

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.

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.

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.

Відповідальний за випуск О.І. Меньшов

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР**РЕДАКЦІЙНА
КОЛЕГІЯ**

В.А. Михайлов, д-р геол. наук, проф.

І.М. Безродна, канд. геол. наук, ст. наук. співроб. (заст. голов. ред.); О.І. Меньшов, д-р геол. наук (відп. секр.); В.Г. Бахмутов, 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, проф.; 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.Г. Лозицький, д-р фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб.; Б.П. Маслов, д-р фіз.-мат. 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, проф.; О.Л. Шевченко, д-р геол. наук, ст. наук. співроб.; 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:

А. Веснавер, Італійський національний інститут океанографії та прикладної геофізики, Італія; Т. Діндароглу, Університет Кахраманмарас Сутцу Імам, Туреччина; А. Ель Албані, Університет Пуатьє, Франція; К. Зенг, Китайський геологічний університет; Китай, О. Івахненко, Казахстансько-Британський технічний університет, Казахстан; А. Коронеос, Університет Арістотеля в Салоніках, Греція; Г. Кулієв, Інститут геології та геофізики НАН Азербайджану; К. Лі, Китайський геологічний університет, Китай; М. Олівія, Лісабонський університет, Португалія; П. Перейра, Університет Миколаса Ромеріса, Литва; В. Портнов, Карагандинський державний технічний університет, Казахстан; С. Спассов, Геофізичний центр Доурбес, Бельгія; В. Шмідт, Університет Мюнстера, Німеччина

