred Coal Resources

Для прикладу в табл. 2 подано результати підрахунку і структуру запасів вугільного родовища, які були підраховані із застосуванням кондицій 1978 р. із виділенням балансових і позабалансових запасів, базуючись на відмінностях у якості вугілля та гірничотехнічних умов експлуатації. Також наведено їх класифікацію згідно з Інструкцією

із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр (ДФН) до родовищ вугілля у вигляді трьохзначного коду. Представлено і їх відповідність групам запасів і ресурсів Australian Guidelines for Estimation and Classification of Coal Resources [5].

Таблиця 2. Структура запасів із виділенням категорій та груп за промисловим значенням

Структура запасів із виділенням категорій (згідно з кондиціями 1978 року)	Частка окремих груп, %	Код запасів згідно з класифікацією ДФН	Групи запасів і ресурсів за [5]
1. Всього по шахті разом з ціликами:	100	111, 112, 222, 332	Measured, Indicated Coal Resources
1.1 Балансові запаси	65,11		
B	4,85	111	Measured Coal Resources
C ₁	60,26	112, 222, 332	Indicated Coal Resources
B+C ₁	65,11		Measured Indicated Coal Resources
1.2 Позабалансові C ₁	34,89	221, 222, 331, 332	Indicated Coal Resources
по потужності	29,73		
по ГТУ	3,53		
по золі	1,63		
2. Всього в ціликах по шахті	64,48	Умовно балансові та/або з невизначеним промисловим значенням	Measured Indicated Coal Resources/ Inventory Coal
2.1 Балансові запаси :	48,88		
B	3,86	221, 211, 331	
C ₁	45,14	222	
B+C ₁	48,88	221, 222, 331	Measured Indicated Coal Resources
2.2 Позабалансові C ₁	15,6	222	Indicated Coal Resources/ Inventory Coal
по потужності	13,62	222	
по ГТУ	1,17	222	
по золі	0,81	222	
3. Всього по шахті (за винятком ціликів)	35,52		
3.1 Балансові запаси	16,23	Балансові запаси	
B	0,99	111	Proved Coal Reserves
C ₁	15,12	112	Probable Coal Reserves
B+C ₁	16,23	111, 112	Proved and Probable Coal Reserves
3.2 Позабалансові C ₁	19,29	Позабалансові та/або із невизначеним промисловим значенням	Indicated Coal Resources
по потужності	16,11		
по ГТУ	2,35		
по золі	0,82		

У першому випадку в загальну кількість балансових запасів вугілля потрапляють запаси, які не можуть бути вилучені з надр і в кращому випадку потребують застосування окремих проектних гірничих рішень – запаси в охоронних ціликах (під населеними пунктами, під поверхневими шахтними спорудами, промисловими майдан-

чиками, транспортними шляхами, об'єктами енергетичної інфраструктури тощо). Згідно із сучасною класифікацією ДФН вони складають групу умовно балансових запасів і на сьогодні не можуть розроблятися. Згідно із визначенням Australian Guidelines вони належать до групи

Inventory Coal і не розглядаються як запаси для проектування добувних підприємств. Для даного прикладу частка цих запасів є досить істотною і сягає 49 %.

Крім цього, як позабалансові можуть обліковуватись обсяги вугілля (п. 2.2, табл. 2), які не відповідають вимогам якості (підвищеної зольності) та/або незадовільних гірничотехнічних параметрів (недостатня потужність вугільних пластів). У міжнародній практиці оцінки такі кількості не обліковуються у випадках технічної або технологічної неможливості їх вилучення та переробки. За

умови появи нових технологій видобутку вони можуть перейти до категорій ресурсів або запасів. При цьому для запасів граничні параметри відпрацювання вугільних покладів приймаються відповідно до конкретного гірничого проекту або за доведеною аналогією із пластами, які рентабельно розробляються.

На рис. 1, 2 наведено порівняння структури запасів вугілля з виділення класів за промисловим значенням.

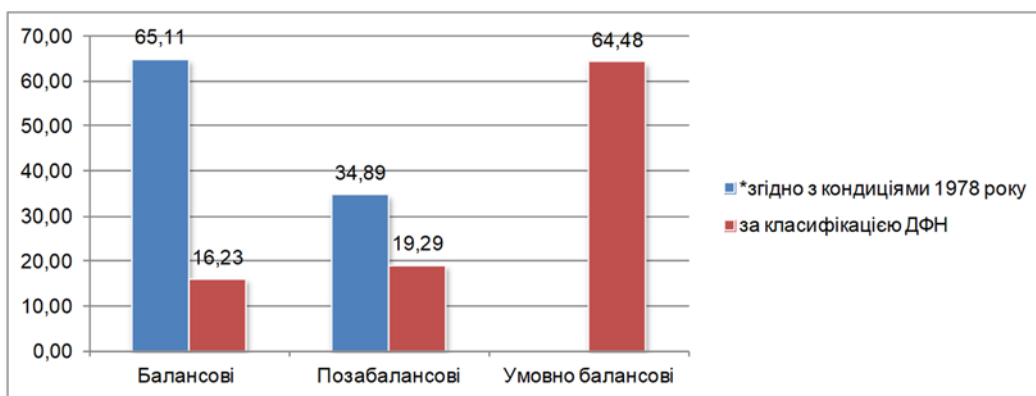


Рис. 1. Порівняння структури запасів, виділеної згідно з чинною класифікацією та групами за кондиціями 1978 р. (частка, %)

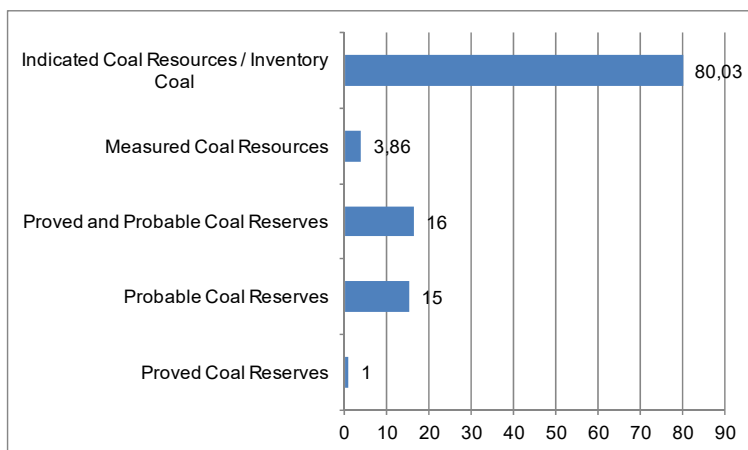


Рис. 2. Структура запасів і ресурсів вугілля за [5] (частка, %)

При перерахунку запасів вугілля, які мають промислове значення, найменші кількості виявляються при використанні стандартів JORC і виділенні категорій Proved and Probable Coal Reserves. Ці групи вимагають позитивної оцінки за всіма модифікуючими факторами і наявності гірничого проекту відпрацювання запасів, до якого вони застосовуються. Інші обсяги вугілля, для яких проект промислового освоєння не розроблений, але вони можуть оцінюватись за доведеною аналогією з діючими добувними підприємствами, віднесені до категорій ресурсів Indicated, Measured, Inferred Coal Resources.

При використанні Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр (ДФН) до родовищ вугілля, яка гармонізується з Міжнародною рамковою класифікацією запасів і ресурсів твердих горючих і мінеральних корисних копалин (РКООН), до структури запасів включають також групи умовно балансових, які на момент оцінки не можуть бути вилучені через вплив гірничотехнічних, технологічних, нормативних факторів. Такі підходи дають можливість більш детального обліку

достатньо розвіданих запасів вугілля, які за якісними параметрами відповідають вимогам балансових.

Висновки. При встановленні промислового значення запасів вугілля за різними стандартами оцінювання використовуються подібні критерії, але по-різному відбувається розмежування виділених категорій запасів. Це пояснюється в першу чергу завданнями і практичними функціями самих класифікацій.

При використанні стандартів JORC і виділенні категорій Proved and Probable Coal Reserves підраховують виключно видобувні (промислові) запаси згідно з проектними гірничотехнічними рішеннями. У такому випадку структура запасів складена обсягами з максимальною достовірністю якісних і кількісних показників і доведеною рентабельністю відпрацювання. Такі підходи максимально задовольняють вимоги інвесторів при наданні банківських кредитів.

У вітчизняних стандартах групам Proved and Probable Coal Reserves відповідають балансові запаси з різним сту-

пенем геологічного вивчення, які виділені в межах проектних контурів гірничих виробок, тобто кількості промислових запасів. При цьому вітчизняна класифікація дає можливість детально обліковувати також і інші кількості розвіданих запасів і ресурсів, які дають можливість майбутнього приросту. Належність об'єкта оцінки до кожної з визначених груп за названими класифікаціями не завжди має точну відповідність і повинна оцінюватись у кожному конкретному випадку за наявною геологічною інформацією. Певні відмінності між стандартами оцінювання запасів і ресурсів вугілля полягають в обґрунтуванні достовірності параметрів оцінки, для чого в міжнародній практиці використовують прямі вимоги щодо статистичного аналізу та геостатистичне моделювання родовищ.

З огляду на різне функціональне призначення існуючих класифікаційних систем (облік запасів і ресурсів різного рівня, прогноз відтворення мінерально-сировинної бази, залучення інвестицій, публічна звітність про запаси) головним напрямом їх вдосконалення є гармонізація різних методичних підходів і виявлення шляхів їх одночасного використання.

Список використаних джерел:

1. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ вугілля. – К.: ДКЗ України, 2004. – 34 с.
2. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF> – Назва з екрану.
3. Національні та міжнародні системи класифікації запасів і ресурсів корисних копалин: стан та перспективи гармонізації / Г. І. Рудько, О. В. Нецький, М. В. Назаренко та ін. – Київ; Чернівці: Букрек, 2012. – 240 с.

G. Rudko¹, Dr. Sci. (Geol.), Dr. Sci. (Geogr.), Dr. Sci. (Tech.), Professor
Head of State Commission of Ukraine on Mineral Resources
E-mail: rudko@dkz.gov.ua,
M. Kurylo², Cand. Sci. (Geol.), Assistant Professor
E-mail: kurylo@mail.univ.kiev.ua,
V. Bala¹, Deputy Head of Department
E-mail: bala@dkz.gov.ua
¹State Commission of Ukraine on Mineral Resources
18/7 Kutuzova Str., of. 816, Kyiv, 01133, Ukraine
²Taras Shevchenko National University of Kyiv
Institute of Geology, 90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

4. Сравнительный анализ Рамочной классификации ископаемых энергетических и минеральных ресурсов Организации Объединенных Наций / Серия публикаций ЕЭК по энергетике. – 2009. – № 33. – 82 с.

5. Фурман Н. Эволюция методик оценок запасов: стандарты сближаются / Н. Фурман, С. Чернышов // Новатор / Innovator. – 2008. – № 26. – С. 6–9.

6. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.jorc.org/docs/JORC_code_2012.pdf. – Назва з екрану.

7. Australian Guidelines for Estimation and Classification of Coal Resources [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.jorc.org/docs/Coal_Guidelines_2014_-_Final_Ratified_Document.pdf. – Назва з екрану.

8. Mining and resources [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ferrexpo.com/operation/mining-and-resources>. – Назва з екрану.

References:

1. Instructions for using the classification of mineral resources and reserves of the state subsoil fund to coal deposits (2004). State Commission of Ukraine for Mineral Reserves, 34 p. [in Ukrainian].
2. Mineral Resources Classification of Ukrainian State Subsoil Fund. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF> [in Ukrainian].
3. Rudko, G.I., Netskyi, O.V., Nazarenko, M.V., Khomenko, S.A. (2012). National and international systems of Mineral Resources Classification: state and perspectives of alignment, monograph. Kyiv, 240 p. [in Ukrainian].
4. Comparative analysis of the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Resources. (2009). *ECE Series of publications on energy*, 33, 82 p. [in Russian].
5. Furman, N., Chernyshov, S. (2008). Evolution of methods of estimating reserves: standards converge. *Novator / Innovator*, 26, 6–9. [in Russian].
6. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves. URL: http://www.jorc.org/docs/JORC_code_2012.pdf.
7. Australian Guidelines for Estimation and Classification of Coal Resources. URL: http://www.jorc.org/docs/Coal_Guidelines_2014_-_Final_Ratified_Document.pdf.
8. Mining and resources. URL: <http://www.ferrexpo.com/operation/mining-and-resources>

Надійшла до редколегії 22.01.18

CRITERIA FOR DETERMINING INDUSTRIAL SIGNIFICANCE OF COAL RESERVES: DOMESTIC CLASSIFICATIONS VS JORC

Main objective of the study is analysis and systematization of the criteria by which industrial significance and value of coal reserves are determined in domestic and international practice. We analyzed the example of coal deposit reserves' structure. These reserves were calculated according to previous years' cut-off parameters with allocation of balance and off-balance reserves taking into account differences in coal quality and mining technical conditions. Their classification is given in form of a three-digit code in accordance with the Instruction for Application of the Classification of Mineral Reserves and Resources of the State Subsoil Fund to coal deposits. Their relation with groups of reserves and resources was determined by the Australian Guidelines for Estimation and Classification of Coal Resources.

Parameters for quality and quantity assessments of coal reserves have been analyzed. Industrial significance of the deposit was determined taking into account the total volumes of coal in the subsoil and those volumes that can be extracted profitably with implementation of a specific mining project. It was defined that coal reserves recalculating using the JORC standards form the smallest quantities of reserves that have industrial importance. These are categories of Proved and Probable Coal Reserves. These groups require a positive assessment of all modifying factors and availability of a mining project to which they are applied.

A particular feature of the Australian Guidelines is availability of the category Inventory Coal, which can be conditionally compared with domestic categories of resources and conditionally-balance reserves or those reserves groups for which industrial value has not been determined. This category is used for full assessment of state's resource base in "non-public" reporting for strategic planning purposes.

Using the Classification of Mineral Reserves and Mineral Resources of the State Subsoil Fund also allows including groups of conditionally balanced and off-balance reserves in the structure of reserves. Such approaches provide an opportunity for detailed account of sufficiently proven coal reserves, which qualitatively meet the requirements of the balance. In domestic standards Proved and Probable Coal Reserves groups correspond to balance reserves with different degrees of geological study, allocated within the design contours of mine workings. As a rule they form a quantity of industrial reserves. At the same time, the domestic classification makes it possible to take into account other quantities of explored reserves and inferred resources that form the possibility of future growth.

The practical significance of this analysis is to facilitate geological and economic evaluation of coal deposits, which are explored in different standards of geological study.

Keywords: commercial significance, coal reserves, classification of reserves and resources, international standards.

Г. Рудько¹, д-р геол.-минералог. наук, д-р г. наук, д-р техн. наук

проф., председатель ГКЗ Украины

E-mail: rudko@dkz.gov.ua,

М. Курило², канд. геол. наук, доц.

E-mail: marikurylo@meta.ua,

В. Бала¹, зам. начальника отдела

E-mail: bala@dkz.gov.ua

¹ГКЗ Украины, ул. Кутузова, 18/7, оф. 816, г. Киев, 01133, Украина

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БАЛАНСОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЗАПАСОВ УГЛЯ ПРИ СОПОСТАВЛЕНИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ И JORC

Целью данного исследования является анализ и систематизация критериев, по которым устанавливают промышленное значение запасов угля в отечественной и международной практике. Проанализирована структура запасов угольного месторождения, которые были подсчитаны по кондициям прошлых лет с выделением балансовых и забалансовых запасов с учетом различий качества угля и горнотехнических условий эксплуатации. Приведена их классификация в соответствии с Инструкцией по применению Классификации запасов и ресурсов полезных ископаемых Государственного фонда недр к месторождениям угля в виде трехзначного кода. Определено их соответствие группам запасов и ресурсов Australian Guidelines for Estimation and Classification of Coal Resources.

Проанализированы параметры оценки качества и количества угольных запасов, определено промышленное значение месторождения с учетом общего количества угля в недрах и тех объемов, которые рентабельно извлекаются при реализации конкретного горного проекта. Установлено, что при пересчете запасов угля, которые имеют промышленное значение, наименьшие количества запасов формируются при использовании стандартов JORC и выделении категорий Proved and Probable Coal Reserves. Эти группы требуют положительной оценки по всем модифицирующим факторам и наличия горного проекта отработки запасов, к которому они применяются. Особенностью Australian Guidelines является наличие категории Inventory Coal, которую можно условно сопоставить с категориями ресурсов и условно-балансовых запасов или тех групп запасов, для которых не проводилось определение их промышленного значения. Данную категорию используют для полноты оценки ресурсной базы государства в "непубличной" отчетности для целей стратегического планирования.

При использовании Классификации запасов и ресурсов полезных ископаемых Государственного фонда недр к месторождениям угля в структуру запасов включают также группы условно-балансовых и забалансовых. Такие подходы дают возможность более детального учета достаточно разведанных запасов угля, которые по качественным параметрам соответствуют требованиям балансовых. В отечественных стандартах группам Proved and Probable Coal Reserves соответствуют балансовые запасы с разной степенью геологического изучения, выделенные в рамках проектных контуров горных выработок, то есть количества промышленных запасов. При этом отечественная классификация дает возможность детально учитывать также и другие количества разведанных запасов и ресурсов, которые формируют возможность будущего прироста.

Практическое значение такого анализа заключается в упрощении геолого-экономической оценки угольных месторождений, которые разведываются на основании разных стандартов геологического изучения.

Ключевые слова: промышленное значение, запасы угля, классификации запасов и ресурсов, международные стандарты.

УДК 549 : 622.7 : 553.31 (477.63)

О. Демченко, асп.
E-mail: demchenkooleg121@gmail.com,
В. Евтехов, д-р геол.-минералог. наук, проф., зав. кафедры
E-mail: evtekhov@gmail.com,
А. Евтехова, канд. геол. наук, доц.
eva.anna23@gmail.com,
Е. Георгиева, ст. преподаватель
E-mail: hgeorg7@mail.ru
Криворожский национальный университет
ул. Пушкина, 37, г. Кривой Рог, 50002, Украина

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОВТОРНОГО ОБОГАЩЕНИЯ КРУПНОЗЕРНИСТОГО ОТСЕВА ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ ФАБРИК КРИВОРОЖСКОГО БАСЕЙНА

(Рекомендовано членом редакционной коллегии д-ром геол. наук, доц. С.Е. Шнюковым)

Богатые железные руды Криворожского бассейна относятся к наиболее всесторонне изученным геологическим объектам железисто-кремнистой формации. Разработка месторождений богатых гематитовых руд производится семью шахтами и двумя карьерами. Среднее содержание железа в рудах 55–58 масс.%. В связи со сложностью контактов рудных тел и несовершенностью технологии добычи в рудную массу в процессе ее извлечения из недр поступают нерудные компоненты. Этим объясняется более низкое содержание железа (52–54 масс.%) в составе добытой рудной массы по сравнению с его средним содержанием в руде подготовленных к отработке залежей.

Для повышения содержания железа в товарной руде до 55–60 масс.% на всех шахтах Кривбасса работают дробильно-сортировочные фабрики (ДСФ), на которых методом трехстадийного дробления и грохочения производится разделение менее прочных частиц богатых руд и более прочных частиц большинства маложелезистых горных пород. Отходы обогащения представляют собой крупнозернистый отсеб ДСФ (размер частиц 20–100 мм) с общим содержанием железа от 39 до 46 масс.%, в среднем около 43 масс.%.

Целью работы были: анализ данных ранее выполненных минералого-технологических исследований, определение причин неоптимальности их результатов; минералогическое обоснование эффективной технологии производства высококачественной аглоруды и концентрата из отсева ДСФ.

На основе выполненных авторами петрографических и минералогических исследований для выполнения минералого-технологических экспериментов были выбраны методы магнитного и гравитационного обогащения отсева, измельченного до оптимальной крупности частиц.

В соответствии с полученными данными, из отсева ДСФ возможно производство полезных конечных продуктов с разным содержанием железа: рядовой агломерационной руды (содержание железа 55–59 масс.%), высококачественной аглоруды (60–62 масс.%); аглоконцентрата (63–64 масс.%); рядового концентрата (65–67 масс.%); высококачественного концентрата (68–69 масс.%). Качество продуктов зависит от крупности частиц в продуктах измельчения, которая изменяется от 1–2 мм (рядовая аглоруда) до менее 0,1 мм (высококачественный концентрат). Сравнение разных методов обогащения измельченного материала показало, что наиболее эффективным способом является гравитационный.

Научная новизна работы состоит в минералогическом обосновании технологии производства высококачественных полезных конечных продуктов из отсева ДСФ шахт Кривбасса. Практическое значение работы – в определении возможности производства дополнительного количества высококачественной аглоруды и концентрата; уменьшении объемов складирования отходов обогащения.

Ключевые слова: железисто-кремнистая формация, Криворожский бассейн, богатые железные руды, отходы обогащения, повторное использование отходов обогащения руд.

Состояние проблемы. Богатые железные руды Криворожского бассейна относятся к наиболее глубоко и всесторонне изученным геологическим объектам железисто-кремнистой формации планеты [1–5]. Известны три их основных вида: гематитовые (бурожелезняковые), магнетитовые и гематитовые. Залежи первых практически полностью отработаны. Добыча богатых магнетитовых руд в связи с истощением запасов и большой глубиной залегания их остаточных залежей также прекращена. Разработка месторождений богатых гематитовых руд ведется семью шахтами и двумя карьерами (рис. 1).

Выделяются четыре минеральные разновидности богатых гематитовых руд: 1) мартитовые, железнослюдко-мартитовые, мартит-железнослюдковые ("синьки") – среднее содержание железа около 64 масс.%; 2) дисперсногематит-мартитовые, дисперсногематит-железнослюдко-мартитовые ("краско-синьки") – около 59 масс.%; 3) мартит-дисперсногематитовые ("синько-краски") – около 54 масс.%; 4) дисперсногематитовые, каолинит-дисперсногематитовые ("краски") – около 50 масс.%. В разрабатываемых рудных залежах в разном количестве присутствуют все четыре разновидности руд. Поскольку

селективная отработка руд названных минеральных разновидностей не производится, извлекаемая из недр рудная масса имеет промежуточный минеральный и химический состав. Среднее содержание железа в рудах подготовленных к отработке залежей разных месторождений составляет 57–58 масс.%.

В связи со сложностью контактов рудных тел, несовершенностью технологии добычи руд – в рудную массу в процессе ее извлечения из недр поступают нерудные компоненты: рядовые гематитовые кварциты (среднее содержание железа 37–38 масс.%), безрудные (силикатные, каолинит-дисперсногематитовые) кварциты (около 23 масс.%); разного состава сланцы (около 20 масс.%), а также в незначительном количестве горные породы, которыми сложены толщи, подстилающие и перекрывающие толщу железисто-кремнистой формации – тальк-содержащие, кварц-мусковитовые сланцы, мусковитовые кварциты, амфиболиты, доломитовые мраморы, граниты и др. (0–15 масс.%). Содержание в добываемой рудной массе нерудных компонентов изменяется от 20 до 30 масс.%, в том числе гематитовых кварцитов 10–25 %, других горных пород до 5 %.

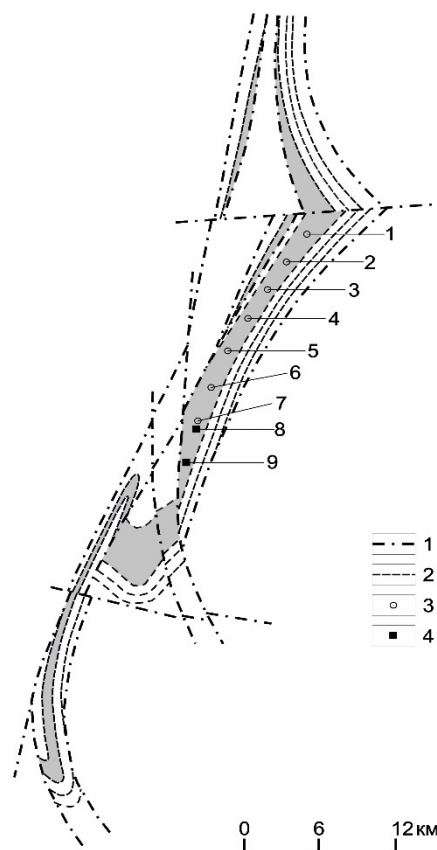


Рис. 1. Положение горнодобывающих предприятий по добыче богатых гематитовых руд на схематической карте Криворожского бассейна: 1 – разрывные нарушения; 2 – линии стратиграфических контактов; 3 – месторождения, разрабатываемые подземным способом; 4 – месторождения, разрабатываемые открытым способом.
Шахты: 1 – Терновская; 2 – Гвардейская; 3 – Юбилейная; 4 – им. М.В. Фрунзе; 5 – Заря-Октябрьская; 6 – Родина; 7 – № 1 им. Ф.А. Артема. Карьеры: 8 – Южный; 9 – Северный

Присутствием в составе добываемой рудной массы нерудных компонентов объясняется более низкое содержание в ее составе железа (52–54 масс.%) по сравнению с его средним содержанием в руде подготовленных к отработке залежей (как отмечалось выше – 57–58 масс.%).

Для повышения содержания железа в товарной руде до 55–60 масс.% на всех шахтах Кривбасса были построены дробильно-сортировочные фабрики (ДСФ), на которых методом трехстадийного дробления и грохочения [6] производится разделение менее прочных частиц богатых руд и более прочных, более устойчивых к механическим воздействиям частиц большинства маложелезистых горных пород. После третьей стадии дробления и грохочения дробленый продукт разделяется на две гранулометрические фракции: 1) подрешетный продукт с крупностью частиц менее 20 мм – товарная агломерационная руда; 2) надрешетный продукт с крупностью частиц 20–100 мм – крупнозернистый отсев ДСФ. В складах шахт Криворожского бассейна накоплено, по разным оценкам, от 15 до 20 млн т этого вида сырья (в складах отдельных шахт – от 2 до 5 млн т). Ежегодно этот показатель возрастает на 1–2 млн т.

Вследствие недостаточной избирательности дробления и грохочения, в составе крупнозернистого отсева кроме низкожелезистых горных пород присутствуют также частицы богатых руд. Их количество в отсеве ДСФ разных шахт колеблется, в зависимости от минералогических характеристик исходной руды, от 7 до 12 % от общей массы отсева, иногда превышает 20 %; средний показатель около 10 масс.%. Общее содержание железа в составе отсева изменяется от 39 до 46 масс.%, средний показатель – около 43 масс.%.

Значительные объемы крупнозернистого отсева ДСФ, постоянное пополнение его складов, высокое содержание железа в его составе являются причиной того, что на протяжении последних лет он изучается как один из приоритетных видов нетрадиционного железорудного сырья Кривбасса. Были проведены минералогические исследования и лабораторные, полупромышленные испытания обогатимости отсева с целью производства агломерационной руды, аглоконцентрата и концентрата. Работы проводились, главным образом, с целью обоснования возможности производства из отсева высококачественного железорудного сырья с использованием "сухого" магнитного обогащения или применения для этого геофизической (гамма-гамма метод) сепарации [6].

Цель работы: проанализировать результаты ранее выполненных минералого-технологических исследований, определить причину неоптимальности полученных ранее результатов; минералогически обосновать эффективную технологию производства высококачественной аглоруды и концентрата из отсева ДСФ.

Результаты. Анализ минералого-технологических данных, полученных на протяжении более 50 лет, позволил выделить 5 основных направлений изучения возможности производства высококачественных полезных конечных продуктов (агломерационной руды, аглоконцентрата, концентрата) из некондиционного и низкокондиционного гематитового сырья Криворожского бассейна и аналогичных месторождений других регионов. Работы проводились по следующим направлениям.

1) Разработка технологии производства аглоруды с общим содержанием железа около 55 масс.%

путем додраблывания отсева ДСФ до крупности частиц менее 10 мм и "сухой" магнитной сепарации полученного продукта в поле повышенной интенсивности. Исследования проводились в институте "Механобрчермет" (Кривой Рог), на кафедре обогащения полезных ископаемых Криворожского национального университета (КНУ), в научно-производственных организациях "Продэкология" (Ровно) и "Магнис" (Луганск). В лабораторных условиях были получены результаты, близкие к оптимальным. На основе полученных технологических решений были построены несколько небольшой мощности (до 1 млн т исходного сырья в год) промышленных установок предприятий "Гамаюн", "Укрмеханобр", "Сигма" и др. Опыт их работы на протяжении более 10 лет показал, что содержание железа в составе полезного конечного продукта, получаемого в промышленных условиях с использованием этой технологии, как правило, не превышает 52–55 масс.%; выход продукта относительно низкий (20–30 %); содержание железа в отходах обогащения очень высокое – 35–40 и более масс.%. Проектные показатели действовавших обогатительных установок не были достигнуты, в связи с чем работа их в настоящее время прекращена.

2) Обоснование возможности производства крупнукосовой (размер частиц 20–100 мм) агломерационной руды методом механической рудоразборки материала крупнозернистого отсева ДСФ в непрерывном потоке на основе геофизической (гамма-гамма метод) идентификации рудных и нерудных частиц. Использовался материал отсева ДСФ без предварительной подготовки. Задачей было отделение присутствующих в составе отсева частиц богатой гематитовой руды от нерудных частиц с получением полезного конечного продукта с содержанием железа не ниже 55–58 масс.%. Лабораторные и полупромышленные испытания проводились в Лаборатории геофизических методов контроля качества минерального сырья КНУ [6]. Полученные результаты показали, что технология в использованном аппаратном обеспечении не позволила достигнуть необходимого уровня разделения рудных и нерудных частиц. Исследования в этом направлении в дальнейшем не проводились.

3) Минералогическое обоснование, разработка технологии и обогатительного оборудования для производства крупнукосовой (20–80 мм) агломерационной руды методом механической рудоразборки материала крупнозернистого отсева ДСФ в непрерывном потоке на основе использования разных (термических, магнитных, плотностных, оптических и др.) физических методов идентификации рудных и нерудных частиц. Использовался материал отсева ДСФ без предварительной подготовки. Основная задача состояла в достижении максимальной эффективности разделения частиц богатой гематитовой руды и нерудных частиц. Общее содержание железа в составе полезного конечного продукта должно быть не ниже 55–58 масс.%. Лабораторные и полупромышленные испытания проводились Научно-производственной фирмой "Промтехнологии" (Кривой Рог) и кафедрой геологии и прикладной минералогии КНУ [10]. В лабораторных условиях был изучен отсев ДСФ всех шахт Кривбасса, а также низкосортное (содержание железа 42–50 масс.%) железорудное сырье карьера "Южный" шахтоуправления комбината "АрселорМиттал Кривой Рог" ("АМКР"). По результатам всех экспериментов был получен полезный конечный продукт с содержанием железа 55–57 масс.%, с выходом 20–25 %. Полупромышленные испытания отсева ДСФ шахт "Юбилейная", им. М.В. Фрунзе и шахтоуправления комбината "АМКР", проведенные с помощью полупромышленной

обогатительной установки, изготовленной НПФ "Промтехнологии", подтвердили эти результаты. В промышленных условиях установка не используется.

4) Минералогические исследования и разработка технологии производства аглоруды с общим содержанием железа около 60 масс.% методом "сухой" классификации измельченной руды в воздушном потоке. В качестве исходного материала использовалось низкокondиционное и некондиционное гематитовое сырье шахт Криворожского бассейна (исходное содержание железа около 40 масс.%), а также месторождений штата Орисса (Индия) (52 масс.%) и месторождения Каражал (Центральный Казахстан) (41 масс.%). Исходное сырье подвергалось дроблению до минералогически обоснованной крупности частиц, обеспечивающей необходимую степень раскрытия выделений рудных и нерудных минералов. Дробленый материал направлялся на гравитационную классификацию в воздушном потоке. Технологические испытания проводились с использованием лабораторной установки, изготовленной на кафедре геологии и прикладной минералогии КНУ и полупромышленной установки Научно-производственной фирмы "Аэромех" (Луганск). Исследования проводились на кафедре геологии и прикладной минералогии КНУ [8]. Из исходного сырья месторождений Кривбасса был получен аглоконцентрат с общим содержанием железа от 60 до 63 масс.%; из сырья индийских месторождений – около 61 масс.%, из сырья месторождения Каражал – агломерационная руда с содержанием железа около 56 масс.%. Результаты экспериментов показали, что с использованием "сухой" гравитационной сепарации возможно производство кондиционной агломерационной руды и аглоконцентрата. Полученные данные использовались для составления эскизного рабочего проекта обогатительной установки для одного из месторождений низкокondиционной гематитовой руды штата Орисса, который в настоящее время внедряется в производство.

5) Разработка технологии производства железорудного концентрата с общим содержанием железа не ниже 65 масс.% из исходного гематитового сырья разного качества путем дробления и измельчения его до крупности частиц менее 0,071 или менее 0,050 мм и последующего обогащения флотационным методом. Исследования проводились в Научно-производственном объединении "РИВС" (Санкт-Петербург) [9]. В лабораторных условиях были получен концентрат, соответствующий требованиям мирового рынка железорудного сырья (не ниже 65 масс.%). Полупромышленные испытания на обогатительной установке Криворожского горнообогатительного комбината окисленных руд (КГОКОРа) проводились с использованием в качестве исходного материала рядовых гематитовых кварцитов Ингулецкого месторождения (содержание железа около 37 масс.%). Результаты испытаний подтвердили данные лабораторных исследований.

Охарактеризованные выше технологические решения (1–5) в начале 2000-х гг. были признаны утратившими актуальность в связи с: недостаточным минералогическим обоснованием выбранных методов обогащения (метод "сухой" магнитной сепарации гематитового сырья, кусковой рудоразборки гамма-гамма методом); низким содержанием железа в производимом полезном конечном продукте (воздушная классификация, "сухая" магнитная сепарация измельченного гематит-содержащего материала); возможным негативным воздействием на окружающую среду, здоровье работников (обратная флотация), высокой себестоимости (механическая рудоразборка с использованием градиентов физических свойств кварца и гематита, обратная флотация). В связи с этим, в 2010–17 гг. активизировались на-

учно-исследовательские работы направленные на сравнение разных технологических решений и выявление оптимальных методов обогащения гематитового сырья. Главными целями этих работ были определены минералогическое обоснование и разработка технологий рудоподготовки гематитовых кварцитов, низкокondиционных гематитовых руд (дробление, измельчение, гранулометрическая классификация) и обогащение продукта, измельченного до необходимой крупности частиц. Их выполнение оформилось в новое направление (6).

6) Минералогическое изучение железорудного сырья, обоснование оптимальных методов его обогащения, разработка технологии и составление проекта установки по производству железорудного концентрата с содержанием железа 67–68 масс.% из отсева ДСФ после его доизмельчения до крупности частиц менее 0,1 мм. Основными задачами рудоподготовки было достижение максимально возможного раскрытия рудных и нерудных частиц в продуктах измельчения и недопущение при этом переизмельчения (ошламования) рудных минералов. В качестве основной обогатительной операции было предложено "мокрое" гравитационное обогащение измельченного материала с использованием концентрационных столов, конусных, винтовых сепараторов. Для доизвлечения рудных минералов из отходов основной операции обогащения применялись гравитационные, магнитные, флотационные методы. Использовался материал отсева ДСФ всех шахт Кривбасса, а также низкосортные (общее содержание железа 46–50 масс.%) богатые гематитовые руды карьеров "Северный" шахтоуправления комбината АМКР и "Южный" Мариупольского металлургического комбината им. Ильича. Изучались также рядовые гематитовые кварциты со средним содержанием железа около 37 масс.% месторождений Криворожского бассейна и аналогичных месторождений других регионов планеты (Перу, Индия, Намибия, Ангола). Лабораторные и полупромышленные испытания, проектные работы проводились в лабораториях кафедры геологии и прикладной минералогии Криворожского национального университета [7]. По результатам экспериментов со всеми видами сырья, был получен железорудный концентрат с общим содержанием железа не ниже 65 масс.%, а для сырья месторождений Кривбасса – 67–69 масс.%. Полупромышленные испытания подтвердили данные лабораторных исследований. В соответствии с предложенной технологией, были построены три промышленных установки по обогащению исходного сырья разного состава и происхождения на: шахте "Северная" рудника им. В. А. Валявко; горно-металлургическом комбинате "АМКР" (Кривой Рог) и на шахте "Новая" (Желтые Воды).

Выводы. 1. Из предложенных технологий переработки кускового гематитового сырья в полном объеме была реализована только основанная на додразливания крупнозернистого отсева ДСФ до крупности частиц менее 10 мм с последующим "сухим" магнитным обогащением в поле повышенной интенсивности. Но работа обогатительных установок в производственных условиях показала, что производимая агломерационная руда характеризуется недостаточным качеством.

2. Частично реализована технология производства железорудного концентрата из низкосортного гематитового сырья методом гравитационной сепарации. Развитие этого направления состоит в наращивании обогатительных установок узлами дробления и измельчения, переходе на использование кускового материала, в том числе крупнозернистого отсева ДСФ.

3. По результатам минералогических исследований и технологических испытаний, наиболее геологически, минералогически, петрохимически, технологически, технически,

экономически и экологически сбалансированной на настоящий момент является полученная в результате работ по направлению (6) гравитационная технология производства высококачественного железорудного (гематитового) концентрата из крупнозернистого отсева ДСФ и других видов низкокondиционного гематитового сырья.

Список использованных источников:

1. Геология криворожских железорудных месторождений / Я. Н. Белевцев, Г. В. Тохтуев, А. И. Стрыгин и др. – Киев : АН УССР, 1962. – Т. 1. – 484 с. – Т. 2 – 567 с.
2. Євтехів В. Д. Етапи формування комплексної мінерально-сировинної бази залізорудних родовищ Криворізько-Кременчуцького лінеamentу / В. Д. Євтехів. // Відомості Академії гірничих наук України. – 1997. – № 4. – С. 111–114.
3. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Генезис железных руд / Я. Н. Белевцев, В. М. Кравченко, Д. А. Кулик и др. – Киев : Наук. думка, 1991. – 215 с.
4. Железорудное месторождение Кривого Рога / Н. И. Свистальский, Э. К. Фукс, Ю. И. Половинкина и др. – М. ; Л. : Гостеолиздат, 1932. – 284 с.
5. Каниболоцкий П. М. Петрогенезис пород и руд Криворожского железорудного бассейна / П. М. Каниболоцкий. – Черновцы : АН УССР, 1946. – 312 с.
6. Качество минерального сырья / А. А. Азарян, В. А. Колосов, Л. А. Ломовцев и др. – Кривий Ріг : Мінерал, 2001. – 203 с.
7. Минералогическая оценка эффективности технологий повторного обогащения крупнозернистого отсева дробильно-сортировочных фабрик Криворожского бассейна / В. Д. Евтехов, А. В. Евтехова, О. С. Демченко и др. // Геол.-минералог. вісн. Криворізь. нац. ун-ту. – 2014. – № 1–2. – С. 61–69.
8. Минеральный состав и обоснование технологии "сухого" гравитационного обогащения гематитовых руд штата Орисса (Индия) / О. С. Демченко, М. А. Шепелюк, М. И. Ищенко и др. // Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців. Матеріали ІХ Всеукраїнської наук.-практ. конф. (Криворізь. нац. ун-т, 22–24 березня 2012 р.), Кривий ріг. – 2012. – С. 12–15.
9. Назаров Ю. П. Опыт флотационного обогащения железных руд / Ю. П. Назаров, Ю. А. Смирнов // Горный журнал. – 2010. – № 10. – С. 64–68.
10. Первый опыт повторного обогащения отходов дробильно-сортировочных фабрик Криворожского бассейна / В. Д. Евтехов, В. М. Волюшин, В. Ю. Зубкевич и др. // Геол.-минералог. вісн. Криворізь. нац. ун-ту. – 2007. – № 1. – С. 86–90.

References:

1. Belevtsev, Ya.N., Tokhtuyev, G.V., Strygin, A.I., Melnik, Yu.P., Kalyaev, G.I., Fomenko, V.Yu., Zagoruiko, L.G., Molyavko, G.I., Polovko, N.I., Dovgan, M.N., Ladiava, V.D., Zhukov, G.V., Yepatko, Yu.M., Shcherbakov, B.D. (1962). Geology of Kryvyi Rih iron ore deposits. Kiev Publishing House of Ukrainian Academy of Sciences, 1, 484 p., 2, 567 p. [in Russian].
2. Evtekhov, V.D. (1997). Stages of the formation of a complex mineral-raw material base of iron ore deposits of Kryvyi Rih-Kremenchug lineament. *Bulletin of the Academy of Mining Sciences of Ukraine*, 4, 111–114. [in Ukrainian].
3. Belevtsev, Ya.N., Kravchenko, V.M., Kulik, D.A., Belevtsev, R.Ya., Borisenko, V.G., Drozdovskaya, A.A., Epatko, Yu.M., Zankevich, B.A., Kalinichenko, O.A., Koval, V.B., Korzhnev, M.N., Kushev, V.V., Lazurenko, V.I., Litvinskaya, M.A., Nikolayenko, V.I., Pirogov, B.I., Prozhogin, L.G. Pikovskiy, E.Sh., Samsonov, V.A., Skvortsov, V.V., Savchenko, L.T., Stebnovskaya, Yu.M., Tereshchenko, S.I., Chaikin, S.I., Yaroshchuk, M.A. (1991). Precambrian banded iron formations of the European part of the USSR. Genesis of iron ores. Kiev: Naukova Dumka, 215 p. [in Russian].
4. Svitalskiy, N.I., Fuks, E.K., Polovinkina, Yu.I., Dubyaga, Yu.G., Lisovsky, A.L. (1932). Iron ore deposit of Krivoy Rog. Moscow-Leningrad: Gosgeolizdat, 284 p. [in Russian].
5. Kanibolotsky, P.M. (1946). Petrogenesis of rocks and ores of the Krivoy Rog iron ore basin. Chernivtsi: Publishing house of Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 312 p. [in Russian].
6. Azaryan, A.A., Kolosov, V.A., Lomovtsev, L.A., Uchitel, A.D. (2001). Quality of mineral raw materials. Krivoy Rog: Mineral, 203 p. [in Russian].
7. Evtekhov, V.D., Evtekhova, A.V., Demchenko, O.S., Smirnov, A.Ya. (2014). Mineralogical assessing the efficiency of re-processing technologies for coarse-grained screenings from crushing and screening plants of Kryvyi Rih basin. *Geology and Mineralogy bulletin of Kryvyi Rih National University*, 1-2 (31-32), 61–69. [in Ukrainian].
8. Demchenko, O.S., Shepelyuk, M.A., Ishchenko, M.I., Evtekhov, V.D., Evtekhov, E.V., Filenko, V.V., Tikhivets, S.V. (2010). Mineral composition and justification for the technology of "dry" gravity beneficiation of hematite ores in the state of Orissa (India). *Modern geological science and practice in students' and young specialists' researches. Materials of IX All-Ukrainian scientific and practical conference* (Kryvyi Rih National University, 22–24 March 2012). Kryvyi Rih, 12–15. [in Russian].
9. Nazarov, Yu.P., Smirnov, Yu.A. (2010). Experience of flotation enrichment of iron ores. *Mining Journal*, 10, 64–68. [in Russian].
10. Evtekhov, V.D., Voloshyn, V.M., Zubekevich, V.Yu., Evtekhov, E.V. (2007). The first experience of re-processing waste from the crushing and screening plants of Kryvyi Rih basin. *Geology and Mineralogy bulletin of Kryvyi Rih National University*, 1 (17), 86–90. [in Russian].

O. Demchenko, PhD student
E-mail: demchenkooleg121@gmail.com,
V. Evtekhov, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Professor
E-mail: evtekhov@gmail.com,
A. Evtekhova, PhD (Geol.), Assistant professor
E-mail: eva.anna23@gmail.com,
H. Georgiieva, Senior lecturer
E-mail: hgeorg7@mail.ru
Kryvyi Rih National University
37, Pushkin Str., Kryvyi Rih, 50002, Ukraine

GROUNDING FOR EFFECTIVE TECHNOLOGY OF REPROCESSING COARSE GRAINED SCREENINGS FROM CRUSHING AND SCREENING PLANTS OF KRYVYI RIH BASIN

The high-grade iron ores of Kryvyi Rih basin are among the most thoroughly studied geological objects of banded iron formation. High-grade hematite ores deposits are exploited by seven mines and two open-pits. The average iron content in ores is 55–58 mass %. Because of the complexity of ore bodies contacts and imperfection of ore mining technology, nonmetallic components enter the ore mass in the process of its extraction from the interior. This explains the lower content of iron (52–54 mass %) in extracted ore mass compared to its average content in the ores prepared for mining.

In order to increase the iron content in saleable ore up to 55–60 mass %, crushing and screening plants (CSP) operate at all Kryvbass mines, using the method of three-stage crushing and screening to separate less stable particles of high-grade ores and harder particles of most low-iron rocks. The processing waste represents a coarse-grained screening of the CSP (particle size 20–100 mm) with a total iron content of 39 to 46 mass %, about 43 mass % on average.

The goal of the work was to analyze the data of previously performed mineralogical and technological studies, to determine the reason for the non-optimality of the results obtained earlier; to justify mineralogically the effective technology for the production of high-quality sinter ore and concentrate from CSP screening.

On the basis of petrographic and mineralogical studies carried out by the authors, methods of magnetic and gravitational beneficiation of the material crushed to the optimum size were chosen.

According to the obtained data, the production of the following useful final products with different iron content is possible from the screenings of CSP: ordinary sinter ore (iron content 55–59 mass %), high-quality sinter ore (60–62 mass%); sinter concentrate (63–64 mass %); ordinary concentrate (65–67 mass %); high-quality concentrate (68–69 mass %). The products quality depends on the particle size in the grinding products, which varies from 1–2 mm (ordinary sinter) to less than 0.1 mm (high-quality concentrate). Comparison of different methods of beneficiating crushed material showed the most effective method to be the gravitational one.

The scientific novelty of the work consists in the mineralogical substantiation of the technology of the production of high-quality useful end products from the dumping of the CSP screenings at the Kryvbass mines. The practical significance of the work is justification for the possibility of producing additional volumes of high-quality sinter ore and concentrate, reducing storage of processing waste.

Keywords: banded iron formation, Kryvyi Rih basin, high-grade iron ores, processing waste, reuse of ore processing waste.

O. Демченко, асп.
E-mail: demchenkooleg121@gmail.com,
В. Євтехов, докт. геол.-мінералог. наук, проф., зав. кафедри
E-mail: evtekhov@gmail.com,
А. Євтехова, канд. геол. наук, доц.
E-mail: eva.anna23@gmail.com,
Е. Георгієва, ст. викладач
E-mail: hgeorg7@mail.ru
Криворізький національний університет,
вул. Пушкіна, 37, м. Кривий Ріг, 50002, Україна

ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПОВТОРНОГО ЗБАГАЧЕННЯ КРУПНОЗЕРНИСТОГО ВІДСІВУ ДРОБИЛЬНО-СОРТУВАЛЬНИХ ФАБРИК КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

Багаті залізні руди Криворізького басейну належать до найбільш всебічно вивчених геологічних об'єктів залізисто-кремнистої формації. Розробка родовищ багатих гематитових руд проводиться сімома шахтами і двома кар'єрами. Середній вміст заліза у рудах 55–58 мас.%. У зв'язку зі складністю контактів рудних тіл, недосконалістю технології видобутку руд у рудну масу в процесі її вилучення з надр потрапляють нерудні компоненти. Цим пояснюється більш низький вміст заліза (52–54 мас.%) у складі видобутої рудної маси порівняно з його середнім вмістом у руді підготовлених до відпрацювання покладів.

Для підвищення вмісту заліза в товарній руді до 55–60 мас.% на всіх шахтах Кривбасу працюють дробильно-сортувальні фабрики (ДСФ), на яких методом тристадійного дроблення та грохотіння проводиться розподіл менш міцних частинок багатих руд і більш міцних частинок більшості малозалізистих гірських порід. Відходи збагачення являють собою крупнозернистий відсів ДСФ (розмір частинок 20–100 мм) із загальним вмістом заліза від 39 до 46 мас.%, у середньому близько 43 мас.%.

Метою роботи були: аналіз даних раніше виконаних мінералого-технологічних досліджень, визначення причин неоптимальності їх результатів; мінералогічне обґрунтування ефективної технології виробництва високоякісної аглоруди і концентрату з відсіву ДСФ.

На основі виконаних авторами петрографічних і мінералогічних досліджень для виконання мінералого-технологічних експериментів були вибрані методи магнітного та гравітаційного збагачення відсіву, подрібненого до оптимальної крупності частинок.

Відповідно до одержаних даних, із відсіву ДСФ можливе виробництво корисних кінцевих продуктів із різним вмістом заліза: рядової агломераційної руди (вміст заліза 55–59 мас.%), високоякісної аглоруди (60–62 мас.%); аглоконцентрату (63–64 мас.%); рядового концентрату (65–67 мас.%); високоякісного концентрату (68–69 мас.%). Якість продуктів залежить від крупності частинок у продуктах подрібнення, яка змінюється від 1–2 мм (рядова аглоруда) до менше 0,1 мм (високоякісний концентрат). Порівняння різних методів збагачення подрібненого матеріалу показало, що найефективнішим способом є гравітаційний.

Наукова новизна роботи полягає в мінералогічному обґрунтуванні технології виробництва високоякісних корисних кінцевих продуктів із відсіву ДСФ шахт Кривбасу. Практичне значення роботи – у визначенні можливості виробництва додаткової кількості високоякісної аглоруди і концентрату; зменшення об'єму складування відходів збагачення.

Ключові слова: залізисто-кремниста формація, Криворізький басейн, багаті залізні руди, відходи збагачення, повторне використання відходів збагачення руд.

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 556.3:553

О. Любчик, асп.

E-mail: ksuha777ha777@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна**ЗІСТАВЛЕННЯ КРИТЕРІЇВ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОЗНАК
КЛАСИФІКАЦІЇ ЗАПАСІВ І РЕСУРСІВ ПІДЗЕМНИХ ВОД
У ВІТЧИЗНЯНІЙ ТА МІЖНАРОДНІЙ ПРАКТИЦІ***(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.Є. Кошляковим)*

Мета даної роботи полягає в дослідженні міжнародної та вітчизняної практики класифікації запасів та ресурсів підземних вод та аналізу тенденцій їх розвитку. Проаналізовано найпопулярніші міжнародні системи класифікації запасів та ресурсів корисних копалин, охарактеризовано системи – McKelvey та CRIRSCO, виділено їх основні принципи та ознаки. Проведено зіставлення класифікаційних ознак вітчизняної Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод та Рамкової класифікації Організації Об'єднаних Націй енергетичних копалин та мінеральних запасів і ресурсів 2009 р. (далі – РКООН-2009). Головними класифікаційними ознаками даних систем є: промислове значення (соціально-економічна життєдіяльність – вісь E); ступінь техніко-економічної оцінки (обґрунтованість проекту – вісь F); ступінь геологічної вивченості (вісь G). Встановлено достатній рівень відповідності цих параметрів. Головні відмінності полягають у різних цілях створення цих класифікацій, оскільки українську Класифікацію було розроблено в умовах радянської планово-командної системи, а РКООН-2009 від початку орієнтована на ринкову систему. Тому критерії класифікаційних ознак "промислового значення" у вітчизняній класифікації розроблені гірше. Натомість критерії "ступеня геологічної вивченості" розроблено повноцінно та порівняно з міжнародними класифікаціями набагато ширше.

Практичне значення такого аналізу полягає в реалізації світової тенденції глобалізації міжнародних систем класифікації та створення міжнародної класифікації запасів і ресурсів мінеральної сировини для формування стандартної системи звітності. У 2009 р. було розроблено Рамкову класифікацію Організації Об'єднаних Націй, головною метою якої є побудова інструментарію для класифікації запасів/ресурсів корисних копалин на основі однакової в міжнародному плані системи, сформованої на базі критеріїв ринкової економіки. Більшість країн світу не лише визнали РКООН, але й істотно змінили свої національні класифікації, максимально наблизивши їх до міжнародної класифікації. Незважаючи на те, що по темі "Зіставлення критеріїв визначення вітчизняної та міжнародних класифікацій запасів і ресурсів корисних копалин" виконано чимало наукових досліджень, підземні води дотепер залишались поза увагою.

Ключові слова: класифікація запасів та ресурсів, РКООН-2009, підземні води, міжнародні стандарти, промислове значення, техніко-економічна оцінка, геологічна вивченість, КРИСКО, МакКелвей.

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Більш ніж столітній розвиток класифікації запасів та ресурсів корисних копалин характеризується трьома основними етапами розвитку:

1 – розробка єдиних для всіх видобувних країн принципів диференціації запасів, зафіксованих у рішеннях Міжнародних геологічних конгресів (початок ХХ ст.);

2 – паралельний незалежний розвиток вітчизняних і зарубіжних класифікацій у радянський період, починаючи з першої класифікації, прийнятої в СРСР у 1927 р.;

3 – зближення класифікацій, в т. ч. з рамковою класифікацією ООН, що почалося на межі ХХ і ХХІ ст. [13, с. 63].

Українська Класифікація запасів та ресурсів підземних вод не є винятком. Сьогодні в умовах активного процесу євроінтеграції питання зближення вітчизняної Класифікації до міжнародних стандартів має важливе наукове та практичне значення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основний науковий та практичний внесок у вирішення проблеми зближення українських Класифікацій до міжнародних зробили: Г.І. Рудько, В.І. Ловинюков, С.Ф. Литвинюк, О.В. Нецький, М.М. Курило та ін. У квітні 2013 р. в Женеві на IV-й сесії Експертної групи Європейської економічної комісії ООН Державна комісія по запасам України (ДКЗ) представила звіт "Статус узгодження між Українською класифікацією мінеральних ресурсів та РКООН-2009" [15], де досліджено та зіставлено критерії визначення категорій та підкатегорій запасів Класифікації України та РКООН-2009. Через рік тему було доповнено у звіті "Тематичні дослідження адаптації Класифікації запасів та ресурсів корисних копалин до РКООН-2009 (стан та перспективи)" [10]. Виявлення головних подібностей та розбіжностей методичних підходів при визначенні кількості запасів і ресурсів вугільних родовищ у вітчизняній і міжнародній практиці представлено в публікації Г. Рудька та М. Курило [9]. Правовий аспект даної теми розкрито в

доповіді Г.І. Рудька, С.Ф. Литвинюк "Нормативно-правові та методичні аспекти застосування критеріїв міжнародних стандартів звітності для геолого-економічної оцінки запасів і ресурсів корисних копалин ДКЗ України" [11].

В Україні з метою встановлення єдиних вимог до геологічного вивчення, геолого-економічної оцінки родовищ питних і технічних вод та умов визначення їх підготовленості застосовують Інструкцію із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод (далі – Інструкція). Інструкція є обов'язковою для виконання суб'єктами підприємницької діяльності, що здійснюють пошуки, розвідку й експлуатацію родовищ питних і технічних підземних вод і подають матеріали геолого-економічної оцінки їх запасів на державну експертизу й оцінку [2, с. 1]. Інструкція введена в дію з 1-го квітня 2000 р.

Українська система класифікації запасів та ресурсів успадкована від СРСР, і як і нова класифікація Російської Федерації, базується на системі ранжування. У 1944 р. Всесоюзна гідрогеологічна нарада рекомендувала до практичного застосування "Класифікацію ресурсів підземних вод для цілей водопостачання". Найзначніший внесок у розвиток класифікації експлуатаційних запасів і прогнозних ресурсів зробили Н.А. Плотноков, М.Е. Альтовський, Ф.М. Бочевєр, Н.Н. Біндеман, Г.Н. Каменський, Б.В. Боровський і Л.С. Язвін [12, с. 75].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується дана стаття. Хоча українська Класифікація запасів та ресурсів є універсальною та адаптована до всіх видів корисних копалин, у т. ч. до підземних вод, проте, враховуючи специфічність води як корисної копалини – дане питання потребує детального вивчення. На сьогодні досліджень та публікацій щодо зіставлення критеріїв визначення та ознак класифікації запасів і ресурсів підземних вод у вітчизняній та міжнародній практиці немає.

Відповідно до чинного законодавства України, використання й охорона підземних вод регулюється водним і водночас надровим законодавством. Проте підземні води мають ряд особливостей, що відрізняють їх від корисних копалин [5, с. 1]. Необхідно підкреслити, що підрахунок і категоризація запасів (ресурсів) підземних вод мали місце в соціалістичних країнах і, відповідно, нині використовуються тільки в деяких державах, що входили раніше до СРСР [12, с. 63].

Розвиток класифікації запасів підземних вод не можна розглядати у відриві від класифікацій інших корисних копалин, оскільки для них характерні загальні підходи, тенденції та принципи.

Постановка завдання. У вітчизняній практиці оцінки підземних вод використовують класифікацію запасів і ресурсів у вигляді категорій А+В+С. Нормативним документом є Наказ "Про затвердження Інструкції із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод" [2]. Головною метою роботи є зіставлення критеріїв визначення та ознак класифікації запасів і ресурсів підземних вод в Україні та світі. Для реалізації завдання необхідно дослідити міжнародні системи класифікації запасів і ресурсів та проаналізувати їх тенденцію розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Міжнародні системи класифікацій представлені такими основними кластерами: система, прийнята ООН для інвентаризації міжнародних мінеральних ресурсів і системи, відповідні Денверському союзу 1997 р., куди входять JORC, Системи Reporting Code, CIM, Американська SME, SAMREC. З огляду на те, що велика частина західних великих і середніх гірничодобувних компаній торгуються на біржах, виникла необхідність уніфікації запасів і ресурсів для більшої прозорості та однаковості. Для вирішення цього завдання у 1994 р. був створений Міжнародний комітет по стандартизації звітів про ресурси та запаси (Combined Resources International Reporting Standards Committee – CRIR SCO). Положення Шаблону CRIR SCO забезпечують формування консолідованої версії всіх національних кодексів, що відбиває міжнародні аспекти їх сумісності.

Розвиток міжнародної та радянської класифікацій йшов паралельними шляхами і основне, що відрізняло умови формування даних класифікацій, це економічна система. Радянську класифікацію було розроблено в умовах планово-командної системи, в той час як міжнародні класифікації з початку орієнтовані на ринкову систему. Тому цілі створення цих класифікацій сильно відрізняються.

У міжнародних класифікаціях поняття запасів і ресурсів визначені таким чином: ресурси – геометризована в надрах мінеральна сировина, яка може бути потенційно видобута; запаси – мінеральна сировина, яка може бути технологічно обґрунтована, економічно вигідно і юридично законно вилучена з надр. Радянська система ДКЗ на перший план виводить інвентаризацію запасів, і їх облік проводиться на підставі складності геологічної структури [1].

Ще в першій половині 1970-х рр. Геологічною службою США була запропонована класифікація запасів і ресурсів, що отримала назву, на ім'я автора, "діаграма МакКелві" (McKelvey box). Критеріями диференціації в ній служать геологічна і економічна обґрунтованість.

Класифікація МакКелві (1972 і 1975 р.) [12] – це двовимірна система, що характеризується:

– ступенем геологічної обґрунтованості;

– ступенем економічної обґрунтованості.

Основні принципи класифікації МакКелві:

– запаси є відкритими (вивченими);

– видобуток запасів є економічно вигідним та ефективним.

На основі Кодексу JORC Комітет CRIRSCO ініціював Програму з розробки шаблону, призначеного для надання допомоги країнам у розробці їх внутрішнього кодексу відповідно до міжнародної передової практики. У Міжнародній рамковій класифікації запасів і ресурсів твердих корисних копалин і мінеральної сировини 2009 р. Шаблон був визнаний кодексом звітності мінеральної сировини [4].

Шаблон класифікації мінеральних ресурсів CRIRSCO (2006 р.) – це двовимірна система, що включає:

– ступінь геологічної вивченості та обґрунтованості;

– облік "поправочних коефіцієнтів".

Починаючи з 90-х рр. XX ст., під егідою Європейської Економічної Комісії ООН, проводиться спільна робота щодо створення міжнародної класифікації запасів і ресурсів мінеральної сировини для формування стандартної системи звітності, що може використовуватись в усьому світі. У 2009 р. було розроблено Рамкову класифікацію Організації Об'єднаних Націй (далі – РКООН), головною метою якої є побудова інструментарію для класифікації запасів/ресурсів корисних копалин на основі однакової у міжнародному плані системи, сформованої на базі критеріїв ринкової економіки. Більшість країн світу не лише визнали РКООН, але й істотно змінили свої національні класифікації, максимально наблизивши їх до міжнародної класифікації.

РКООН-2009 застосовують до викопних енергетичних і мінеральних запасів та ресурсів, що залягають на поверхні або в надрах землі. Вона не враховує енергетичні ресурси, що містяться у фізичних полях (тиску і температури), не посилається на ресурси підземних вод, хоча застосована до проектів, у яких відбираються неповнолювні підземні води [6, с. 76–79].

Протягом 2012–2013 рр. в Україні тривали тематичні дослідження з адаптації національної класифікації до РКООН-2009. У результаті досліджень складено проект змін і доповнень до класифікації, які будуть вноситися відповідно до законодавства.

Зіставлення Класифікації України з РКООН-2009 ґрунтується на єдності підходів до кваліфікації запасів/ресурсів корисних копалин за основними характеристиками:

1) промислового значення (соціально-економічної життєдіяльності) (вісь Е);

2) ступеня техніко-економічної оцінки (обґрунтованості проекту) (вісь F);

3) ступеня геологічної вивченості (вісь G) [10, с. 5].

Для наочності та зручності порівняння створимо таблицю зіставлення категорій/підкатегорій РКООН-2009 та української Класифікації до родовищ питних та технічних підземних вод (табл. 1), згідно чинних документів:

– Рамкова класифікація Організації Об'єднаних Націй викопних енергетичних та мінеральних запасів та ресурсів 2009 р. [7];

– Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод, від 06.10.2009 [2].

**Таблиця 1. Зіставлення категорій та підкатегорій РКООН-2009 та української
Класифікації до родовищ питних та технічних підземних вод**

Категорії/ підкатегорії РКООН	Визначення категорій та підкатегорій РКООН 2009	Категорії/ підкатегорії укр. класиф.	Визначення категорій та підкатегорій української Класифікації до родовищ питних і технічних підземних вод
соціально-економічна життєдіяльність		промислове значення	
E1	Підтверджено економічну доцільність видобутку і збуту	Балансові	Запаси, які згідно з ТЕО можна економічно ефективно видобути і використати за сучасних умов видобування та водопідготовки, що забезпечують раціональне їх використання і охорону навколишнього природного середовища
E1.1	Видобуток і збут є рентабельними при поточних ринкових умовах і реальних прогнозах майбутніх ринкових умов	*Видобувні	*Рентабельність видобутку визначена ДКЗ, перевищує ставку рефінансування Національного банку за умови раціонального використання технічних засобів і технологій та дотримання вимог щодо охорони природного середовища
E1.2	Видобуток і збут не є рентабельними за поточних ринкових умов, але стануть економічно ефективними при державних субсидіях	*Дотаційні	*Ефективність видобутку і використання визначена ДКЗ, можлива тільки за умови надання користувачу надр податкових пільг, субсидій, дотацій або інших видів підтримки за рахунок державного чи місцевого бюджетів
E2	Рентабельність видобутку і збуту ще не підтверджена, але на основі реалістичних прогнозів майбутніх ринкових умов, є розумні перспективи для рентабельного видобутку і збуту в найближчому майбутньому	Умовно балансові	Запаси, ефективність видобутку і використання яких на момент оцінки не може бути однозначно визначена, а також запаси, що відповідають вимогам до балансових запасів, але з різних причин не можуть бути використані на момент оцінки
Підкатегорії не визначено		Підкатегорії не визначено	
E3	Не можна припустити, що видобуток і збут в осяжному майбутньому стануть економічно доцільними, або оцінки ранньої стадії, що не дозволяють визначити доцільність	Позабалансові	Запаси, видобуток і використання яких на момент оцінки є економічно недоцільними, але в майбутньому вони можуть стати об'єктом промислового значення. Підраховуються, якщо доведені можливість їх залучення до експлуатації в майбутньому та збереження кількості і якості
E3.1	Кількість, що, за прогнозами, буде здобуто, але не буде продано	Підкатегорії не визначено	
E3.2	Економічна доцільність видобутку не може бути визначена через нестачу інформації (наприклад, на етапі геолого-розвідувальних робіт)		
E3.3	На основі реальних прогнозів майбутніх ринкових умов, вважається, що немає перспектив в осяжному майбутньому для рентабельного видобутку і збуту		
обґрунтованість проекту		ступінь техніко-економічної оцінки	
F1	Обґрунтованість видобутку при реалізації певного проекту розробки або при проведенні гірничих робіт підтверджена	Детальна геолого-економічна оцінка (ГЕО-1)	Проводиться для визначення рівня економічної ефективності діяльності підприємства і доцільності інвестування робіт з його проектування, будівництва або реконструкції. ГЕО-1 здійснюється на основі розвіданих і попередньо розвіданих запасів підземних вод і включає ТЕО раціональної схеми водозабірної споруди та доцільності розробки родовища підземних вод. Оцінка ефективності розробки родовища визначається рентабельністю використання підземних вод за призначенням. Детальність ТЕР і надійність фінансових показників повинні забезпечувати прийняття інвестиційного рішення без додаткових досліджень
F1.1	В даний час ведеться видобуток		
F1.2	Були виділені капітальні кошти і йде реалізація проекту розробки або ведуться гірничі роботи		
F1.3	Завершено досить докладні дослідження з метою продемонструвати життєздатність видобування шляхом реалізації певного проекту розробки або гірських робіт		
F2	Доцільність видобутку при реалізації певного проекту розробки або при гірничих роботах вимагає подальшої оцінки	Попередня геолого-економічна оцінка (ГЕО-2)	Проводиться для обґрунтування доцільності промислового освоєння родовища (ділянки) підземних питних і технічних вод та інвестування геологорозвідувальних робіт з його розвідки і підготовки до експлуатації. ГЕО-2 здійснюється на основі попередньо розвіданих і розвіданих запасів підземних вод на рівні техніко-економічних розрахунків раціональної схеми водозабірної споруди та можливих варіантів і способів її експлуатації і оформлюється як техніко-економічна доповідь (ТЕД) про доцільність подальшої розвідки. Оцінка ефективності розробки родовища визначається рентабельністю використання підземних вод за призначенням. ТЕО показники визначаються розрахунками або приймаються за аналогією
F2.1	Триває реалізація проекту з метою обґрунтування розробки в доступному для огляду майбутньому		
F2.2	Реалізація проекту припинена і / або обґрунтування комерційної розробки може бути з істотною затримкою		
F2.3	На сьогодні немає поточних планів розробки або збору додаткових даних через обмежені можливості		
F3	Обґрунтованість видобутку при реалізації певного проекту розробки або при гірничих роботах не може бути оцінена через нестачу технічних даних	Початкова геолого-економічна оцінка (ГЕО-3)	Проводиться з метою обґрунтування вибору джерела питного або технічного водопостачання. Здійснюється на основі кількісної оцінки перспективних або прогнозних ресурсів та попередньо розвіданих запасів і надається у формі техніко-економічних міркувань (ТЕМ). Детальна характеристика в Інструкції [2, пункт 4.2.]
F4	Немає проекту розробки або ведення гірничих робіт	Категорію/підкатегорії не визначено	

Закінчення табл. 1

Категорії/підкатегорії РКООН	Визначення категорій та підкатегорій РКООН 2009	Категорії/підкатегорії укр. класиф.	Визначення категорій та підкатегорій української Класифікації до родовищ питних і технічних підземних вод
ступінь геологічної вивченості		ступінь геологічної вивченості	
G1	Кількості, сконцентровані на відомому родовищі, які можна оцінити з високим ступенем достовірності	Розвідані запаси	Запаси питних і технічних підземних вод, кількість, якість, геологічні, гідрогеологічні, водогосподарські, гірничо-геологічні, еколого-геологічні та інші умови формування яких вивчені на рівні, достатньому для опрацювання проектів будівництва водозабірних споруд [2, пункт 6.1.]
		A	Детальна характеристика в Інструкції [2, пункт 6.1.1.]
		B	Детальна характеристика в Інструкції [2, пункт 6.1.2.]
G2	Кількості, віднесені до відомого родовища, які можна оцінити із середнім ступенем достовірності	Попередньо розвідані запаси	Запаси питних і технічних підземних вод, кількість, якість, геологічні, гідрогеологічні, водогосподарські, гірничо-геологічні, еколого-геологічні умови формування яких вивчені на рівні, достатньому для визначення промислового значення родовища [2, пункт 6.2.]
		C1	Детальна характеристика в Інструкції [2, пункт 6.2.1.]
		C2	Детальна характеристика в Інструкції [2, пункт 6.2.2.]
G3	Кількості, віднесені до відомого родовища, які можна оцінити з низьким ступенем достовірності	Перспективні ресурси P1	Оцінена кількість підземних вод певної якості і цільового призначення у межах артезіанських басейнів, гідрогеологічних масивів, областей, районів, площ та ділянок поширення водоносних горизонтів, перспективних для подальшого промислово-господарського освоєння, обсяги, якість, гідрогеологічні, водогосподарські та інші умови формування яких вивчені на достатньому для визначення доцільності проведення пошукових та пошуково-оцінювальних робіт. P1 є найбільш вивченою частиною прогнозних ресурсів [2, пункт 6.3.]
G4	Оцінені кількості, віднесені до потенційного родовища, які засновані головним чином на непрямих даних	Прогнозні ресурси P2	Віддзеркалюють реальні можливості відбору підземних вод при раціональній схемі розміщення водозаборів і стабільних умовах їхньої експлуатації. Прогнозні ресурси можуть враховуватись при складанні схем комплексного використання підземних вод з метою удосконалення схеми розташування водозаборів підземних вод і раціонального використання водних ресурсів [2, пункт 6.3.]

*Підкатегорії описано лише в Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр [3].

Висновки. Оскільки адаптація української Класифікації до РКООН-1997 на державному рівні почалась ще у 1997 р. [15, с. 2], у сучасному варіанті даних нормативних документів можна знайти багато спільних ознак. Обидві системи є тривимірними і характеризуються такими критеріями, як: соціально-економічна життєздатність проекту (промислове значення), обґрунтованість проекту (ступінь техніко-економічної оцінки) та ступінь геологічного вивчення. Проте українську Класифікацію було розроблено в умовах радянської планово-командної системи, в той час як міжнародні класифікації спочатку орієнтовані на ринкову систему. Тому цілі створення цих класифікацій відрізняються. Якщо у міжнародних класифікаціях на перший план виводиться економічний аспект і орієнтація на інвестора, то українська система ДКЗ на перший план виводить інвентаризацію запасів, і їх облік проводиться на підставі складності геологічної структури – підтвердження чого можна побачити в табл. 1. Визначення категорій та підкатегорій соціально-економічної життєздатності проекту (Е) відповідає промислового значення вітчизняної Класифікації, проте категорія ЕЗ описана більш широко і виділяє підкатегорії на протигагу визначення позабалансових запасів, де підкатегорії не виділено. Уздовж осі F (обґрунтованість проекту) та техніко-економічної оцінки – формулювання визначень класифікаційних ознак РКООН-2009 зіставляється з категоріями української Класифікації, проте в останній не вистачає ранжування на підкатегорії. Досить явно виявляється те, що українська Класифікація має значні переваги у визначенні категорій та підкатегорій ступеня геологічної вивченості. Аналогічний критерій РКООН-2009 по осі G (ступінь геологічної вивченості)

описаний досить загально і не виділяє підкатегорій. Також у разі оцінки рідких корисних копалин їх мобільність зазвичай не дозволяє віднести видобувні кількості до окремих частин родовища або покладу. Видобувні кількості необхідно оцінювати на основі впливу схеми розробки на родовище в цілому і розбивати на категорії, ґрунтуючись на трьох сценаріях або кінцевих результатах, еквівалентних категоріям G1, G1 + G2 і G1 + G2 + G3.

Список використаних джерел:

1. Богуславский М.А. Основные различия российской и международной систем классификации запасов и ресурсов [Електронний ресурс] // Науч. конф. "Ломоносовские чтения". – 2013. – Режим доступу: <http://geo.web.ru/conf/>.
2. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод від 04.02.2000 р. № 23 [Електронний ресурс] // Законодавство України. Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0109-00>.
3. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр від 05.05.1997 № 432 [Електронний ресурс] // Законодавство України. Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF>.
4. Кодекс JORC. Австралийский Кодекс отчетности о результатах разведки, минеральных ресурсах и запасах руды [Електронний ресурс] // Кодекс JORC Издание 2012 г. – Режим доступу: <http://www.imcmontan.ru/eng/files/jorc.pdf>.
5. Любчик О. С. Аналіз здійснених заходів в Україні на шляху до реформування системи моніторингу підземних вод "економічна геологія" / III Всеукраїнська наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених "Об'єднані наукою: перспективи міждисциплінарних досліджень" (Україна, Київ, 17–18 листопада 2016). – 2016. – 3 с.
6. Національні та міжнародні системи класифікації запасів і ресурсів корисних копалин: стан та перспективи гармонізації / Г. І. Рудько, О. В. Нецький, М. В. Назаренко та ін. – Київ ; Чернівці : Видавничий дім "Букрек", 2012. – 240 с.
7. Рамочная классификация Организации Объединенных Наций ископаемых энергетических и минеральных запасов и ресурсов 2009 года [Електронний ресурс] // Издание Организации Объединенных Наций. – 2009. – Режим доступу: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/unfc2009/UNFC2009_ES39_r.pdf.

8. Рудько Г. І. Національна класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр України та можливості її гармонізації до міжнародних нафтових стандартів з аудиту запасів і їх біржового оцінювання / Г. І. Рудько, І. П. Гафич // Міжнар. конф. "Нафтогазовий комплекс України – стратегія розвитку", Київ. – 2013. – 20 с.

9. Рудько Г. І. Співставлення критеріїв визначення та ознак класифікації запасів та ресурсів у міжнародній практиці геолого-економічної оцінки на прикладі родовищ вугілля / Г. І. Рудько, М. М. Курило // Вісн. Київ. нац. ун-ту. Геологія. – 2016. – № 72. – С. 76–80.

10. Рудько Г. І. Тематические исследования по адаптации Классификации запасов и ресурсов полезных ископаемых Украины к РКОН 2009 (состояние и перспективы). [Електронний ресурс] / Г. І. Рудько, В. І. Ловинюков // Пятая сессия Экспертной Группы Европейской Экономической Комиссии ООН Женева 2014. – 2014. – Режим доступа: https://www.unec.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/unfc_egrc/egrc5_apr2014/2May/33_Rudko_Ukraine_ClassifcUNFC_Mapping_r.pdf.

11. Рудько Г. І. Нормативно-правові та методичні аспекти застосування критеріїв міжнародних стандартів звітності для геолого-економічної оцінки запасів і ресурсів корисних копалин ДКЗ України / Г. І. Рудько, С. Ф. Литвинюк, В. І. Ловинюков // 36. доп. III Міжнар. наук.-практ. семінару (Україна, Кривий Ріг). – 2016.

12. Язвин Л. С. Ресурсный потенциал пресных подземных вод России (решение современных проблем геологического изучения) / Л. С. Язвин // Закрытое акционерное общество "Гидрогеологическая и геоэкологическая компания "ГИДЭК". – 2015. – С. 62–104.

13. Jim Ross. Brief History of Development of Resource Classification Systems [Електронний ресурс] // UNFC Workshop (Almaty, 10-11 December, 2009). – 2009. – Режим доступа: <https://www.unec.org>

14. Principles of a Resource/Reserve classification for Minerals. Circular 831 [Електронний ресурс] // US Geological Survey. – 1980. – Режим доступа: <https://pubs.usgs.gov/circ/1980/0831/report.pdf>.

15. Rudko G. I. Status of Harmonization between the Ukrainian Mineral Resources Classification and UNFC-2009 [Електронний ресурс] / G. I. Rudko, V. I. Lovyniukov, A. V. Netskyi // Geneva. – 2013. – Режим доступа: https://www.unec.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/unfc_egrc/egrc4_april2013/26_april/9_Rudko_Ukraine_e.pdf.

References:

1. Bohuslavsky, M.A. (2013). The main differences between the Russian and international systems of classification of reserves and resources. *Scientific Conference "Lomonosov Readings"*, 3 p. URL: <http://geo.web.ru/conf/>. [in Russian].

2. Instructions for use classifications of reserves and mineral resources the state fund of mineral resources fields of technical and drinking groundwater, (2009). The legislation of Ukraine. Official site of the Verkhovna Rada of Ukraine. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0109-00>. [in Ukrainian].

3. Classification of reserves and mineral resources the state fund of mineral resources, (1997). – Official site of the Verkhovna Rada of Ukraine.

URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/432-97-%D0%BF> [in Ukrainian].

4. The JORC Code. Australian Code of Accountability for exploration, mineral resources and ore reserves (2012). JORC Code 2012 Edition, 57 p. URL: <http://www.imcmontan.ru/eng/files/jorc.pdf>. [in Russian].

5. Lyubchik, O.S (2016). Analysis of the measures in Ukraine on the way to reform the system of monitoring ground water. *III National Scientific Conference of Students and Young Scientists "Combined science: Prospects for Interdisciplinary Research"*, 3 p. [in Ukrainian].

6. Rudko, H.I., Netskyi, O.V., Nazarenko, M.V., Khomenko, S.A. (2012). National and international system of classification of reserves and mineral resources, the status and prospects harmonization, 240 p. [in Ukrainian].

7. United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009, (2009). United Nations publication, 25 p. URL: https://www.unec.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/unfc2009/UNFC2009_ES39_r.pdf. [in Russian].

8. Rudko, H.I., Hafych, I.P (2013). National classification of reserves and mineral resources the state fund of mineral resources of Ukraine and the possibility of its harmonization with international standards audit of oil reserves and the exchange of evaluation. *International Conference "Oil and Gas Complex of Ukraine – the strategy of development"*, 20 p. [in Ukrainian].

9. Rudko, H.I., Kurylo, M. M. (2016). Comparison of criteria for classification and characteristics of reserves and resources in the international practice of geological and economic evaluation of the example of coal deposits. *Visnyk Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 76-80. [in Ukrainian].

10. Rudko, H.Y., Lovyniukov, V.Y. (2014). Case studies on the adaptation of the Classification of Ukraine's reserves and mineral resources to UNFC 2009 (status and prospects). Report from Ukraine, Fifth session of the Expert Group of the United Nations Economic Commission for Europe, 22 p. [in Russian].

11. Rudko, H.I., Lytvyniuk, S.F., Lovyniukov V.I. (2016). Legal and procedural aspects of international accounting standards criteria for geological and economic evaluation of mineral resources GCS Ukraine. *Collection of papers III International scientific workshop*. [in Ukrainian].

12. Yazvyn, L.S. (2015). Resource potential of fresh underground waters of Russia (solution of modern problems of geological study). Closed Joint Stock Company "Hydrogeological and Geoecological Company" GIDEK", 62-104. [in Russian].

13. Jim Ross, (2009). Brief History of Development of Resource Classification Systems [Електронний ресурс] // UNFC Workshop (Almaty, 10-11 December, 2009). URL: https://www.unec.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/unfc/UNFCwsDec09_Almaty/02_Ross_ClassSystUNFC_e.pdf

14. Principles of a Resource/Reserve classification for Minerals, (1980). Circular 831, US Geological Survey. URL: <https://pubs.usgs.gov/circ/1980/0831/report.pdf>.

15. Rudko G. I., Lovyniukov V. I., Netskyi A. V. (2013). Status of Harmonization between the Ukrainian Mineral Resources Classification and UNFC-2009. URL: https://www.unec.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/unfc_egrc/egrc4_april2013/26_april/9_Rudko_Ukraine_e.pdf.

Надійшла до редколегії 30.06.17

O. Luibchik, PhD student

E-mail: ksuha_ha777@mail.ru

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Institute of Geology, 90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

GEOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF GROUNDWATER: NATIONAL AND INTERNATIONAL TAXONOMIES IN ESTIMATING RESERVES AND RESOURCES

The objective of the study is to examine major differences and similarities in domestic and international methodological approaches to estimating groundwater resources and reserves. Contrastive analysis of the most popular international classification system of mineral reserves and resources was carried out, the system of McKelvey and CRIRSCO are described. The comparison between the Ukrainian Classifications systems of reserves and resources of drinking and industrial water and the United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources – 2009 (UNFC-2009) has been done. The harmonization between UNFC-2009 and the Ukrainian Classification is based on the unified approaches to the qualification of the reserves/resources on the basis of three common key characteristics that reflect: degree of geological knowledge (G axis), degree of technical and economic assessment (field project status and feasibility) (F axis), level of commercial value (economic and social viability) (E axis). The main difference between these two classification consist in conditions origin. The Ukrainian Classification was developed in the Soviet command planning system and the UNFC-2009 from the beginning focused on the market system. Therefore, the criteria for classification criteria "commercial value" in the national classification was developed worse. Instead, the criteria for "degree of scrutiny geological" was fully developed in comparison to international classifications. The practical significance of this analysis is to implement the global trend of globalization of international classification systems and establish an international classification of reserves and mineral resources for the formation of a standard reporting system. In 2009, classification framework of the United Nations was developed, whose mission – to build tools for the classification of reserves/resources of minerals based on internationally uniform system based on market economy criteria. Most countries have not only recognized the UNFC, but also significantly changed their national classification. Despite the fact that the theme of "comparison criteria for domestic and international classifications of reserves and mineral resources" was devoted a lot to research – underground water remained unaddressed.

Keywords: classification of reserves and resources, UNFC-2009, groundwater, international standards, CRIRSCO, MakKelvey, geological knowledge, technical and economic assessment, commercial value, economic and social viability.

О. Любчик, асп.
E-mail: ksuha_ha777@mail.ru
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

СОПОСТАВЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРИЗНАКОВ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ И РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРАКТИКЕ

Цель данной работы заключается в исследовании международной и отечественной практики классификации запасов и ресурсов подземных вод и анализа тенденций их развития. Проанализированы самые популярные международные системы классификации запасов и ресурсов полезных ископаемых, охарактеризованы системы – McKelvey и CRIRSCO, выделены их основные принципы. Проведено сопоставление классификационных признаков отечественной Классификации запасов и ресурсов полезных ископаемых государственного фонда недр к месторождениям питьевых и технических подземных вод и Рамочной классификации Организации Объединенных Наций энергетических ископаемых и минеральных запасов и ресурсов 2009 г. (далее – РКООН-2009). Главными классификационными признаками данных систем являются: промышленное значение (социально-экономическая жизнедеятельность – ось E); степень технико-экономической оценки (обоснованность проекта – ось F); степень геологической изученности (ось G). Установлен достаточный уровень соответствия этих параметров. Главные отличия заключаются в различных целях создания этих классификаций, так как украинская Классификация была разработана в условиях советской планово-командной системы, а РКООН-2009 изначально ориентирована на рыночную систему. Поэтому критерии классификационных признаков "промышленного значения" в отечественной классификации разработаны хуже. Зато критерии "степени геологической изученности" представлены полноценно и, по сравнению с международными классификациями, гораздо шире.

Практическое значение такого анализа заключается в реализации мировой тенденции глобализации международных систем классификации и создания международной классификации запасов и ресурсов минерального сырья для формирования стандартной системы отчетности. В 2009 г. была разработана Рамочная классификация Организации Объединенных Наций, главной целью которой было построение инструментария для классификации запасов/ресурсов полезных ископаемых на основе одинаковой в международном плане системы, сформированной на базе критериев рыночной экономики. Большинство стран мира не только признали РКООН, но и существенно изменили свои национальные классификации, максимально приблизив их к международной классификации. Несмотря на то, что теме "сопоставление критериев определения отечественной и международных классификаций запасов и ресурсов полезных ископаемых" посвящено немало научных исследований – подземные воды до сих пор оставались без достойного внимания.

Ключевые слова: классификация запасов и ресурсов, РКООН-2009, подземные воды, международные стандарты, промышленное значение, технико-экономическая оценка, геологическая изученность, КРИРSCO, МакКелви.

УДК 349.6:657.471.1.011.27

С. Кошарна, асп.
E-mail: sofia.kosharna@ukr.net
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ЕКОЛОГІЧНІ ВИТРАТИ ЗАЛІЗОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ КРИВОГО РОГУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. М.М. Коржневим)

Розвиток промисловості та його наслідки негативно впливають на навколишнє середовище, що змушує законодавчі органи переходити від дискусійного періоду з обговорення екологічних питань до їх фактичного вирішення. Відповідно, все більшої уваги та контролю нині вимагають промислові підприємства (зокрема металургійні, як одні з найбільших забруднювачів НС України), частина фінансових потоків яких мусить бути направлена не лише на задоволення вимог третього розділу Податкового кодексу України, що регламентує особливості екологічних податків, але й на ряд інших екологічних витрат, кожна з яких має вагомі підстави.

Предметом дослідження є теоретико-методологічні дані щодо екологічних витрат, економіко-організаційні рішення, обраного за об'єкт дослідження, металургійного підприємства з вироблення та переробки залізної руди – ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" та геохімічний стан середовища у безпосередній близькості до нього й інших промислових об'єктів.

Сформульовано пропозиції щодо нового угруповання екологічних витрат, утвореного на основі вже існуючих класифікацій О.Ф. Савченка, К.С. Саєнко та З.С. Туякової, а також щодо збільшення відсотка інвестування в екологічну освіту населення Кривого Рогу з метою підвищення рівня екологічної відповідальності.

Проведено зіставлення обсягів і структури екологічних витрат добувних підприємств у межах найбільших залізрудних і металургійних регіонів.

Ключові слова: екологічні витрати, нормативно-законодавчі акти, угруповання екологічних витрат, інвестиційні проекти, геохімічний аналіз.

Вступ. Будь-яке виробництво неможливе без впливу на стан навколишнього середовища. Даний факт підтверджується десятиліттями практики. І з кожним роком подібне "сусідство" дедалі більше порушує природний баланс.

У сучасній дійсності екологічний фактор стає чи не найвагомішим щодо соціально-економічного розвитку суспільства. І розглядаючи даний факт через законодавчу призму, неможливо не відзначити деяке розмежування в періодизації та націленості законодавчих актів. Так, відносини у сфері використання, охорони навколишнього середовища та екологічних прав в Україні регламентується рядом нормативно-правових документів 1992–1998 рр., а саме: Закону України "Про охорону навколишнього природного середовища", "Про охорону атмосферного повітря", "Про відходи" [3–5], "Про рослинний світ", "Про плату за землю" від 03.07.92 р., "Переліком видів діяльності, що належать до природоохоронних заходів" від 17.09.96 р., Земельним кодексом України, Кодексом України про надра від 27.07.94 р., Водним кодексом України від 06.06.95 р. Обов'язки ж щодо контролю за станом НС, фінансових впливів у нього та мінімізації завданої йому шкоди, що згідно зі статистикою за останні роки почали регулюватися більш жорстко, регламентуються більш сучасними нормативно-правовими документами, починаючи з 2001 р., та документами попереднього періоду із внесеними до них змінами та поправками. До них належать: Закон України "Про порядок визначення плати і стягнень платежів за забруднення навколишнього середовища" від 26.10.01 р., "Про систему оподаткування", "Про екологічний аудит" від 24.06.2007 р., Інструкція "Про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього природного середовища", Порядок встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору, Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості від 09.07.2007 р.

Як видно з даних поділів, останніми роками більший наголос робиться на необхідність покриття наслідків діяльності підприємств відносно НС шляхом їх спонукання законодавчими актами до екологічної відповідальності через фінансові втрати. Витрати є одним з оцінних показників, що характеризують якість роботи підприємства. Інакше кажучи, боротьба за зниження своїх витрат спонукає більш дбайливе ставлення підприємств щодо навколишнього середовища.

Метою даної роботи є визначення сутності екологічних витрат та їх місця в сучасному законодавстві України, оцінка ефективності впливу зазначених фінансових процесів на НС, на прикладі діяльності металургійних підприємств з вироблення та переробки залізної руди.

Постановка проблеми. Очевидно, що будь-яка широкомасштабна промислово-підприємницька діяльність так чи інакше наносить шкоду довкіллю, з кожним роком знижуючи його асиміляційну здатність уже навіть за рахунок не стільки своїх обсягів, як завдяки своїй численності. Особливу увагу в цьому контексті варто звернути на найбільш "гарячі точки", де екологічна ситуація вже належить до розряду еколого-небезпечних чи може стати такою у перспективі. Однією з таких на Україні є Кривий Ріг – найбільший залізодобувний та переробний регіон.

Неналежне ставлення до використання природних ресурсів у Кривому Розі значно ускладнює можливість швидкої та ефективної розробки та практичного забезпечення роботи надійних механізмів, які були б здатні втілювати в життя екологічні завдання та цілі держави, які чітко та неоднозначно нормуються ст. 16 Конституції України, де є положення про екологічну функцію держави: "Забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України...". Офіційно нині реалізація екологічної функції держави здійснюється через відповідні організаційні, ідеологічні, правові та економічні механізми.

Але в реальності останній, на нашу думку, найважливіший механізм супроводжується рядом невизначеностей, основним серед яких є питання обліку витрат на екологічну безпеку, інакше кажучи – екологічні витрати.

Для проведення найбільш повного дослідження щодо стану проблеми були використані дослідження ряду вчених, у т. ч. М. Малишка, О.Ф. Савченко та ін. [1, 8 та ін.], чії роботи стали підґрунтям для виведення означених у статті закономірностей та гіпотез. Основою ж для запропонованого нами нового угруповання екологічних витрат стали роботи К.С. Саєнко, О.М. Сухіна, Л.І. Максимів, Г.І. Зими та ін. [1, 7, 13, 14 та ін.].

Виклад основного матеріалу. Діапазон дослідження "економічних витрат" є доволі широким. Це питання піднімалося у роботах таких дослідників, як: А. П. Москаленко "Економіка природокористування і охорони навколишнього середовища", О.Ф. Савченко "Економіка, організація і управління раціональним природокористуванням на мікрорівні", О.М. Кондратюка "Проблеми обліку, аналізу витрат на природоохоронні

заходи та їх фінансування на прикладі Криворізького промислового регіону" та ін. Але нашу увагу привернула розрізненість класифікацій означених витрат, якими ма-

ють керуватися підприємства в регіоні досліджень та відсутність єдиного підходу до визначення самого поняття "екологічні витрати" (табл. 1).

Таблиця 1. Трактуювання поняття "екологічні витрати" вітчизняними та зарубіжними авторами

Автор	Визначення поняття
Гусаковська Є.Г., Демина Т.А.	<i>Екологічні витрати</i> – це природоохоронні витрати, що являють собою виражену у вартісній формі сукупність усіх видів ресурсів, необхідних для здійснення природоохоронної діяльності
Замула І.В.	<i>Екологічні витрати</i> – це всі витрати, пов'язані зі здійсненням екологічної діяльності підприємства
Кондратюк О.М.	<i>Екологічні витрати</i> – це сума всіх витрат, пов'язаних з екологічно несприятливою діяльністю підприємства, якими є природоохоронні витрати, екологічні зобов'язання і інші витрати і втрати, що виникли в результаті такої діяльності
Максимів Л.І.	<i>Екологічні витрати</i> – це інтерналізовані витрати, які виникають унаслідок добровільних або обов'язкових заходів із метою запобігання, усунення, зменшення навантажень на довкілля, а також унаслідок втрат продуктивності та незворотних втрат енергії, сировини і матеріалів
Морозова Є.В.	<i>Екологічні витрати</i> – це ті витрати, що виникають у результаті взаємодії організації та природного середовища, і, як правило, виділяються у вигляді затрат на охорону навколишнього середовища, відтворення відновних ресурсів і оплату негативного впливу на НС
Савченко О.Ф., Даций О.І., Байда А.О., Зима Г.І.	<i>Екологічні витрати</i> – це витрати, пов'язані зі здійсненням екологічної діяльності; вони відрізняються від інших витрат підприємства і залежать від сфери його діяльності та ступеня впливу на навколишнє природне середовище
Саєнко К.С.	<i>Екологічні витрати</i> – це витрати на придбання ліцензії на право користування надрами; витрати на освоєння природних ресурсів; плата за негативний вплив на навколишнє середовище; капітальні і поточні витрати природоохоронної діяльності
Сухіна О.М.	<i>Екологічні витрати</i> – це екоресурсні платежі (збори), витрати на капітальний ремонт основних виробничих фондів природоохоронного призначення, поточні витрати на охорону та раціональне використання природних ресурсів, у тому числі – поведження з відходами

Розмірковування всіх означених авторів мають раціональні обґрунтування, але, на нашу думку, найбільш повне визначення даного терміна може бути сформульоване так: "екологічні витрати" – це всі витрати, пов'язані зі здійсненням запобіжної, поточної та компенса-

ційної екологічної діяльності підприємства. Дане визначення включає в себе єдину класифікацію всіх можливих екологічних витрат підприємств (максимально повний перелік, яких наведено в табл. 2), що розділювалися авторами за численними малими категоріями.

Таблиця 2. Загальне угруповання можливих екологічних витрат підприємств

Групи екологічних витрат		
Запобіжні	Витрати з організації екологічної діяльності	- Платежі за послуги з екологічної сертифікації - Платежі за проведення екологічної експертизи та аудиту - Платежі за отримання екологічного паспорту - Витрати, пов'язані з підвищенням якості та екологічності продукції - Витрати на сировину та матеріали, що використовуються у природоохоронних цілях
	Витрати із запобігання забрудненню	- Витрати на науково-дослідні роботи, пов'язані з поточною екологічною діяльністю - Витрати на освіту та підвищення кваліфікації працівників, зайнятих природоохоронною діяльністю - Витрати на охорону утримання природоохоронних об'єктів та середовищ - Поточний ремонт основних засобів природоохоронного призначення - Витрати пов'язані з утриманням та експлуатацією основних засобів природоохоронного призначення - Амортизація об'єктів природоохоронного призначення - Витрати пов'язані з управлінням природоохоронної діяльності - Витрати пов'язані зі здійсненням контролю за експлуатацією природоохоронного устаткування і станом НС - Витрати на капітальний ремонт основних засобів природоохоронного призначення - Витрати на впровадження маловідходних, екологічно безпечних технологій - Витрати на створення, придбання, реконструкцію, технічне переоснащення обладнання і споруд природоохоронного призначення
Поточні	Витрати на переробку та/або утилізацію відходів виробництва	- Витрати на поточний ремонт та інші витрати, пов'язані з утриманням необоротних активів, призначених для переробки та/або утилізації виробничих відходів - Витрати на збір виробничих відходів - Витрати на транспортування виробничих відходів - Витрати на переробку виробничих відходів - Витрати на утилізацію виробничих відходів (створення (придбання) основних засобів, призначених для переробки та/або утилізації виробничих відходів) - Витрати на зберігання виробничих відходів
Компенсаційні	Витрати з відновлення природних ресурсів	- Витрати на матеріали, паливо, енергію, основну та додаткову заробітну плату, відрахування у фонди соціального страхування, пов'язані з відновленням природних ресурсів - Витрати на оплату послуг, пов'язаних із відновленням НС
	Витрати з компенсації негативних наслідків забруднення	- Компенсаційні платежі державі, юридичним та фізичним особам, що постраждали внаслідок шкідливої діяльності підприємства - Платежі за викиди (скиди) забруднюючих речовин - Платежі за розміщення відходів у межах і понад встановлених лімітів - Витрати з усунення негативних наслідків, спричинених надмірними викидами (скидами) в навколишнє середовище - Витрати на відновні роботи (озеленення територій, відновлення земельного фонду, водних об'єктів)

Цінність будь-якої класифікації визначається зручністю її практичного використання підприємствами у процесі структуризації та обліку їх фінансів. Саме тому класифікація екологічних витрат за схемами, запропонованими К.С. Саєнко чи З.С. Туяковою, на нашу думку, з практичного погляду вважається недоцільною. У зазначених класифікаціях пропонується поділ економічних витрат за часом здійснення, за джерелом покриття, за економічною сутністю, по відношенню до підприємства, за видами відшкодування витрат, залежно від ступеня забруднення та ін. О.Ф. Савченко пропонує додати до даного переліку поділ за видами діяльності та за характером впливу на навколишнє природне середовище. Але фактично всі перелічені категорії можуть бути підпорядковані лише трьом групам – запобіжних, поточних та компенсаційних екологічних витрат підприємств.

Так, розглядаючи класифікацію екологічних витрат "за джерелами покриття", які згідно з З.С. Туяковою поділяються на ті, що належать до собівартості, та ті, що йдуть за рахунок прибутку підприємства, можна з легкістю розділити на запобіжні та компенсаційні. Наведене твердження ґрунтується на тому, що за прийнятим в Україні порядком, платежі за гранично допустимі викиди (скиди) забруднюючих речовин у природне середовище й за розміщення в межах установлених нормативів відходів здійснюються за рахунок собівартості продукції. Тобто ще до початку проведення робіт планується певний об'єм викидів (скидів), за які проводяться відповідні запобіжні платежі за рахунок собівартості запланованої продукції. У випадку ж перевищення відповідних екологічних нормативів, що стає очевидним лише після завершення запланованих робіт, тобто коли шкода НС уже завдана, платежі здійснюються вже за рахунок прибутку від виготовленої продукції, що належить до категорії компенсаційних витрат.

Якщо розглядати екологічні витрати через призму їх поділу "за часом здійснення", то варто відзначити, що витрати, які віднесені до категорії поточні (удосконалення виробничої технології з метою зниження несприятливих впливів промислової діяльності на НС; витрати на оплату послуг, пов'язаних з охороною НС, амортизація об'єктів природоохоронного призначення та ін.) гармонійно вписуються до переліку затрат, спрямованих на мінімізацію згубного впливу на НС, а відповідно, і зменшення статей витрат у майбутньому, отже підпорядковується категорії запобіжних екологічних витрат. Власне,

так само, як і одноразові витрати, до яких відносять кошти, спрямовані на створення нових та реконструкцію діючих основних фондів природоохоронної направленості.

Класифікація екологічних витрат за їх економічною сутністю, у свою чергу, може бути підпорядкована поточним та компенсаційним витратам. У своїх роботах К.С. Саєнко за даною ознакою поділяє останні на поточні та капітальні. Під поточними маються на увазі витрати на утримання, експлуатацію і ремонт основних засобів, пов'язаних з екологічною діяльністю, у т. ч. сировина, матеріали, паливо, електроенергія, на утримання персоналу та обслуговуючі об'єкти, що пов'язані з екологічною діяльністю, на збір, транспортування, переробку та утилізацію виробничих відходів та ін. Інакше кажучи – витрати, які пов'язані з діяльністю, що спрямована на зниження та ліквідацію негативного впливу на НС, збереження, поліпшення і раціональне використання природних ресурсів, зменшення наслідків впливу та упередження змін клімату, яка має місце протягом виробничої діяльності. До капітальних ж е відносять заходи, спрямовані на захист та реабілітацію земель, поверхневих та підземних вод, що носить компенсаційний характер.

Таким чином, можна провести угруповання чи не всіх відомих класифікацій екологічних витрат (приклад у табл. 3). На нашу думку, використання запропонованої схеми значно спростить систему обліку витрат підприємства та зробить його документацію більш прозорою.

Екологічні витрати підприємств у сфері видобування та переробки залізної руди.

У Криворізькому районі Дніпропетровської області серед основних екологічних витрат, що фігурують у звітах металургійних підприємств, основну увагу приділяють запобіжним витратам, націленим на запобігання забрудненню в результаті своєї діяльності. Так, на підприємствах модернізується обладнання, впроваджуються енергозберігаючі технології, регулярно здійснюється капітальний ремонт основних засобів природоохоронного призначення, іншими словами, значна увага приділяється дотриманню та відповідності екологічних стандартів, затверджених законодавством України. Враховуючи, що процеси глобалізації економіки, які з кожним роком набирають обертів, призводять до створення наднаціональних ринків з новими, жорсткими правилами, усе зазначене лише сприяє нарощуванню темпів промислових виробництв та збереженню ними одних із перших позицій у промисловій галузі України.

Таблиця 3. Угруповання класифікацій екологічних витрат

	Витрати з організації екологічної діяльності	За видом діяльності	Інвестиційні
	Витрати із запобігання забрудненню	За джерелом покриття	Витрати від собівартості
Запобіжні		За часом здійснення	Поточні
		Стосовно підприємства	Одноразові
			Внутрішні
Поточні	Витрати на переробку та/або утилізацію відходів виробництва	За видом діяльності	Зовнішні
		За економічною сутністю	Операційні
Компенсаційні	Витрати з відновлення природних ресурсів	Стосовно підприємства	Поточні
	Витрати з компенсації негативних наслідків забруднення	За економічною сутністю	Зовнішні
		За джерелами покриття	Капітальні
		Залежно від ступеня забруднення	Витрати за рахунок прибутку
		За видами відшкодування витрат	

Суттєвим поштовхом для початку модернізації та структурної перебудови гірничо-металургійного комплексу Криворізького району став ряд постанов вищих законодавчих та виконавчих органів, серед яких фігурують: Постанови Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р.

№ 391 "Про затвердження положення про державну систему моніторингу" та від 05.12.2007 р. № 1376, якою було затверджено Державну цільову екологічну програму проведення моніторингу навколишнього природного середовища, Указ Президента України від 13.04.2011 р. про державну екологічну інспекцію та ін.

Заборона органам місцевого самоврядування здійснювати експлуатацію автоматизованих постів спостереження, хвиля перевірок початих Держекоінспекцією з 2015 р., жорстка координація виконання заходів Програми моніторингу довкілля – усе це значно посприяло підвищенню рівня самосвідомості та екологічної відповідальності на підприємствах.

Згідно з даними Регіональної доповіді про стан навколишнього середовища в Дніпропетровській області за 2015 р. [12], періодичне виникнення грубих масштабних правопорушень все ще мають місце. Так, 30.07.2015 р. на ПАТ "ПІВНГЗК" м. Кривого Рога виникла позаштатна ситуація, а саме, аварійний скид забруднюючих речовин зі зворотними водами підприємства з перевищенням встановленого нормативу ГДК на території фільтраційної насосної станції № 1 (№ 6) балки Петрикова. За скид зворотних вод в р. Саксагань з перевищенням нормативів ГДС були нараховані збитки на суму 438,0 грн, які сплачені в повному обсязі до Державного бюджету України. У ході планової жовтневої перевірки [10] 2016 р. ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" Державною екологічною інспекцією у Дніпропетровській області було встановлено, що промисловий гігант порушив норми

природоохоронного законодавства і здійснював наднормативні викиди забруднюючих речовин у повітря – марганцю та його сполук, хрому та його сполук та бензапірену – без належних дозволів. За порушення вимог Закону України "Про охорону атмосферного повітря" підприємство тепер має відшкодувати збитки і сплатити до державного бюджету понад 72 млн грн.

Одним із кращих останніх проєктів стосовно всього Дніпропетровського регіону було впровадження "Програми поліпшення екологічного стану Дніпропетровської області за рахунок зменшення забруднення довкілля основними підприємствами-забруднювачами на 2007–2015 роки", затвердженої рішенням обласної ради від 04.12.2007 р. № 295-13. Але на середині означеного терміну було прийняте рішення посилити обласну екологічну Програму Довгостроковою – щодо вирішення екологічних проблем Кривбасу та поліпшення стану навколишнього природного середовища на 2011–2022 рр.

Так, на прикладі звітності ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" можна спостерігати різке підвищення фінансових впливів у екологічну сферу починаючи з 2012 р., що може бути пояснене лише потужною інвестиційною підтримкою.

Таблиця 4. Витрати на охорону НС ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг"

Витрати на охорону НС, млн грн				
	2012	2013	2014	
Всього	337,2	325,6	718,4	
Поводження з відходами (збір, транспортування, переробка, утилізація)	146,6	133,8	161,0	Знижено обсяг утворення відходів на 6,4 % (з 38,4 до 35,9 млн т)
Охорона атмосферного повітря	143,3	154,8	527,4	Зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферу на 3,4 %
Очищення зворотних вод	36,5	29,8	24,1	Зниження обсягів споживання води до 48,4 млн м ³ (50,0 м ³ у 2013 році). Впровадження 1 етапу комплексу підсистеми моніторингу стічних вод
Екологічний менеджмент	10,8	7,2	5,9	
Збір (податок) за забруднення НС	82,1	96,1	148,3	

Надалі серед запланованих екологічних витрат означеного підприємства, відповідно до даних із звіту корпоративної відповідальності [6], фігурують кошти на капітальний ремонт 1 розряду ДП-6 із впровадженням комплексу природоохоронних заходів та конвертера N 25 з будівництвом нової установки очищення газу, а також реконструкція установок очистки газу від агломації № 6 аглоцеху № 22, що буде спрямоване на *захист повітряного басейну*. Заплановане продовження впровадження комплексу підсистеми моніторингу стічних вод та реконструкція очисних споруд зливових стоків автоколони № 7 ЦТА із впровадженням проєкту з переведення стічних вод ділянки мінвати у зворотний цикл водопостачання ШПЦ, що дозволить запобігти зливанню забруднених стічних вод в обвідний канал – складають перелік заходів, на які виділять кошти, спрямовані на *захист та очищення води*.

У рамках Програми Кривбасу за 2015 р. на реалізацію програмних заходів усього спрямовано 1433,5 млн грн., або 257,7 % від передбачених календарним планом обсягів, з них:

- власних коштів підприємств – 1369,5 млн грн (станом на 01.12.2015 р.), кошти спрямовувались на фінансування природоохоронних заходів за такими напрямками відповідно до завдань, передбачених програмою:
 - на охорону та поліпшення стану атмосферного повітря – 702,692 млн грн;
 - на охорону та раціональне використання водних ресурсів – 116,513 млн грн;

- на заходи щодо поводження з відходами та забезпечення раціонального використання земель – 544,121 млн грн;
- на заходи щодо аналізу існуючого стану складових довкілля міста – 6,174 млн грн;
- на охорону, збереження, утримання об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) – 53,178 тис. грн;
- бюджетних коштів – 18,19 млн грн, фінансування проводилось із міського фонду охорони навколишнього природного середовища – майже 13,8 млн грн, які направлені на:
 - розширення та реконструкцію загальноміських каналізаційних очисних споруд – 292,2 тис. грн;
 - заходи із захисту від підтоплення – 6360,1 тис. грн;
 - проектування та будівництво каналізаційних мереж – 2200,2 тис. грн;
 - заходи щодо озеленення території міста – 4205,9 тис. грн;
 - придбання обладнання та механізмів для проведення заходів з озеленення – 1704 тис. грн;
 - придбання обладнання для збирання та складування побутових відходів – 3424 тис. грн.

Прискорення позитивної динаміки відновлення навколишнього середовища цілком імовірно за рахунок затвердженої 28.09.2016 р. Міської програми вирішення екологічних проблем Кривбасу та поліпшення стану навколишнього природного середовища на 2016–2025 рр. (табл. 5). Згідно з програмою кожне із залізо-видобувних

та переробних підприємств отримало конкретні завдання та обмежені терміни їх виконання, що сприяє більшій імовірності досягнення бажаних результатів. Фі-

нансування даної ініціативи проводиться за рахунок державного, обласного та місцевих бюджетів із регламентованою можливістю залучення інших джерел.

Таблиця 5. Орієнтовні обсяги фінансування, що документально затверджені у даній програмі

Загальні орієнтовні обсяги фінансування	Термін	Джерела фінансування	Орієнтовні обсяги фінансування заходів, тис. грн	
			I етап 2016–2020 роки	II етап 2021–2025 роки
	2016–2025	Загальний обсяг, у т.ч.	3 583 854,9	2 441 446,6
		державний бюджет	119 100	137 100
		обласний бюджет	901 614,4	927 814,7
		місцевий бюджет	249 543,9	354 075
		інші джерела	2 313 596,6	1 022 456,9

Мета програми [9] спрямована на реалізацію відповідних цілей і конкретних завдань, а саме:

- організацію та підвищення ефективності систем екологічного моніторингу, сприяння розбудові автоматизованої мережі спостережень за станом складових довілля;
- зменшення забруднення повітряного басейну, на яке відводиться 25,3 % фінансування;
- удосконалення діючих та впровадження нових систем очищення викидів і скидів та захист водних ресурсів від забруднення – що є основним проблемним питанням регіону, завдяки чому має 38,7 % фінансової підтримки;
- утилізація відходів шляхом їх максимального залучення у виробництво та поліпшення із вдосконаленням сфери збору, утилізації та переробки твердих побутових відходів – 19,6 %;
- відновлення, рекультивація порушених земель та раціональне використання надр – 2,7 %;

- дослідження стану Криворізького залізничного басейну для запобігання виникненню на його території катастроф техногенного та природного характеру – 4,1 %;
- охорона й збереження біорізноманіття міста, а також активізація робіт з організації та утримання об'єктів природно-заповідного фонду, озеленення території міста – 9,5 %;

- формування екологічної культури населення – 0,1 %.

Однією з найбільш наочних форм контролю над ефективністю проведених робіт, а відповідно й доцільності їх фінансування, є геохімічний моніторинг навколишнього середовища. На сьогодні, згідно з лабораторними дослідженнями, проведеними в лабораторіях Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України за пробами автора, середні значення розподілу важких металів у ґрунтах у межах об'єктів, розташованих у безпосередній близькості до промислових металургійних підприємств, мають такий вигляд (рис. 1).

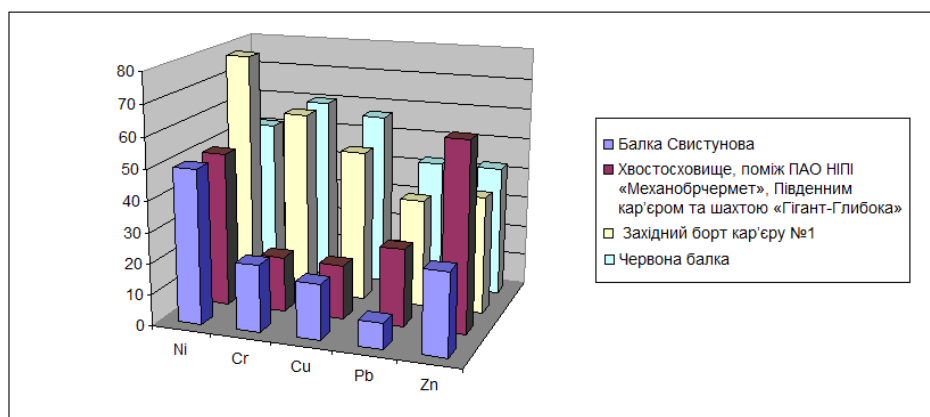


Рис. 1. Розподіл середніх концентрацій важких металів Криворіжжя

Порівнюючи дані, відображені на гістограмі із середніми фоновими значеннями, спостерігаємо суттєве перевищення останніх. Так, згідно з отриманими результатами аналізів, вміст нікелю переважає фоновий у 2,5 раза, а місцями (як на Західному борті кар'єру № 1) – майже в 4. Вміст міді збільшений у 1,5 раза, свинцю – у 1,5–2. Кількість цинку – майже на межі із фоновією.

При подальшому моніторингу отримані дані можуть слугувати своєрідною "точкою відліку", призначеною для регулярного порівняння стану навколишнього середовища у ході реалізації описаних Програм, що буде наочним показником ефективності фінансових впливів у цю сферу.

Висновки.

1. Відсутність єдиної, офіційно затвердженої класифікації екологічних витрат підприємств вносить певну невизначеність у процес фінансового інвестування в екологічну сферу та є однією з причин, що лежить в основі недбайливого ставлення до цієї обов'язкової статті витрат, що значно ускладнює систему їх обліку.

2. Затверджені українським законодавством нормативні акти та накази, з усіма внесеними поправками, сприяють запровадженню більш жорсткої політики та контролю щодо забруднюючої діяльності промислових підприємств (зокрема металургійних) та способів її мінімізації інвестиційним шляхом.

3. Ефективний контроль дієвості різноманітних Програм екологічного характеру у Кривому Розі, які супроводжуються чітким розподілом фінансування заходів, спрямованих на охорону та відновлення окремих сфер геологічного середовища, мусить включати регулярний геохімічний моніторинг, що дасть можливість проведення наочних порівнянь стану НС із початковим протягом усього терміну дії Програм.

4. На базі класифікацій О.Ф. Савченко, К.С. Саєнко та З.С. Туякової нами запропонована методика угруповання екологічних витрат, що має дещо спростити систему обліку витрат підприємств. Також, на нашу думку, нині є доцільним збільшення відсотка інвестування в екологічну

освіту населення Кривого Рогу, оскільки ті 2 % від загальних сум, що виділяються на дані заходи, є недостатніми для ефективної зміни усталеного недбалого ставлення до навколишнього середовища.

Список використаних джерел:

1. Екологічні витрати: проблеми права, обліку та оподаткування / О. Ф. Савченко, О. І. Дачій, А. О. Байда та ін. // Економіка і держава. – 2015. – № 5. – С. 11–19.
2. Ерохина В.Н. Экологические затраты. Актуальные вопросы учета и анализа / В. Н. Ерохина, Т. В. Лесина // Интернет-журнал "Науковедение". – 2015. – Т. 7. – № 4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/v/ekologicheskie-zatraty-aktualnye-voprosy-ucheta-i-analiza> – Назва з екрану.
3. Закон України "Про відходи" від 05.03.1998 р. № 187/98-ВР [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80> – Назва з екрану.
4. Закон України "Про екологічний аудит" від 24.06.2004р. № 1862-IV. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1862-15> – Назва з екрану.
5. Закон України "Про охорону атмосферного повітря" від 16.10.92 р. № 2707-XII. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2707-12> – Назва з екрану.
6. Звіт з корпоративної відповідальності ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" / ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг"; кер. Парамжит Калон. – 2014. – 40 с.
7. Максимів Л.І. Екологічний облік: проблеми формування та перспективи застосування / Л. І. Максимів // Вісн. САДУ: Економіка та менеджмент. – Суми : Козацький вал, 2001. – С. 123–129.
8. Малишко М. Конституційні основи екологічного права та їх місце у екологічній правовій системі / М. Малишко // Право України. – 2011. – № 2. – С. 44.
9. Міська програма вирішення екологічних проблем Кривбасу та поліпшення стану навколишнього природного середовища на 2016 – 2025 роки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://kr.gov.ua/ua/news/pg/41116770529459_n/ – Назва з екрану.
10. Новини державної екологічної інспекції України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dei.gov.ua/component/search/?searchword=%D0%9A%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%B8%D0%B9%20%D0%A0%D1%96%D0%B3&searchphrase=all&Itemid=101> – Назва з екрану.
11. Про порядок визначення плати і стягнень платежів за забруднення навколишнього середовища : Постанова Кабінету Міністрів України "Про внесення змін до деяких Постанов Кабінету Міністрів України" від 26 жовтня 2001 р. № 1426. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/298-96-%D0%BF> – Назва з екрану.
12. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Дніпропетровській області за 2015 рік / Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської облдержадміністрації [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу: <https://dostup.pravda.com.ua/request/13949/response/22498/attach/3/2015.pdf> – Назва з екрану.
13. Саенко К. С. Учет экологических затрат / К. С. Саенко. – М. : Финансы и статистика, 2005. – 376 с.
14. Сухина О. М. Дослідження екологічної складової у виробничій діяльності підприємств гірничовидобувної промисловості / О. М. Сухина ; відп. ред. Б. М. Данилишин // Економіка природокористування і охорона довкілля: щорічник наук. праць НАН України. Рада по вивченню продуктивних сил України. – К., 2005. – 376 с.

15. Туякова З.С. Классификация экологических затрат в современном бухгалтерском учете / З. С. Туякова, А. А. Чертова // Вестник ОГУ. – 2009. – № 8. – С. 112.
16. Цюга М.М. Природоохоронні витрати, як об'єкт бухгалтерського обліку [Електронний ресурс] / М.М. Цюга // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2012. – № 1 (59). – Режим доступу: <http://ven.ztu.edu.ua/article/viewFile/47210/43343> – Назва з екрану.

References:

1. Savchenko, O.F., Datsii, O.I., Baida, A.O., Zyma, H.I. (2015). Ecological expenditures: problems of law, accounting, and taxation. *Economy and Government*, 5, 11-19. [in Ukrainian].
2. Yerokhina, B.N., Lesina T.V. (2015). Environment-oriented expenditures. *Internet Journal*, 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/ekologicheskie-zatraty-aktualnye-voprosy-ucheta-i-analiza> [in Russian].
3. Law of Ukraine on Waste, Report No. 187/98-VR (05.03.1998). URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80> [in Ukrainian].
4. Law of Ukraine on Environmental Audit, Report No. 1862-IV (24.06.2007). URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1862-15> [in Ukrainian].
5. Law of Ukraine on Protection of Atmospheric Air, Report No. 2707-XII (16.10.1992). URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2707-12> [in Ukrainian].
6. Report on Corporate Liability of ArcelorMittal Kryvyi Rih. (2014). ArcelorMittal Kryvyi Rih. [in Ukrainian].
7. Maksymiv, L.I. (2001). Environmental accounting: formation and perspectives for use. *Bulletin of the Sumy State Agrotechnical University: Economy and Management*, 2, 123-129. [in Ukrainian].
8. Malysenko, M. (2011) Constitutional basis of ecological law in the present-day ecological legal system. *Laws of Ukraine*, 2, 14-15. [in Ukrainian].
9. Municipal Program for Solving Ecological Problems of the Kryvyi Rih Region and Improvement of the State of the Environment for 2016-2025. URL: http://kr.gov.ua/ua/news/pg/41116770529459_n/ [in Ukrainian].
10. News of the State Ecological Inspectorate of Ukraine. URL: <http://dei.gov.ua/component/search> [in Ukrainian].
11. Decree of the Cabinet Ministers of Ukraine on the Procedure for Determining and Collecting Charges for Environmental Pollution, No. 1426 (26.10.2001). URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/298-96-%D0%BF> [in Ukrainian].
12. Report on the State of the Environment in the Dnipropetrovsk Region in 2015. (2016). Ecology Department of the Dnipropetrovsk Regional State Administration. URL: <https://dostup.pravda.com.ua/request/13949/response/22498/attach/3/2015.pdf> [in Ukrainian].
13. Saienko, K.S. (2005). Accounting of environment-oriented expenditures. *Finances and Statistics*. [in Russian].
14. Sukhina, O.M. (2005) Study of ecological component of production activity of mining enterprises. *Annual Collected Works of the National Academy of Science of Ukraine*. [in Ukrainian].
15. Tuiakova, Z.S., Chertkova A.A. (2009). Classification of environment-oriented expenditures in the present-day cost accounting. *Bulletin of the Odesa State University*, 8, 112-114. [in Russian].
16. Tsiuha, M.M. (2012). Environment-oriented expenditures as an object of cost accounting. *Bulletin of the Zhytomyr State Engineering University*, 1 (59). URL: <http://ven.ztu.edu.ua/article/viewFile/47210/43343> [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 14.10.17

S. Kosharna, PhD student

E-mail: sofiia.kosharna@ukr.net

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology
90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

ENVIRONMENTAL EXPENDITURES OF IRON-PROCESSING ENTERPRISES OF KRYVYI RIH

The development of industry and the consequences of the development have a negative effect on the environment, so legislative authorities are enforced to move from discussion of environmental problems to their actual solving. Accordingly, it is required to render more attention to, and provide monitoring of, industrial enterprises (specifically metallurgical ones, which are the largest environmental contaminants in Ukraine). Part of the financial resources of these enterprises must be allotted not only to meet the requirements presented in Section 3 of the Tax Code of Ukraine, which regulates taxes for environmental protection, but also to pay other reasonable environment-oriented expenditures.

The subjects of the study are the data on the theoretical basis and study methods concerning environment-oriented expenditures, economic and organizational decisions chosen as the study objective one of the above-mentioned enterprises – ArcelorMittal Kryvyi Rih, and the geochemical characteristics of the environment in the areas near the enterprises.

The offer of the new scheme of classification of environment-oriented expenditures on the base of existent classifications proposed by Savchenko O.F., Saienko K.S., and Tuiakova Z.S., and an offer of increasing of investments in the environmental education of the Kryvyi Rih region population in order to raise the level of environmental responsibility are presented in the paper.

This paper contains the results of the comparative analysis of amounts and patterns of environment-oriented expenditures of the largest ore mining and metallurgical enterprises in the areas of their activities.

Keywords: environment-oriented expenditures, regulatory documents, classification of environment-oriented expenditures, investment project, geochemical analysis

С. Кошарная, асп.

E-mail: sofii.kosharna@ukr.net

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РАСХОДЫ ЖЕЛЕЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КРИВОГО РОГА

Развитие промышленности и его последствия, которые негативно влияют на окружающую среду, заставляют законодательные органы переходить от дискуссионного периода по обсуждению экологических вопросов до их фактического решения. Соответственно, все большему вниманию и контролю в настоящее время подлежат промышленные предприятия (в частности металлургические, как одни из самых сильных загрязнителей ОС Украины), часть финансовых потоков которых, должна быть направлена не только на удовлетворение требований третьего раздела Налогового кодекса Украины, регламентирующего особенности экологических налогов, но и на ряд других экологических затрат, каждая из которых имеет веские основания.

Предметом исследования являются теоретико-методологические данные об экологических затратах, экономико-организационные решения, выбранного в качестве объекта исследования, металлургического предприятия по выработке и переработке железной руды – ОАО "АрселорМиттал Кривой Рог" и геохимическое состояние среды в непосредственной близости от него и других промышленных объектов.

Сформулированы предложения относительно новой группировки экологических издержек, созданной на основе уже существующих классификаций О.Ф. Савченко, К.С. Саенко и З.С. Туяковой, а также – увеличения процента инвестирования в экологическое образование населения Кривого Рога, с целью повышения уровня экологической ответственности.

Проведено сопоставление объемов и структуры экологических затрат добывающих предприятий в пределах крупнейших железорудных и металлургических регионов.

Ключевые слова: экологические затраты, нормативно-законодательные акты, группировка экологических расходов, инвестиционные проекты, геохимический анализ.

ГЕОЛОГІЧНА ІНФОРМАТИКА

УДК 528.1:528.4

V. Zatserkovnyi, Dr. Sci. (Tech.), Head of the Geoinformatics Department

E-mail: vitalii.zatserkovnyi@gmail.com,

I. Tishaiev, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate professor

E-mail: ivantishaeve@gmail.com,

U. Komarova, Student

E-mail: komarovaulya@gmail.com

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Institute of Geology, 90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR ORTHOPHOTO PLANS

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром фіз.-мат. наук, ст. наук співроб. І.М. Корчагіним)

For many years, traditional aero photography has been an effective instrument to solve geodesic, geophysical, geological cartographic and monitoring tasks. However, the prime cost of usage of aviation carriers for local large-scale survey of the area is relatively high and has a number of limitations. That is why the actual task is to find the way to decrease prime cost of photographing. One of the promising approaches to get geodesic basis is method of remote cartographing using unmanned aerial vehicles (UAVs). In today's world aerospace has been developing rapidly with the help of UAVs, which proved to be extremely cost effective and convenient in terms of saving time and labor costs for photographing works. Aerial photography of the area, carried out with the help of UAV can be used in many fields and spheres, in particular in geodesy, topography and cartography.

The controlling of UAV is possible to execute with the help of a smartphone, tablet or software or satellite connection. UAVs can be launched using missiles, catapults or manually and are able to carry various types of materials, video equipment or even fertilizers for agricultural purposes.

The creation of an orthophoto plan that allows to accurate measure of territories, to establish or actualize the borders (boundaries) of any settlement (village, town, region), to execute environmental and agronomic land evaluation was considered in the article. On the basis of received orthophoto maps it is possible to conduct highly-precise topographic mapping and thus to create Master Plan and plan of territory development.

Algorithm UAV (air drones) data processing targeted to get orthophoto plan is described in the article. It is identical for the majority of software that is used for such purpose. The difference is only in peculiarity of work with each of it.

Keywords: *unmanned aerial vehicles (UAVs), aerial photography, orthophoto plan.*

Introduction. For maps and plans composition, investigated territory relief description people started to use aerial vehicles practically immediately after their creation. Initially these were primitive sketching of territory contours from balloons, then for photographing one started to use photo equipment and it was carried with the help of kites, observation balloons, dirigibles, pigeons, and later on with aerial vehicles which were heavier than the air. Aerial photography became the main method of creation and actualization of topographic maps and plans [6]. Materials were received with the help of analogous photo cameras which were installed on the planes. With time photographing became possible with digital cameras of aerial and later on space vehicles.

Today aerial photographing is developing quickly, which is based on usage of unmanned aerial vehicles (UAVs) and proved to be extremely cost effective and convenient in terms of time and labor costs for photographing works.

UAV – aerial vehicle with air-borne power unit for multiple use without crew, which rises up into the air with the help of aerodynamic power and executes flight in autonomous mode according to program or on remote commands of operators, and is able to bear effective load, equipment of reconnaissance and surface, air and water environment monitoring and is intended for getting back to aerodrome and for further usage. Other names of this class of carriers are unmanned aerial vehicles, unmanned aviation systems – UASs, drones, quadcopter, multicopter, UAVs as well. Existing classification and terminology creates certain difficulties in definitions, but this is not the subject of this research.

UAVs differ by size, productivity and type. They might be almost invisible as insects or be very much similar to piloted planes. They are able to hang in the air or develop speed up to 1000 km/h. UAV controlling is possible to do with smartphone, tablet or software of satellite connection. UAVs can be launched using missiles, catapults or manually and are able to carry various types of materials, video equipment or even fertilizers for agricultural purposes.

Modern technologies allow UAVs to fly on significant distance during long time; however, the majority does not go up more than 150 m above the ground. Air space at this height is mainly used for gliders and light aviation flights.

Usage of UAVs is more advantageous and quick for actualization of cartographic materials and receipt of reliable information comparing to usage of traditional or light aviation, results of photographing from UAVs is possible to process in automatic mode on regular computers. This allows executing non-uniformly scaled topographic photography with various levels of details with the help of the same equipment.

Subject of investigation is unmanned aerial vehicles with digital cameras.

Aim of the work is investigation of possibility to use UAVs for cartographic tasks, in particular for creation of orthophoto plans of the areas.

Relevance of the investigation. For many years, traditional aerophotography has been an effective instrument of solving geodesic, geophysical, geological cartographic and monitoring tasks. However, the prime cost of usage of aviation carriers for local large-scale survey of the area is relatively high and has a number of limitations. This is why the actual task is to find the way to decrease prime cost of photographing. One of the promising approaches to get geodesic basis is method of remote cartographing using UAVs.

Analysis of recent researches. The following studies are dedicated to researches of UAVs usage for solving certain problems of civil sphere – works of V. Akulov, V. Alekseev, S. Halushko, V. Hlotov, A. Hunina, O. Zinchenko, M. Matychuk, K. Meteshkin, O. Sechin, S. Stankevych, H. Trubnikov, V. Kharchenko, M. Shevni, J.D. Barton, J. Chen, D. Droschel, R. Gini, G. Grenzdürffer, and others. But since one uses a very large number of UAVs of different classes and aerodynamic schemes with a wide range of technical and aerodynamic characteristics, various aerospace and navigation equipment, the analysis of the possibilities of their use to solve different tasks is still far from complete.

Presentation of the main part of material. From a practical point of view, aero-photography of the area done by UAVs today is relevant and profitable solution of majority tasks in sphere of aero-photography and geodesy, monitoring of environment and emergency situations, as well as agriculture.

The UAV performing a flight on a given route, both in automatic and semi-automatic mode, provides accurate and reliable photo and video materials about the area, monitoring of buildings and structures.

The use of small UAVs offers many advantages and surpasses traditional methods of shooting from an aircraft due to the possibility of rapid deployment of equipment and operational preparation for start (no need for special runways or platforms). UAVs make it possible to perform flights from minimum height of 100 m, and the drone aircrafts – even lower, which ensures the presence of the carrier under clouds at almost any time. A high resolution in area allows you to capture the smallest details of the area and objects with a centimeter accuracy. In addition, UAVs provide an opportunity to shoot small objects and areas, where usage of other types of aerial photography is unprofitable, and in some cases, is technically impossible.

The advantages of the UAV vs alternative types of obtaining photographs are as follows:

- The safety of filming. This is especially true within the city borders (compared to light aviation);
- higher accuracy and self-descriptiveness of the received data (in comparison with satellite images);
- high quality of the received photos;
- high frequency;
- significant time savings;
- low cost;
- resistance to weather conditions. Ability to take photos in cloudy weather;
- accuracy of surface modeling in plan: ± 5 cm.

The obtained data from the UAV are processed in specialized software and serve as the basis for the creation of digital and electronic maps, topographical plans of the area. They are used in the construction design, area monitoring, allow studying the relief, developing projects for the management of the territories taking into account rational use and environmental protection.

Most often UAVs are used to solve the following topographic and geodetic tasks [1–5, 7–13]:

- during mine surveying works – for the shooting and monitoring of the state of quarries, dumps, the determination of the scope of work in open-form development;
- in engineering geodesic surveys – for the creation of orthophoto plans and topographical plans of the area, where the use of traditional methods is not economically reasonable or is connected with a risk for personnel (shooting of hard-to-reach, impenetrable or extended objects);
- for land cadastral works – to determine the characteristic points of boundaries of land plots by photogrammetric method in small areas (village, settlement, garden cooperative), inventory of land and other real estate objects;
- for the control of the technical condition and safe usage of the objects of power and municipal economy (transmission lines, gas pipelines, heating roads), infrastructure objects, railway facilities.

The UAV has many advantages. An important factor is that there is constantly growing number of software that allows practically automated processing of data from UAVs in a short period of time with no need for significant computing resources. With data from UAV and with the help of ortho-transformation you can get an orthophoto plan, a 3D model of the area, maps of heights.

Under ortho-transformation one understands the process of geometric image correction during which perspective distortions, turns, distortions caused by the aberration of the optical system are eliminated. With it, the image is traced to the planned projection, i.e. such projection during which each point of the area is observed vertically, in nadir. To perform such a transformation, it is necessary to eliminate the distortions caused by the relief. Thus for transformation one needs a model of relief, one needs to know the height of the area for each point of the image.

The ortho plan is a photographic plan of the area on an accurate geodetic basis, obtained by aerial photography with the subsequent transformation of images from the central projection to the orthogonal. Transformation uses the ortho-transformation method.

Modern technologies for the creation of orthophoto maps widely use photogrammetric methods and are mainly aimed at obtaining images using large and medium-sized aircraft equipped with stabilization systems for aeronautical equipment (APA, digital photogrammetric cameras), control of elements of internal and external orientation, aerial photography elevation.

Typically, small-scale UAVs with a wingspan of up to 3 m are used to create orthophoto maps. The main problem with the use of such UAVs for terrestrial or water surface surveys are: use of non-metric professional, semi-professional and amateur digital cameras based on a CCD matrix (such as Samsung, Sony, Pentax or more "Serious" Canon or Nikon); lack of systems for stabilizing the UAV and control the elements of internal and external orientation; frequent deviation of optical axes from the vertical to several degrees, which complicates a lot the process of images primary processing.

The use of household cameras is associated with ease of control of them, and their benefits (low cost, ease of replacement when "hard landing").

However, the use of these cameras also has certain disadvantages. The main disadvantage is that household cameras are not initially calibrated – their exact focal lengths are unknown, the main point, distortion. In this case, the nonlinear distortion of optics (distortion), which is acceptable for household photography, can be up to several tens of pixels, which can lead to a reduction in the accuracy of the results of processing dozens of times. However, such cameras can be calibrated in laboratory conditions, which allows the accuracy of processing which differ little from professional small-format photogrammetric cameras [15].

In terms of traditional (classical) photogrammetry, the presence of these problems leads to the fact that the quality of the survey is likely to be treated as inappropriate.

However, the presence of modern photogrammetric software largely reduces these problems. Moreover, the development of digital photogrammetric processing methods has already led to the emergence of programs and software systems that can handle even such "poor" aerial photography in highly automated mode, with minimal operator involvement.

In this study, the process of creating an orthophoto map of the terrain based on the data obtained from the UAV Phantom 4 PRO DJI, is equipped with a nonparametric 20-megapixel camera with a 1-inch 20-megapixel sensor, which is capable of shooting 4K / 60fps video and 14 frames per second in serial mode, meeting the obstacles in 4 directions and staying in flight for up to 30 minutes.

Aerial photography from the UAV does not fundamentally differ from the shooting of "big airplanes", but has certain features. UAV flight, as a rule, is carried out with

a cruising speed of 70–110 km/h (20–30 m/s) in the range of heights 300–1500 meters. Typically, non-metric household cameras with a matrix size of 10–20 megapixels are used for shooting. The focal length of the cameras is about 50 millimeters, which corresponds to the size of the pixel on the ground (GSD) from 7 to 35 centimeters.

Often images of UAVs are processed by simple non-destructive methods (affine transformation of images into a plan). As a result, the user receives overhead assemblies that, in addition to low accuracy, may contain contour ruptures at the junctions of neighboring images.

For strict photogrammetric processing of aerial photography and obtaining the most accurate results it is necessary that the images in one route have a triple overlap, and the overlap between the images of neighboring routes during plane shooting should be not less than 20 % [14]. In practice, when shooting from an UAV these parameters are not always met. UAV flight is not stable; it is influenced by wind gusts, turbulence and other excitation factors. If the shooting from conventional aircraft is planned with overlapping along the route 60 %, and between routes 20–30 %, then the projected shooting from the UAV requires overlap along routes 80 %, and between routes – 40 %, to exclude, if possible, gaps in the photo triangulation unit [15].

Aerial photography is flat and linear (route). In the plane shooting, in addition to the longitudinal overlapping of the photos, the transverse overlap has to be observed as well. The initial parameters of aerial photography with the UAV have the necessary spatial resolution, camera resolution, angle of view of the camera lens, the size of the overlap of frames. According to these data, the flight altitude, UAV speed and the shutter speed of the camera are calculated.

The result of the digital aerial photography of the terrain are digital aerial photographs, as well as external orientation elements recorded in the flight (linear XS, YS, ZS –

coordinates of the center of photography, angles α , β , γ – orientation of the camera relative to the coordinate axes.

In accordance with the laws of central design, which is based on the image of the terrain aerospace contains a number of distortions, the magnitude of which are determined by the angle of inclination of the optical axis of the aerial camera and fluctuations in terrain.

The process of creating an orthophoto map implies:

- uploading pictures;
- formation of a point surface model;
- optimization of the model and construction of a dense cloud of points;
- construction of a polygonal surface model;
- Generation and editing of the orthophoto map.

When the data is received after shooting, each photo has its own coordinates of the centers, as well as the altitude mark. At the first stage, the uploaded footage is being uploaded to the project, and the construction of an approximate, "rough" model of the terrain. The coordinates of the centers (fig. 1) and the height mark are used for this purpose.

When used, automatic definition of common points in overlapping photographs, determination of the coordinates of the centers of photographing and elements of mutual orientation of the photographs.

There are occasional cases where, for technical reasons, some photographs do not include coordinates of centers and altitude. In this case, the program can automatically find their position by the method of finding common points. But of course, if it's a small number of photos.

As a result of the first alignment of images, a sparse cloud of points is constructed, where each point is the result of finding common points in adjacent photos. On this model you can see the overall image of the terrain, but this is only the first approximation to the desired result (fig. 2).



Fig. 1. Coordinates position marks of photo centers

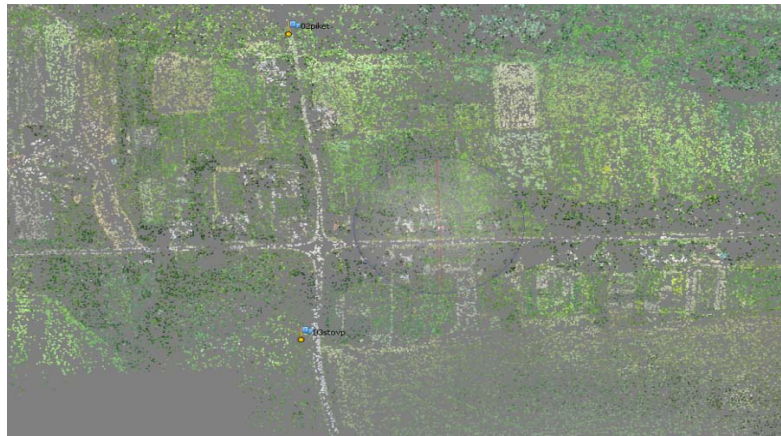


Fig. 2. Spilled cloud of points

Next step is optimization of the model. Here one should connect received model to ground points of anchorage. Which means that coordinates of point of details are uploaded into project and these coordinates are used to execute visual alignment of the model. As a rule, on such points of details one places identification marks that are easy to recognize on photos.

If operator finds out difference between certain identification mark and point of detail, he himself is able to correct the situation. In case identification marks are not visible, e.g. due to trees crowns or it was point of water cut, then such points should be excluded from the process of

visual alignment of the model connection. Thus, deviation will be minimal. After above mentioned actions the process of model optimization starts correspondingly.

Next stage is building a dense point cloud on the basis of already created and leveled model where every point is a result of minimum 3 pixels on closely-spaced photos. This process takes a lot of time as all photos are analyzed and mutual points are searched. As a result, one gets dense point cloud which graphically represents working model. (fig. 3).

The stage of building a dense point cloud will not work without the operator's supervision. This is because there might be cases where some points are not correctly defined

according to their high-altitude parameters (Fig. 3), that is, either they are located above or under the main cloud of points. These incorrectly defined points should be manually deleted, as they can negatively affect the quality of the

results at subsequent stages. However, at the same time one should be very careful since under some angles, not all the points are visible and one may accidentally delete several kilometers of the processed area.

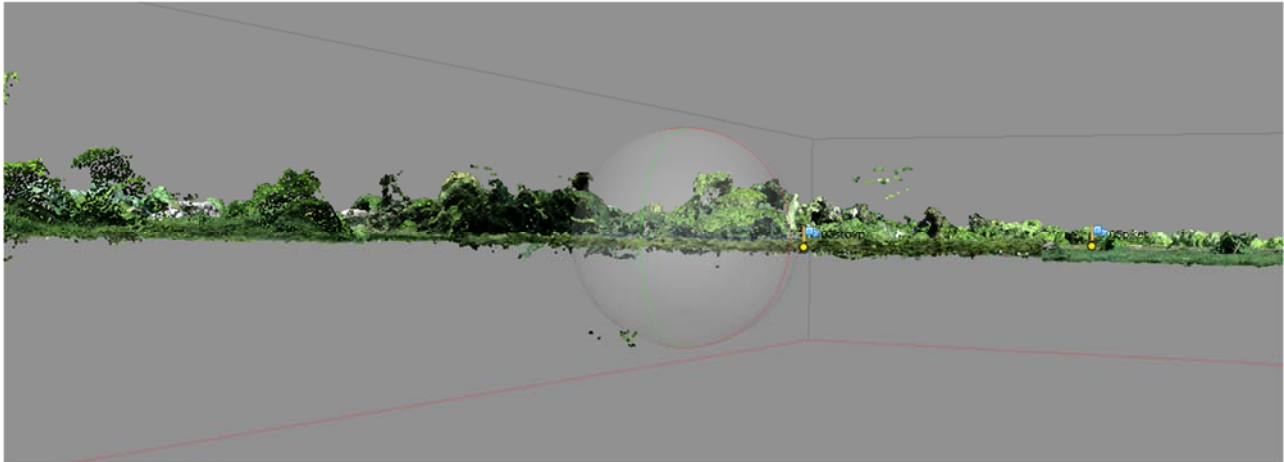


Fig. 3. Dense point cloud

On this stage it is possible to execute points classification. It can be executed either in automatic mode (the program will split available points into classes defined by default) or

operator can nominate classes on his own and name them. This classification is used on next stage of processing.

After building of dense point cloud, next step is building of polygonal model of area (fig. 4).

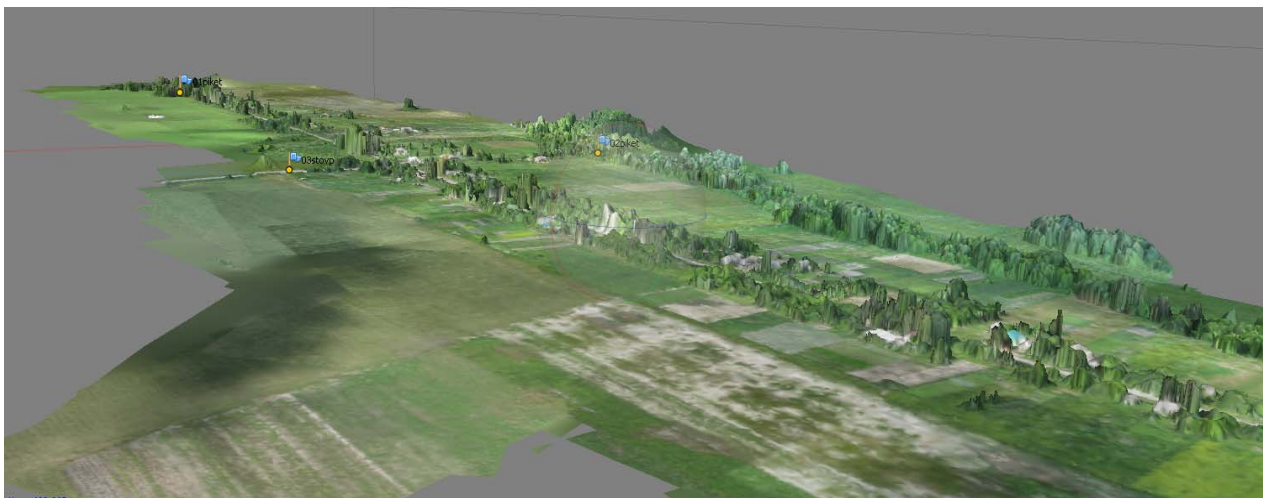


Fig. 4. Polygonal model of area

Here for operational efficiency of the model one should set the number of loops for certain area (square), as in case of standard settings usually there will be a big number of loops built and this will significantly slow down the further work with a model. Making the polygon model is done with triangulation.

In case classification of points is built on preliminary stage, the creation of polygonal model is possible only according to classes defined by operator. After polygonal model creation operator has a possibility to edit and correct the result.

Next step is generation of orthophoto map. All images are projected onto polygonal model of the location (geographic area). It is necessary to pay attention to editing of received orthophoto map. In mosaic mode it is seen that on joints of neighboring photos there might be discrepancies and one object will be reflected on several photos.

For correction of the situation, it is necessary to delete mistaken area and define a unique photo which is in the closest position to nadir position (fig. 5 and 6).

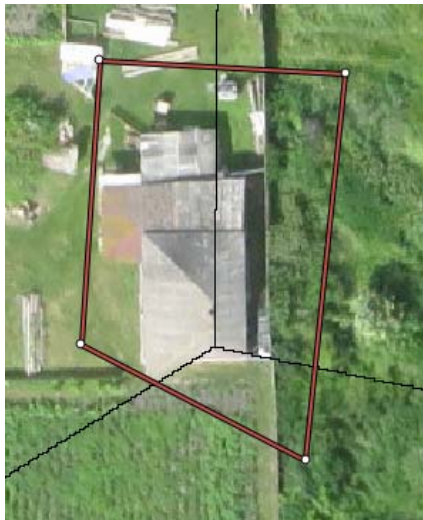


Fig. 5. Discrepancies in the result of joining different images



Fig. 6. Corrected situation

After gradual editing of the orthophoto map as indicated one should export it and start the work this orthophoto map was designed for.

After all stages of processing input data the orthophoto map is created. Observational error while conducting observation on land points of junctions indicates that it does not exceed 0,1 mm in the map scale, which means to fulfill projects in scale 1 : 2000. It is not more than 20 cm.

Orthophoto map created this way allows:

- executing exact measuring of the territory square footage;
- setting or actualizing borders of any residential area (village, city, region);
- executing ecological and agro-technical evaluation of the lands.

It is also possible to use orthophoto map for:

- constructing and projecting;
- renovation and specification of existing cadastral maps as well as creation of new maps;
- creation of 3-D models;
- creation of rainwater run-off map;
- development of advertising materials.

On the basis of received orthophoto maps one is able to conduct highly-precise topographic mapping and thus to create Master Plan and plan of territory development.

Described process of UAV (air drones) data processing targeted to get orthophoto plan is identical for the majority of software that is used for such purpose. The difference is only in specifics of work with each of it.

Conclusions. As human pressure on the natural surroundings is not possible to decrease or slow down it is crucial to look for innovative technologies for monitoring of natural surroundings and potentially insecure (unsafe) objects, for actualization of cartographic application. Such technologies may become use of UAV (air drones).

The advantages of UAV (air drones) for cartographic purposes are relatively low cost of work, urgency (it is always possible to get information on latest conditions of the matter), objectivity (orthophoto plan (plan developed with method of differential orthophoto-transformation) is developed without detachment, it is possible to check it any time again) and operational efficiency as for acceptable survey (photo) accuracy.

Digital orthophoto maps received in the result of aerial photography (scanning) from UAV (air drones) with full vector data and links with external data bases might be successfully used as finished product in GIS, as well as planimetric base for creation of digital and topographic maps.

The results of conducted experimental researches and practical works confirmed that aerial photography (scanning) from UAV (air drones) may successfully change traditional aerial photography and earth-based methods of special data collection aimed at creation and actualization of topographic and cadastral plans of large scales.

However, taking into account that small UAV (air drones) usually do not have hydro-stabilizing platforms, due to limitations of actual load the strict requirements appear regarding weather conditions for photographing, i.e. conditions under which it is possible to execute aerial photographing and acquiring of certain standard material.

Список використаних джерел:

1. Аэрофотосъемка с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://balt-agr.ru/services/aerofoto.htm> (дата звернення 20.08.2017). – Назва з екрану.
2. Беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sovzond.ru/products/technical/unmanned-aerial-vehicle> (дата звернення 16.10.2017). – Назва з екрану.
3. Библиотека численного анализа ВЦ МГУ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://num-anal.srcc.msu.ru/lib_na/libnal.htm (дата звернення 16.10.2017). – Назва з екрану.
4. Геодезия майбутнього. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://astrageo.com.ua/heodeziya-maybutnoho> (дата звернення 16.10.2017). – Назва з екрану.
5. Глотов В.М. Аналіз сучасних методів знімання під час опрацювання великомасштабних планів / В.М. Глотов // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2016. – № 83. – С. 53-63.
6. Зацерковний В.І. Аерокосмічні дослідження Землі: історія розвитку : монографія / В. І. Зацерковний, Н. П. Каревіна. – К. : ТОВ "Юстон ЛТД", 2014. – 302 с.
7. Зинченко О.Н. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. [Электронный ресурс] / О. Н. Зинченко. – Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=681> (дата звернення 16.10.2017). – Назва з екрану.
8. Иноземцев Д.П. Беспилотные летательные аппараты: теория и практика. / Д. П. Иноземцев // Технология. – 2013. – № 2(49). – С. 50–54.
9. Использование мультироторных БПЛА в целях картографического мониторинга. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.myshared.ru/slide/430644> (дата звернення 16.10.2017). – Назва з екрану.
10. Митин М.Д. Современные тенденции развития отрасли беспилотных летательных аппаратов / М. Д. Митин, Д. Б. Никольский // Геома-тика. – 2013. – № 4. – С. 27–31.
11. Оньков И.В. Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования космических снимков высокого разрешения / И. В. Оньков // Геома-тика. – 2011. – № 3. – С. 40–46.
12. Опыт применения технологии аэрофотосъёмочных работ с беспилотных летательных аппаратов в горном деле / В. А. Макаров, Д. А. Бондаренко, И. В. Макаров и др. // Золото и технологии. – 2012. – № 1. – С. 15.
13. Ортофотоплани і цифрові моделі рельєфу за допомогою дронів і квадрокоптерів. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geotop.com.ua/ortofotoplanu-i-cifrovyje-modeli-relefa-s-pomoshhu-dronov-i-kvadrokoptero-ua.php> (дата звернення 16.10.2017). – Назва з екрану.

14. Сечин А.Ю. Беспилотный летательный аппарат: применение в аэрофотосъемке для картографирования / А. Ю. Сечин, М. А. Дринкин, А. С. Киселева // АТИП. – 2013 – № 3(50). – С. 56–58.

15. Скубев С.И. Использование беспилотных летательных аппаратов для целей картографии / С.И. Скубев // Тезисы X юбилейной международной научно-технической конференции "От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии". Гаэта, Италия, 2010. – Режим доступа: <http://www.racurs.ru/Italy2010/ru/?page=82> (дата звернення 16.10.2017). – Назва з екрану.

References:

1. Aerofotosemka s primeneniem bespilotnykh letatelnykh apparatov (UAVs). URL: <http://balt-agr.ru/services/aerofoto.htm> [in Russian].
2. Bespilotnye letatelnye apparaty. URL: <http://sovzond.ru/products/technical/unmanned-aerial-vehicle> [in Russian].
3. Biblioteka chislenno analiza VTC MGU. URL: http://num-anal.srcc.msu.ru/lib_na/libnal.htm [in Russian].
4. Heodeziia maibutnoho. URL: <http://astrageo.com.ua/heodeziya-maibutnoho> [in Ukrainian].
5. Glotov, V.M. (2016). Analiz suchasnykh metodiv znimannia pid chas opratsiuвання velykomasshtabnykh planiv. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, 83, 53-63. [in Ukrainian].
6. Zatserkovnyi, V.I. & Karevina, N.P. (2014). *Aerokosmichni doslidzhennia Zemli: istoriia rozvytku: monohrafiia*. Kyiv: MA "Iuston LTD". [in Ukrainian].

7. Zinchenko, O.N. Bespilotnye letatelnye apparaty: primenenie v tseliakh aerofotosemki dlia kartografirovaniia. URL: <http://www.racurs.ru/?page=681> [in Russian].

8. Inozemtcev, D.P. (2013). Bespilotnye letatelnye apparaty: teoriia i praktika. *Technologies*, 2(49), 50-54. [in Russian].

9. Ispolzovanie multirotornykh BPLA v tseliakh kartograficheskogo monitoringa. URL: <http://www.myshared.ru/slide/430644> [in Russian].

10. Mitin, M.D., Nikolskii, D.B. (2013). Sovremennye tendentsii razvitiia otrasli bespilotnykh letatelnykh apparatov. *Geomatics*, 4, 27–31. [in Russian].

11. Onkov, I.V. (2011). Otsenka tochnosti vysot SRTM dlia tseli ortotransformirovaniia kosmicheskikh snimkov vysokogo razresheniia. *Geomatics*, 3, 40–46. [in Russian].

12. Makarov, V.A., Bondarenko, D.A., Makarov, I.V., Shrainer, K.A. (2012). Opyt primeneniia tekhnologii aerofotosemochnykh rabot s bespilotnykh letatelnykh apparatov v gornom dele. *Gold & Technology*, 1, 15. [in Russian].

13. Ortofotoplany i tsyfovi modeli rel'iefu za dopomohoiu droniv i kvadropteryv. URL: http://geotop.com.ua/ortofotoplany-i-tsifrovyi-modeli-rel'efa-s-pomoshchyu-dronov-i-kvadropteryv_ua.php [in Ukrainian].

14. Sechin, A.Iu., Drinkin, M.A. & Kiseleva A.S. (2013). Bespilotnyi letatelnyi aparat: primenenie v aerofotosemke dlia kartografirovaniia. *ATIP*, 3(50), 56–58. [in Russian].

15. Skubiev, S.I. (2010). Ispolzovanie bespilotnykh letatelnykh apparatov dlia tseli kartografii. *X conference proceedings "Ot snimka k karte: tsifrovyi fotoqrammetricheskie tekhnologii"*. Gaeta, Italy. (<http://www.racurs.ru/Italy2010/ru/?page=82>) [in Russian].

Надійшла до редколегії 17.08.17

В. Зацерковний, д-р техн. наук, доц., зав. кафедри геоінформатики

E-mail: vitalii.zatserkovnyi@gmail.com,

І. Тишаєв, канд. фіз.-мат. наук, доц.

E-mail: ivantishaev@gmail.com,

У. Комарова, студ.

E-mail: komarovaulya@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, Київ, 03022, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ СКЛАДАННЯ ОРТОФОТОПЛАНІВ

Протягом багатьох років традиційне аерофотознімання є ефективним інструментом для розв'язання геодезичних, геофізичних, геологічних, картографічних і контрольних задач. Проте собівартість використання авіаносіїв для локального крупномасштабного дослідження району є відносно значною і має ряд обмежень. Тому актуальним завданням є пошук способу зменшення собівартості фотографування. Одним із перспективних підходів до отримання геодезичної бази є метод дистанційного картографування з використанням беспілотних літальних апаратів (БПЛА). Сьогодні у світі швидкими темпами розвивається аерозйомка за допомогою БПЛА, які виявилися надзвичайно рентабельними і зручними в плані економії часу і трудовитрат на знімальні роботи. Аерофотозйомка місцевості, здійснювана за допомогою БПЛА, може використовуватись у багатьох галузях і сферах, зокрема в геодезії, топографії і картографії.

Управління БПЛА може здійснюватись за допомогою смартфона, планшета або програмного забезпечення супутникового зв'язку. БПЛА можуть запускатись за допомогою ракет, катапульт або вручну і переносити різні види матеріалів, відеоапаратуру або навіть добрива для сільськогосподарських потреб.

Розглянуто створення ортофотоплану, який дозволяє виконувати точний обмір площі територій, встановлювати або актуалізувати межі (кордони) будь-якого населеного пункту (села, міста, області), здійснювати екологічну і агротехнічну оцінку земель.

Ключові слова: беспілотні літальні апарати (БПЛА), аерознімання, ортофотоплан.

В. Зацерковний, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой геоинформатики

E-mail: vitalii.zatserkovnyi@gmail.com,

И. Тишаев, канд. физ.-мат. наук, доц.

E-mail: ivantishaev@gmail.com,

У. Комарова, студ.

E-mail: komarovaulya@gmail.com

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ОРТОФОТОПЛАНОВ

На протяжении многих лет традиционная аэрофотосъемка является эффективным инструментом для решения геодезических, геологических, геофизических, картографических и контрольных задач. Однако себестоимость использования авианосителей для локального крупномасштабного картографирования района является относительно высокой и имеет ряд ограничений. Потому актуален поиск способа уменьшения себестоимости фотографирования. Одним из перспективных подходов к получению геодезической базы является метод дистанционного картографирования с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Сегодня в мире быстрыми темпами развивается аэросъемка с помощью БПЛА, которые оказались чрезвычайно рентабельны и удобны относительно экономии время- и трудов затрат на съемочные работы.

Аэрофотосъемка местности, осуществляемая с помощью БПЛА, может использоваться во многих отраслях и сферах, в частности в геодезии, топографии и картографии.

Управление БПЛА может осуществляться с помощью смартфона, планшета или программного обеспечения спутниковой связи. БПЛА могут запускаться с помощью ракет, катапульт или вручную и переносить различные виды материалов, видеоаппаратуру или даже удобрения для сельскохозяйственных нужд.

Рассмотрен процесс создания ортофотоплана, позволяющий осуществлять точный обмер площади территории, устанавливать или актуализировать границы любого населенного пункта (села, города, области), осуществлять экологическую и агротехническую оценку земель.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты (БПЛА), аэросъемка, ортофотоплан.

ПОДІЇ

УДК 55.092

В. Павлишин, д-р геол.-мінералог. наук, проф.
E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
пр-т Акад. Палладіна, 34, м. Київ, 03680, Україна,
А. Виршило, інж.
E-mail: antvi@ukr.net
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, Київ, 03022, Україна

УКРАЇНСЬКИЙ ГЕОЛОГІЧНИЙ СЛУЖБИ – 100 РОКІВ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. В.А. Михайловим)

До створення Українського геологічного комітету геолого-мінералогічні дослідження на сучасній території України здійснювали здебільшого кафедри мінералогії (мінералогії й геогнозії) Харківського, Київського, Новоросійського, Львівського університетів, Катеринославського вищого гірничого училища, а також академічні установи, університети та природознавчі товариства Австро-Угорщини, Польщі та Росії.

Йшла Перша світова війна. На допомогу фронту в Україні прийшли геологи, об'єднавшись у гідрогеологічний організації "ГидроЮЗ" (гидрогеологическое отделение управления гидротехнических работ армий Юго-Западного фронта), а також у Відділі сировини Київського комітету військово-технічної допомоги, який став неофіційним філіалом Петроградської комісії сировини, очолюваної О.Є. Ферсманом.

З настанням миру на базі цих організацій було утворено Крайову геологічну раду, яку очолював В.І. Лучицький. Він вважав, що оскільки основним напрямом робіт Відділу сировини були геологічні дослідження, то логічно зберегти та розвинути саме цей напрям, надавши йому статус постійної геологічної установи – Українського геологічного комітету.

В.І. Лучицький підготував записку "До питання про створення Українського геологічного комітету", в якій обґрунтував наукову та практичну доцільність створення цієї установи, передусім для геологічного вивчення території України, навів проект статуту Комітету.

У статуті УГК було сформульовано архіважливе положення про те, що Комітет координуватиме та об'єднуватиме всі геологічні роботи, які будуть проводитися на території України. Далі пішли організаційні кроки – переговори з Міністерством торгів та промисловості, які завершилися затвердженням урядом статуту і статутів УГК 1 лютого 1918 р. Цією датою започатковано офіційну історію Геологічної служби України у формі УГК. Перший склад комітету був обраний на засіданні колишнього Відділу сировини, який фактично об'єднав всіх київських геологів.

Ключові слова: Український геологічний комітет, Геологічна служба України, В.І. Лучицький, Б.Л. Лічков, В.В. Різниченко, В.М. Чирвінський.

До створення Українського геологічного комітету (УГК) геолого-мінералогічні дослідження на сучасній території України здійснювали здебільшого кафедри мінералогії (мінералогії й геогнозії) Харківського, Київського, Новоросійського (нині Одеського), Львівського університету, Катеринославського вищого гірничого училища (нині Національний гірничий університет України, м. Дніпро), а також академічні установи, університети та природознавчі товариства Австро-Угорщини, Польщі та Росії [1, 2, 7, 9, 12, 13].

Наші великі попередники, засновники та майбутні активні працівники Українського геологічного комітету та Української Академії наук – В.І. Вернадський, В.І. Лучицький, В.В. Різниченко, В.М. Чирвінський, Б.Л. Лічков, М.І. Безбородько, П.А. Тутковський та ін. – прекрасно розуміли наукову та практичну доцільність всебічного вивчення перспективних, але слабо досліджених мінеральних комплексів України (наприклад, перелік праць, які тією чи іншою мірою стосувалися мінералогії України до 1917 р. [8], ледь перевищував 60 назв) і водночас усвідомлювали, що силами однієї університетської науки, скромно представленої в Україні на початку ХХ ст., неможливо вирішити цю складну проблему, особливо коли вона стосується Українського щита [17]. Вкрай необхідні були нові ефективні форми організації науково-виробничого процесу, який пришивидшили Перша світова війна та революційні події 1917 р.

Питання про територіальне розміщення наукових і виробничих геологічних установ і організацій у величезній Російській імперії виникло задовго до Жовтневого перевороту. Згодом приват-доцент Київського університету Б.Л. Лічков у друкованому органі УГК "Вісник Українського геологічного комітету" (1919, вип. 1) написав: "уряд старої Росії до смішного боявся усякого сепаратизму: не тільки політичного, але ж і культурного..."

Тим часом місцеві осередки наукової праці були необхідні, і наукові працівники на місцях знали це найкраще. Зокрема, численні наукові діячі в межах геологічного дослідження території Росії добре розуміли, що одного геологічного осередку для держави замало, що потрібне утворення нових автономних осередків при умовах координації їх праці з працями старого осередку" (цит. за: В.І. Онопрієнко "Володимир Іванович Лучицький", 1991).

Мова йде передусім про потужний, створений у Петербурзі 1882 р. Геологічний комітет, покликаний скласти загальногеологічну карту Росії й здійснювати детальні роботи в гірничо-промислових районах. Вважається, що ця структура Росії була зразковою науково-виробничою установою, яка зуміла за короткий термін організувати планомірні систематичні дослідження більшості її території. До цих робіт були залучені як позаштатні працівники (штатних працівників було дуже мало) фактично всі геологи Росії. У Києві за завданням Геологічного комітету працювали К.М. Феофілактів, В.Ю. Тарасенко, В.І. Лучицький та ін. Проте з часом стало зрозуміло, що впоратися з величезним обсягом завдань геологічного вивчення території Росії лише Геологічному комітету було не під силу. Яскравий приклад – Донецький кам'яновугільний басейн. Ні оптимальна організація робіт, ні залучення закордонних фахівців кардинально не вирішували складні проблеми вивчення й ефективного освоєння Донбасу [14]. Тому народилася ідея створення відділень Комітету в різних регіонах Росії, як у самому Комітеті, так і на місцях. Згодом ця ідея була втілена в життя 1 лютого 1918 р. у формі регіональної структури загальногеологічного Геологічного комітету – **Українського геологічного комітету (УГК)**, якому передували викладені нижче продуктивні організаційні заходи [3, 10, 11, 13, 15, 16].

Оскільки геологи були зосереджені в Київському університеті св. Володимира, то саме в його надрах народився,

оформився і професійно зміцнів УГК. Перші роки його діяльності пройшли у приміщеннях університету, комітет складався з його працівників і випускників, використовував університетську бібліотеку, матеріально-технічну та лабораторну базу. Ключову роль у первісних заходах на шляху створення УГК відіграли дві особи – яскравий представник другого покоління феофілактової школи – професор В.І. Лучицький й приват-доцент, майбутній професор Б.Л. Лічков (представник андрусівської школи).

Йшла Перша світова війна. На допомогу фронту в Україні прийшли геологи, об'єднавшись у гідрогеологічний організації "ГидроЮЗ" (гидрогеологическое отделение управления гидротехнических работ армий Юго-Западного фронта), а також у Відділі сировини Київського комітету військово-технічної допомоги, який став неофіційним філіалом Петроградської комісії сировини, очолюваної О.Є. Ферсманом.

Відділ сировини, за ініціативою В.І. Лучицького, було створено у березні 1917 р. Сприяв цьому процесу О.Є. Ферсман, який на початку 1917 р. прибув до Києва, щоби проконсультувати київських геологів щодо завдання і принципів діяльності керованої ним Комісії. За даними В.І. Онопрієнка [15], історичні дослідження якого широко використані в цій статті, на першому засіданні Відділу сировини Комітету військово-технічної допомоги, яке відбулося 29 березня 1917 р. в Києві, були присутні 19 геологів. В.І. Лучицький виступив з програмною доповіддю. Основними завданнями Відділу, на його думку, повинні бути такі: 1) вивчення гірничохімічних багатств на території Південно-Західного фронту та в прилеглий смузі; 2) створення бюро для збору і накопичення інформації про корисні копалини; 3) дослідження будівельних матеріалів; 4) складання картографічних матеріалів та підготовка брошур; 5) педагогічна діяльність в галузі військової геології.

На загал "ГидроЮЗ" і Відділ сировини виконали надзвичайно великий обсяг розмаїтій, здебільшого геологічної роботи, у т. ч. Відділ сировини за власною ініціативою приступив до складання двохсторонньої військово-геологічної карти прифронтової смуги Південно-Західного фронту.

З настанням миру ці організації було розформовано й на їхній базі утворено цивільного толку Крайову геологічну раду, яку очолив В.І. Лучицький. Він вважав: оскільки основним напрямом робіт Відділу сировини були геологічні дослідження, то логічно зберегти та розвинути саме цей напрям, надавши йому статус постійної геологічної установи – Українського геологічного комітету, який не конкуруватиме з Геологічним комітетом у Петрограді [15]. Київські геологи, всебічно проаналізувавши пропозицію В.І. Лучицького, вирішили просити його, а також В.М. Чирвінського і Б.Л. Лічкова підготувати проект нової науково-практичної організації (УГК) в Києві, у т. ч. скласти пояснювальну записку до нього, передбачити штатні одиниці та план роботи нової установи на найближчий час.

В.І. Лучицький підготував записку **"До питання про створення Українського геологічного комітету"**, в якій обґрунтував наукову та практичну доцільність створення цієї установи, передусім для геологічного вивчення території України, навів проект статуту Комітету. В його основу був покладений статут Геологічного комітету, але з однією принциповою новацією. На думку В.І. Лучицького, УГК, на відміну від Геологічного комітету в Петербурзі, повинен був стати міжвідомчою установою, оскільки геологічні знання необхідні не лише для розвитку промисловості, а й для будівництва, транспорту, військових потреб та навіть медицини. На жаль, ця принципова позиція статуту УГК не могла бути оформлена організаційно в ті роки, але залишилась в його статуті. І УГК практично керувався нею, обслуговуючи геологічні потреби різних державних органів та відомств.

Крім того, у статуті УГК було сформульовано архіважливе положення про те, що Комітет координуватиме та об'єднуватиме всі геологічні роботи, які будуть проводитися на території України. Далі пішли організаційні кроки – В.І. Лучицький вступив у переговори з Міністерством торгів та промисловості, які завершилися високою постановою: статут і штати УГК затверджені урядом 1 лютого 1918 р. Цією датою започатковано офіційну історію Геологічної служби України у формі УГК. Перший склад комітету був обраний на засіданні колишнього Відділу сировини, який фактично об'єднав усіх київських геологів. Міністерство затвердило з 1 лютого 1918 р. директором Комітету В.І. Лучицького, геологами – Г.С. Буреніна, Б.Л. Лічкова, В.В. Мокринського, В.В. Різниченка, кандидатом у геологи О.В. Красовського, притомно Г.С. Буренін і В.В. Різниченко були прикомандировані до гідрогеологічного відділу Міністерства земельних справ та визначалися позаштатними геологами Комітету.

Влітку цього ж року склад Комітету був розширений. До нього ввійшли І.І. Гінзбург, М.І. Безбородько, К.І. Тимофеев (вихованець Університету св. Володимира), В.М. Чирвінський, Ф.П. Швець і М.М. Архангельська (вихованка Вищих жіночих курсів). Восени, точніше 21 вересня 1918 р., запрацювала Вчена рада УГК (нині б ми сказали Колегія), до якої увійшли, окрім директора, штатних і позаштатних геологів, представники вишів України: професори П.Я. Армашевський, В.В. Дуб'янський (Університет св. Володимира), М.І. Лебедев і Л.Л. Іванов (Катеринославський гірничий інститут), В.Д. Ласкарьов (Новоросійський університет), Д.М. Соболев (Харківський університет), С.П. Попов (Новоолександрівський сільськогосподарський інститут). Згодом, після заснування УАН, до Ради УГК ввійшов В.І. Вернадський, який ще на стадії підготовчої роботи зі створення УАН стверджував, що з метою запобігання паралелізму в роботі та марної трати сил і грошей доцільно об'єднати всі геологічні дослідження в єдиному Українському геологічному комітеті, зробивши його міжвідомчим і зв'язавши його з Академією наук. Геологи УГК, зокрема В.І. Лучицький і Б.Л. Лічков, виступили з ініціативою встановлення тісних контактів між УГК і Академією наук. Була навіть висловлена ідея про УГК як один із підрозділів фізико-математичного відділу УАН. На жаль, через об'єктивні причини, цього не сталося. Тим не менше, засновані у 1918 р. дві доленосні установи – УГК і УАН – пройшли складний шлях взаємостосунків, які вельми позитивно позначилися на розвитку науки, культури та економіки України, ще й тому, що в обох структурах працювали одні й ті ж видатні вчені. Згадаємо, як це започатковувалося.

У буремні дні України в 1919 р. В.І. Вернадський засновує чергову Комісію з вивчення природних багатств України [6], в якій об'єднує вчених і практиків на штапт Петроградської комісії з вивчення природних багатств і продуктивних сил Росії, з академіком В.І. Вернадським на чолі. До її складу, зокрема, ввійшли представники УГК – І.І. Гінзбург, В.М. Чирвінський, Б.Л. Лічков, В.І. Лучицький, П.А. Тутковський, всього 30 осіб. З цієї Комісії була тісно пов'язана Секція підземних багатств України, яка очолювалася професором В.І. Лучицьким і входила до складу Українського наукового товариства. Членом цієї секції був також В.І. Вернадський. Комісія і Секція розгорнули роботу широким фронтом – під керівництвом В.І. Лучицького розпочалося вивчення корисних копалин України, у т. ч. донецького вугілля; запрацював відділ торфу, розпочала роботу гідротехнічна секція (В.І. Лучицький); засновано серію "Матеріали по геології України", у портфелі якої знаходилося 200 друкованих аркушів, готових до друку. Шляхетну мету названої вище Комісії –

вивчити природні багатства України та напрацювати методи найраціональнішого використання цих багатств – втілюють у життя донині.

Наприкінці 1919 р. Комісію з вивчення природних багатств України очолив П.А. Тутковський як голова, В.В. Різниченко – як секретар. Вона зробила ще чимало добрих справ, які стали спільним доробком УГК і УАН і врешті-решт була перетворена в Раду виробничих сил Української РСР (СОПС).

Не забував В.І. Вернадський про УАН і УГК, перебуваючи поза межами України. В.Л. Лічкову 10 грудня 1922 р. він писав: *"Я часто думаю о Вас и о всех в Киеве, об Академии, Геологическом комитете, Украине... Послал свои работы, еще начатые в Киеве, не знаю дошли ли"* (Переписка В.И. Вернадского с Б.Л. Лічковим, 1979, т. 1, с. 27).

Повертаємося до УГК. 1918 р. відбулося 25 засідань УГК, 5 засідань Комісії з корисних копалин і 3 засідання Комісії з будівельних матеріалів, на яких обговорювали широке коло питань: проект статуту Комітету, план його робіт, кошторис, обрання членів та співробітників Комітету, ставлення до УАН, координація діяльності УГК та Гідрогеологічного відділу Міністерства земельних справ, відповіді на запити Гірничого департаменту та інших відомств, план польових робіт на літо 1918 р., інструкції до складання геологічної карти корисних копалин, кошторис на 1919 р. та інші документи та матеріали. На жаль, у 1918 р. діяльність Комітету була здебільшого лабораторно-кабінетною: складні політичні та військові події в Україні не дали можливості розгорнути польові дослідження. Тому було вирішено зібрати докупи та систематизувати всі матеріали з геології, напрацьовані до того часу. Для цього була складена карта дослідженості території України, яка наочно показала, що 60-верстна геологічна карта Геологічного комітету вже не задовольняла потреб регіонального вивчення України.

Водночас геологи Комітету почали складати карту корисних копалин України в 10-верстному масштабі, яка за ступенем детальності повинна була істотно відрізнятись від аналогічної геологічної. Комітет приступив й до складання 10-верстної карти будівельних матеріалів України. Ідея В.І. Лучицького полягала в тому, щоб ці три карти доповнювали одна одну та разом створили цілісний образ стану геологічної дослідженості території України. Складання карт вимагало копії роботи з літературними джерелами як друкованими, так і рукописними, перевірки та коригування літературних даних на місцях. Ця найнеобхідніша праця мала стати фундаментом для складання покажчика літератури з корисних копалин та відповідних довідників як необхідних додатків до карт. Для розширення бази своїх даних УГК зібрав відомості про адреси рудників, кар'єрів, заводів, фабрик, що оброблювали мінеральну сировину, і надіслав їм спеціальні анкети. Було одержано 60 відповідей від 38 установ, фабрик та осіб стосовно 116 кар'єрів корисних копалин та будматеріалів, про 60 родовищ цілющих джерел, озер та грязей, а також геологічних розрізів багатьох свердловин уздовж ліній залізниць. Для довідників з корисних копалин та будматеріалів, а також для загального уявлення про геохімію надр України Комітет зібрав тисячу розмаїтих результатів аналізів корисних копалин, гірських порід, мінералів, ґрунтів тощо.

Для проведення лабораторних досліджень будматеріалів України була організована спеціальна комісія, до складу якої ввійшли В.І. Лучицький, В.М. Чирвінський, М.І. Безбородько, К.І. Тимофеев, М.М. Архангельська (остання зайнялася обробкою зразків будматеріалів з колекцій Київського університету та Політехнічного ін-

ституту). Вже у 1918 р. УГК дав багато відповідей на запити різних відомств щодо місцезнаходжень кам'яного та бурого вугілля, кременів, глин, графіту.

1919 р. був надзвичайно тяжким для УГК, як і для УАН та університету, у зв'язку з подіями громадянської війни. Неможливими стали не тільки польові дослідження, а й усілякі роботи взагалі, оскільки Комітет не одержував фактично жодних коштів для своєї діяльності. Лише наприкінці 1920 р. стан Комітету став поліпшуватися. У 1921 р. був затверджений кошторис УГК – вперше у такому обсязі, що з'явилася можливість провести літні польові роботи.

Але цих асигнувань все-таки було недостатньо для розгортання повнокровних польових робіт, і тому УГК уклав договір з Управлінням гірничопромислових розвідок Південно-Західного району ("Югзаппромразведка") і на його кошти відправив у поле 10 партій. Зокрема, В.М. Чирвінський досліджував буровугільні родовища Херсонщини, М.І. Безбородько – геологію родовищ будматеріалів на Поділлі, Р.Р. Виржиківський – Подільський фосфоритовий район (розробив план відродження фосфоритової промисловості), В.В. Різниченко – жорнові пісковики; В.І. Лучицький, Р.М. Палій, О.В. Красовський вели геологічну зйомку тощо. Підсумки робіт партій у 1921 р. були опубліковані в перших виданнях "Праць" Комітету. У цьому ж році організовано Катеринославський філіал УГК, який, на жаль, функціонував недовго.

Геологічну службу в Україні було кардинально реорганізовано 1922 р. У зв'язку із затвердженням нового положення про Геологічний комітет у Петрограді 1 жовтня 1922 р. УГК був перетворений на автономну філію останнього, якій доручалося продовжувати дослідження на території республіки. Водночас було винесено рішення про приєднання до Українського відділення Геологічного комітету (УВГК) "Югзаппромразведки", або Української філії Центрального управління промислових розвідок. З приєднанням УГК до Геологічного комітету вперше визначився постійний штат УВГК – 14 штатних одиниць, а з приєднанням "Югзаппромразведки" – 23 одиниці. До складу Відділення в 1923 р. ввійшли В.І. Лучицький (голова та завідувач Бюро обліку), О.В. Красовський, В.М. Чирвінський та О.Є. Зеленко, геологи-розвідники В.В. Мокринський та С.Г. Коклик, позаштатні геологи-співробітники В.С. Левитський, М.В. Фремд, Р.М. Палій. До Наукової ради відділення ввійшли акад. АН УРСР П.А. Тутковський і проф. В.В. Дуб'янський. Павло Аполлонович, переобтяжений академічною роботою, поступово відходить від УГК і в 1926 р. створює Інститут геологічних наук НАН України (сучасна назва) [11].

1923 р. Відділ регіональної геології проводив польові роботи, в яких брали участь й університетські геологи. Так, Б.Л. Лічков проводив дослідження в північно-східній частині 32-го аркуша 10-верстної геологічної карти і займався картуванням у Звенигородському повіті; Р.Р. Виржиківський продовжував вивчати фосфоритовий район у Могильовському повіті, Р.М. Палій – в Ізюмському. Під час камерального періоду В.І. Лучицький обробив матеріали з гідрогеології України та петрографії Українського щита, Б.Л. Лічков – з тектоніки України та стратиграфії Мангیشлака, а В.В. Дуб'янський – з петрографії та мінералогії пегматитів Волині тощо.

У 1923 р. при УВГК були створені комісії: каолінова (В.І. Лучицький, С.Г. Коклик, Б.Л. Лічков, Б.С. Лисін, Ю.І. Фрейвальд, М.В. Фремд, В.М. Чирвінський), з вивчення кір вивітрювання (Б.Л. Лічков, М.І. Ожегова, В.М. Чирвінський), буро-вугільна (В.І. Лучицький, П.І. Ва-

силенко, С.Г. Коклик, Б.Л. Лічков, В.М. Чирвінський), гідрогеологічна (В.І. Лучицький, Г.С. Буренін, Є.Л. Лічкова, Б.Л. Лічков, В.В. Різниченко).

УВГК стало однією з перших установ в Україні, яка напружувала п'ятирічний план розвитку регіонально-геологічних досліджень у 1924–1929 рр. У ньому ключовою була ідея про перехід в Україні до зйомок детальніших ніж 10-верстного масштабу. Неможливо не визнати стратегічне значення першого п'ятирічного плану, розробленого УВГК та прийнятого на засіданні Наукової ради 12 травня 1923 р. Найближчими завданнями геологи України вважали вивчення родовищ фосфоритів та каолінів, які мали виняткове значення для відродження в Україні фосфоритової, фарфорової та паперової промисловості. Саме тому під керівництвом В.І. Лучицького здійснювалося детальне дослідження Подільського фосфоритового району і каолінових родовищ (В.В. Мокринський, О.Є. Зеленко, С.І. Баженов та ін.). Без будь-якої допомоги з боку інших установ УВГК відновило роботу двох зруйнованих каолінових заводів – Лозовиковського та Райковського і розвідало кілька родовищ каоліну: В.В. Мокринський – Лозовиковське, О.Є. Зеленко – Новоселицьке, Паланкінське та Курделевське, В.С. Левитський – родовище Вертисева Балка, М.В. Фрейд – Райновське, С.І. Баженов – Турбівське, Ю.В. Фрейвальд – родовища Катеринославського району.

Новим у діяльності УВГК у 1923–1924 рр. стало складання карт різних геологічних систем, систематизація бібліографії геологічної літератури 1918–1923 рр., складання оглядів гірничої промисловості України. Трьохверстна зйомка проводилась: В.М. Чирвінським – у Звенигородському районі, Р.Р. Виржиківським – у Придністерському, Р.М. Палієм – в Північно-Ушицькому. У зв'язку з великими зсувами у Києві була здійснена детальна геологічна зйомка міста, підсумком якої стала геологічна карта Києва з докладним описом та інженерно-геологічною характеристикою. Ця робота поклала початок планомірній боротьбі з київськими зсувами. Видано збірник з корисних копалин України, в якому були статті: "Уголь Украины" (Б.Л. Лічков), "Графиты Украины" (В.М. Чирвінський), "Каолиновые месторождения Подолья" (О.Є. Зеленко), "Железная руда Волыни" (С.Г. Коклик), "Никопольское марганцевое месторождение" (М.В. Черногорова), "Ртуть Украины" (М.І. Ожегова).

У 1924 р. Держплан виділив кошти на пошукові роботи з метою покращення водопостачання Юзівки. Проведення робіт було доручено Донецькому меліоративному бюро, а організація гідрогеологічної розвідки – В.І. Лучицькому. Восени 1924 р. він сформував гідрогеологічну партію, завданням якої було визначення ресурсів водопостачання питною водою Юзівки та інших населених пунктів Донбасу. Роботи охопили верхню течію річок Кривий Торець, Кальміус, лівобережжя Вовчої загальною площею розвідки 1359 кв. верст. Проведено гідрогеологічне районування, складені 3-верстна геологічна та гідрогеологічна карти, а також зібрані відомості з петрографії, палеонтології, хімічного складу вод району, що дало змогу скласти повний гідрогеологічний опис і гідрогеологічні карти 1-верстного масштабу та розробити практичні рекомендації. Під керівництвом В.І. Лучицького та Р.М. Палія велись також роботи, скеровані на поліпшення водопостачання Артемівська.

На межі 1924–1925 рр. союзні відомства різко зменшили асигнування УВГК, що спричинило скорочення штатів Відділення – до чотирьох штатних одиниць. Тим самим під загрозу було поставлено здійснення п'ятирічного плану. Але завдяки підтримці українського уряду та ВРНГ УРСР у Києві, було розроблено та затверджено ВРНГ УРСР "Положення про Український Геологічний

комітет" як самостійну організацію з постійним штатом у 20 співробітників. У квітні 1925 р. Раднаком УРСР виділив з резервного фонду на утримання персоналу та літні польові роботи 25 тис. крб. Така підтримка відновила нормальну діяльність геологічної установи.

У 1925 р. на польові роботи виїхало 20 партій: сім із них фінансувалися з бюджету СРСР, сім – з бюджету УРСР, шість – зі спецкоштів. Для з'ясування питань регіональної геології здійснювалася 3-верстна зйомка (партії Р.Р. Виржиківського, В.М. Чирвінського, Г.С. Буреніна). Крім того, партії В.І. Лучицького та Б.Л. Лічкова займалися 10-верстною зйомкою 31-го та 32-го аркушів, велася детальна зйомка Канівських дислокацій. Завдяки допомозі республіканських органів було намічено нові райони для 3-верстної зйомки – Ушомир-Овруцький (Л.А. Крижановський та М.І. Ожегова) та Маріуполь-Волновахський (В.І. Лучицький та А.А. Цитович). На союзні кошти працювала Побузька партія В.В. Мокринського з пошуків каолінів, графітів та залізних руд; на республіканські кошти – чотири партії: дві (Р.М. Палія та Р.Р. Виржиківського) – на фосфорити Поділля, партія О.Є. Зелена – на ізюмські фосфорити та партія Й.І. Танатара – з вивчення газоносності Приазов'я.

У 1926–1927 рр. становище Укргеолкому зміцнилося, розширилась наукова тематика. Завдяки розвитку зв'язків з урядом УРСР та центральним Геологічним комітетом значно зросли його штати та фінансові можливості. У 1926 р. Комітету пощастило взяти в оренду будинок по вул. К. Лібкнехта, 34 і нарешті переїхати з приміщень університету. Велике значення для зміцнення авторитету Комітету мали організація та проведення у 1926–1927 рр. у Києві Другого Всесоюзного геологічного з'їзду, який став важливим етапом у розвитку геологічної науки в Україні. Головою з'їзду був обраний В.І. Вернадський. Активну участь у його роботі брали В.І. Лучицький, Б.Л. Лічков, М.І. Безбородько, В.М. Чирвінський, П.А. Тутковський.

Геологи Комітету влітку 1926 р., відповідно до п'ятирічного плану, провели потужні польові роботи. Бюро розвідок за дорученням різних установ та за їхні кошти здійснювало розвідувальне буріння фосфоритів Поділля для суперфосфатного комбінату, каолінів біля станції Долинської – для Центропапітресту, буріння для одержання артезіанських вод для будинку відпочинку ВУЦВК. Були розгорнуті роботи з гірничо-економічної зйомки Поділля та Донбасу.

У 1926–1927 рр. відбулися також серйозні зміни в політиці Геологічного комітету в Ленінграді щодо своїх відділень, розширена організаційна, наукова та частково фінансова допомога їм. Були створені секції: геологічної зйомки, гідрогеологічна, петрографічна, палеонтологічна; комісія з вивчення четвертинних відкладів, засновані шліфувальна майстерня, хімічна лабораторія. Зміцнилися зв'язки з гірничим відділом ВРНГ УРСР, трестами, господарськими органами республіки, Всеукраїнською Академією наук тощо.

Таким чином, можна вважати 1927 – роком остаточного становлення центрального органу і системи Геологічної служби України. Крім вирішення власне виробничих завдань, вони досягли і значних наукових результатів, які 12 березня 1928 р. у день святкування десятиріччя Укргеолкому відзначив В.М. Чирвінський у доповіді "Про наукові досягнення Українського відділення Геологічного комітету в галузі регіональної геології за 10 років його існування", а також М.І. Безбородько в доповіді "Українська кристалічна смуга і корисні копалини України". Серед найважливіших наукових досягнень, зокрема, називалось відкриття Р.Р. Виржиківським і Р.М. Палієм дислокованих товщ силурійських відкладів (до цього вважалося, що силур залягає тут неперушено), відкриття

на Поділлі Р.Р. Виржиковським палеогенових осадових порід (район с. Хощеватої), проведення В.І. Лучицьким та Д.М. Соболевим стратиграфічного розчленування докембрію Українського щита, петрографічний опис кристалічних порід Приазов'я.

Виятково актуальними виявилися гідрогеологічні дослідження Поділля, Київщини, Чернігівщини, Полтавщини та Донбасу, які проводились під керівництвом В.І. Лучицького та закінчилися підготовкою якісних гідрогеологічних карт із зображенням найголовніших водоносних горизонтів.

Отже, протягом діяльності УГК в 1918–1928 рр. закладено основи систематичного вивчення найголовніших корисних копалин, складено геологічну, гідрогеологічну карту й карти корисних копалин України, отримано нові дані зі стратиграфії докембрію УЩ, палеозою Поділля, мезо-кайнозою ДДЗ, виявлено новітні дислокації в околицях Канева та Придністер'я, розширена мінерально-сировинна база буровугільних родовищ, каолінів, фосфоритів, марганцевих і залізних руд, графіту, будівельних матеріалів. Певну роль у діяльності УГК відіграла його вчена рада і друкований орган – Вісник Українського відділення Геологічного комітету, інша друкована продукція, у т. ч. путівники геологічних екскурсій тощо.

Укргеолком очолювали впродовж його десятилітньої діяльності видатні вчені: В.І. Лучицький (1918–1924), Б.Л. Лічков (1924–1926), В.В. Різниченко (1927–1928).

Нині можемо інституційно диференціювати столітню історію геологічної служби України, яка сьогодні називається Державною і складається з більше ніж 20 послідовних етапів розвитку [5], серед яких відзначимо такі:

1. Український геологічний комітет (1918–1922).
2. Українське відділення Геологічного комітету (1922–1929).
3. Українське районне геологорозвідувальне управління (1929–1931).
4. Український геологорозвідувальний трест (1931).
5. Українське геологічне управління (1941).
6. Головне управління геології та охорони надр (Головгеологія УРСР, 1957).
7. Міністерство геології УРСР (1965).
8. Геологічне виробниче об'єднання (Укргеологія, 1988).
9. Державний комітет України з геології та використання надр (Держкомгеології, 1991).
10. Комітет України з питань геології та використання надр (1999).
11. Департамент геології та використання надр Міністерства екології та природних ресурсів України (2000).
12. Державна геологічна служба – урядовий орган державного управління у складі Мінекоресурсів України (2001).
13. Державна геологічна служба (зараз – Державний геологічний та надр України) як урядовий орган державного управління у складі Міністерства екології та природних ресурсів України (2005 – донині).

Геологічна служба України, незалежно від назви, організовує і втілює в життя певну програму, зазвичай планомірного геологічного вивчення надр України з метою забезпечення потреб народного господарства мінерально-сировинними ресурсами.

За даними сучасної Геологічної служби [4], Україна має потужну та розвинену мінерально-сировинну базу, чи не найкращу в Європі. Досить сказати, що, наприклад, у 1991 р. Україна забезпечувала 5 % світового видобутку мінеральної сировини. Країна за рахунок експорту гірничорудної сировини і виробів з неї отримувала понад 60 % валютних надходжень. Так було, коли більш-менш гармонізовано взаємодіяв трикутник: геологічна освіта – геологічна наука – геологічна галузь.

Список використаних джерел:

1. Геологічний факультет Львівського національного університету імені Івана Франка / П. Білоніжка, О. Матковський, М. Павлунь, Є. Слишко. – Львів: ВЦ Львів. нац. ун-ту, 2010. – 520 с.
2. Геологія в Київському університеті / за ред. В. І. Павлишина. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2011. – 479 с.
3. Гошовський С.В. Державній геологічній службі України 80 років / С. В. Гошовський, Д. С. Гурський // Мінеральні ресурси України. – 1998. – № 1. – С. 3–5.
4. Гурський Д.С. Концептуальні засади державної мінерально-сировинної політики щодо використання стратегічно важливих для економіки країни корисних копалин: монографія / Д. С. Гурський. – Львів: ЗУКЦ, 2008. – 192 с.
5. Державна геологічна служба. – К.: ДГСУ, 2006. – 19 с.
6. Історія Академії України. 1918–1923. Документи і матеріали. – К.: Наук. думка, 1993. – 563 с.
7. История минералогических исследований на Украине: сб. науч. тр. / отв. ред. Ю. П. Мельник. – К.: Наук. думка, 1991. – 160 с.
8. Лазаренко Е.К. Развитие минералогии в Украинской ССР за 30 лет советской власти / Е.К. Лазаренко // Минерал. сборник. – 1948. – № 2. – С. 5–24.
9. Ларченков Е.П. Геология в Одесском университете / Е. П. Ларченков, О. П. Кравчук, А. О. Кравчук. – Одесса: Фенікс, 2009. – 532 с.
10. Макаренко Д.Є. Геологічній службі України – 80 / Д. Є. Макаренко // Минералог. журнал. – 1998. – № 1. – С. 3–7.
11. Макаренко Д.Є. Керманичі Інституту геологічних наук / Д. Є. Макаренко // 36.: Геологія в ХХІ столітті. – К.: Товариство "Знання" України, 2001. – С. 16–26.
12. Молявко Г.І. Геологи, географы: биографический справочник / Г. И. Молявко, В. П. Франчук. – К.: Наук. думка, 1985. – 351 с.
13. Нариси з історії геологічних досліджень у Київському університеті / за ред. В. Г. Молявка і О. В. Зінченка. – К.: Рада, 1999. – 327 с.
14. Новик Е.О. История геологических исследований Донецкого каменноугольного бассейна (1700–1917) / Е. О. Новик, В. В. Пермяков, Е. Е. Коваленко. – К.: Изд-во АН УССР, 1960. – 531 с.
15. Оноприенко В.І. Володимир Іванович Лучицький / В. І. Оноприенко. – К.: Наук. думка, 1991. – 191 с.
16. Оноприенко В.І. Чирвинские / В.І. Оноприенко, М.В. Оноприенко. – М.: Наука, 2008. – 303 с.
17. Павлишин В.І. Основные закономерности минералообразования на ранних этапах развития земной коры / В. И. Павлишин, А. Н. Платонов, А. Н. Таращан // Минералог. журнал. – 1998. – С. 72–83.

References:

1. Bilonizhka, P., Matkovskiy, O., Pavlun, M., Slyvko, Ie. (2010). Heolohichnyi fakultet Lvivskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Franka. Vydannia druhe. Lviv: VTS Lviv. nats. un-tu, 520 p. [in Ukrainian].
2. Pavlyshyn, V.I. (Ed.) (2011). Heolohiia v Kyivskomu universyteti. Kiev: VPC Kyivskiy universitet, 479 p. [in Ukrainian].
3. Hoshovskiy, S.V., Hurskiy, D.S. (1998). Derzhavniy heolohichnyi sluzhbi Ukrainy 80 rokov. *Mineral Resources of Ukraine*, 1, 3-5. [in Ukrainian].
4. Hurskiy, D.S. (2008). Kontseptualni zasady derzhavnoi mineralno-sirovynnoi polityky shchodo vykorystannia strateichno vazhlyvykh dlia ekonomiky krainy korysnykh kopalyn. Monohrafiia. Lviv: ZUKTs, 192 p. [in Ukrainian].
5. Derzhavna heolohichna sluzhba. (2006). Kiev: DHSU, 19 p. [in Ukrainian].
6. Istorii Akademii Ukrainy. 1918–1923. Dokumenty i materialy. (1993). Kiev: Nauk. dumka, 563 p. [in Ukrainian].
7. Melnik, Iu.P. (Ed.) (1991). Istorii mineralogicheskikh issledovaniy na Ukraine. Sbornik nauchnykh trudov. Kiev: Nauk. dumka, 160 p. [in Russian].
8. Lazarenko, E.K. (1948). Razvitiye mineralogii v Ukrainsoi SSR za 30 let sovetsoi vlasti. *Mineral. sbornik*, 2, 5-24. [in Russian].
9. Larchenkov, E.P., Kravchuk, O.P., Kravchuk, A.O. (2009). Geolohiia v Odesskom universitete. Odessa: Feniks, 532 p. [in Russian].
10. Makarenko, D.Ie. (1998). Heolohichnyi sluzhbi Ukrainy – 80. *Myneralohycheskyi zhurnal*, 1, 3-7. [in Ukrainian].
11. Makarenko, D.Ie. (2001). Kermanychi Instytutu heolohichnykh nauk. U zb.: Heolohiia v XXI stolitti. Kiev: Tovarystvo "Znannia" Ukrainy, 16-26. [in Ukrainian].
12. Moliavko, G.I., Franchuk, V.P. (1985). Geologi, geografy. Biograficheskii spravochnik Kiev: Nauk. dumka, 351 p. [in Russian].
13. Moliavko, V.H., Zinchenko, O.V. (Ed.) (1999). Narysy z istorii heolohichnykh doslidzhen u Kyivskomu universyteti. Kiev: Rada, 327 p. [in Ukrainian].
14. Novik, E.O., Permiakov, V.V., Kovalenko, E.E. (1960). Istorii geologicheskikh issledovaniy Donetskogo kamennougolnogo basseina (1700–1917). Kiev: Izd-vo AN USSR, 531 p. [in Russian].
15. Onoprienko, V.I. (1991). Volodymyr Ivanovych Luchytskyi. Kiev: Nauk. dumka, 191 p. [in Ukrainian].
16. Onoprienko, V.I., Onoprienko, M.V. (2008). Chirvinskie. Moskva: Nauka, 303 p. [in Russian].
17. Pavlishin, V.I., Platonov, A.N., Tarashchan, A.N. (1998). Osnovnye zakonomernosti mineraloobrazovaniia na rannikh etapakh razvitiia zemnoi kory. *Myneralohycheskyi zhurnal*, 72-83. [in Russian].

Надійшла до редколегії 10.11.17

V. Pavlyshyn, Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof.

E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

34, Acad. Palladina Ave., Kyiv, 03680, Ukraine,

A. Vyrshylo, Engineer

E-mail: antvi@ukr.net

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology

90 Vasylkivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

THE 100TH ANNIVERSARY OF GEOLOGICAL SERVICE OF UKRAINE

Geological and mineralogical investigations on the modern territory of Ukraine, prior to the establishment of the Ukrainian Geological Committee, were carried out mainly by the Department of Mineralogy (Mineralogy and Geognosy) of Kharkiv, Kiev, Novorossiysk, Lviv University, Yekaterinoslav Higher Mining School, as well as academic institutions, universities and natural communities of Austria-Hungary, Poland and Russia.

During World War I geologists began helping the front in Ukraine. They united in the hydro-geological organization "HydroSW" (Hydro-geological Department of the Hydrotechnical Works of the Southwestern Front), as well as in the Division of Raw Materials of the Kiev Military-technical Aid Committee, which became an informal branch of the Petrograd Commission of Raw Materials headed by A.Ye. Fersman.

The Regional Geological Council was created on the basis of these organizations after the war. It was headed by V.I. Luchitsky. He considered that since the main direction of the work of the Division of raw materials was geological research, it was logical to preserve and develop this particular direction, giving it the status of a permanent geological institution – the Ukrainian Geological Committee.

V.I. Luchitsky prepared a memorandum "On the Establishment of Ukrainian Geological Committee", in which he substantiated the scientific and practical practicability of establishing this institution, primarily for the geological study of the territory of Ukraine, and Committee draft statute.

The UGC statute postulates a very important thesis that the Committee will coordinate and consolidate all geological works that will be conducted on the territory of Ukraine. There was the following organizational step: negotiations with the Ministry of Trade and Industry, culminating with the approval UGC statute and staff on February 1, 1918 by the Government. This date marked the beginning of the official history of the Geological Survey of the Ukraine in the form of UGC. The first committee was elected at the meeting of the former Department of Raw Materials, which virtually united all the Kiev geologists.

Keywords: Ukrainian Geological Committee, Geological Service of Ukraine, V.I. Luchitsky, B.L. Lychkov, V.V. Reznichenko, V.M. Chyrvynsky.

В. Павлишин, д-р геол.-минералог. наук, проф.

E-mail: V.I.Pavlyshyn@gmail.com

Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины

пр-т Акад. Палладина, 34, г. Киев, 03680, Украина,

А. Виршило, инж.

E-mail: antvi@ukr.net

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,

УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

УКРАИНСКОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЕ – 100 ЛЕТ

До создания Украинского геологического комитета геолого-минералогические исследования на современной территории Украины осуществляли в основном кафедры минералогии (минералогии и геогнозии) Харьковского, Киевского, Новороссийского, Львовского университетов, Екатеринославского высшего горного училища, а также академические учреждения, университеты и общества естествоиспытателей Австро-Венгрии, Польши и России.

Шла Первая мировая война. На помощь фронту в Украине пришли геологи, объединившись в гидрогеологической организации "ГидроЮЗ" (гидрогеологическое отделение управления гидротехнических работ армий Юго-Западного фронта), а также в Отделе сырья Киевского комитета военно-технической помощи, который стал неофициальным филиалом Петроградской комиссии сырья, возглавляемой А.Е. Ферсманом.

С наступлением мира на базе этих организаций был создан Краевой геологический совет, который возглавил В.И. Лучицкий. Он считал, что поскольку основным направлением работ Отдела сырья были геологические исследования, то логично сохранить и развить именно это направление, придав ему статус постоянного геологического учреждения – Украинского геологического комитета.

В.И. Лучицкий подготовил записку "К вопросу о создании Украинского геологического комитета", в которой обосновал научную и практическую целесообразность создания этого учреждения, прежде всего для геологического изучения территории Украины, привел проект устава Комитета.

В уставе УГК было сформулировано архиважное положение о том, что Комитет будет координировать и объединять все геологические работы, которые будут проводиться на территории Украины. Далее пошли организационные шаги – переговоры с Министерством торговли и промышленности, которые завершились утверждением правительством устава и штатов Украинского геологического комитета 1 февраля 1918 г. Этой датой положено начало официальной истории Геологической службы Украины в форме УГК. Первый состав комитета был избран на заседании бывшего Отдела сырья, который фактически объединил всех киевских геологов.

Ключевые слова: Украинский геологический комитет, Геологическая служба Украины, В.И. Лучицкий, Б.Л. Личков, В.В. Ризниченко, В.Н. Чирвинский.

Наукове видання



ВІСНИК
КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ГЕОЛОГІЯ

Випуск 1(80)

Комп'ютерна обробка статей – О. О. Козіонова

Оригінал-макет виготовлено Видавничо-поліграфічним центром "Київський університет"

Responsibility for the opinions given, statements made, accuracy of the quotations, economical and statistical data, terminology, proper names and other information rests with the authors. The Editorial Board reserves the right to shorten and edit the submitted materials.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, власних імен та інших відомостей. Редколегія залишає за собою право скорочувати та редагувати подані матеріали.



Формат 60x84^{1/8}. Ум. друк. арк. 11,5. Наклад 300. Зам. № 218-8670.
Гарнітура Arial. Папір офсетний. Друк офсетний. Вид. № Гл1.
Підписано до друку 28.02.18

Видавець і виготовлювач
Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет"
01601, Київ, б-р Т. Шевченка, 14, кімн. 43
☎ (38044) 239 32 22; (38044) 239 31 72; тел./факс (38044) 239 31 28
e-mail: vpc_div.chief@univ.net.ua; redaktor@univ.net.ua
http: vpc.univ.kiev.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1103 від 31.10.02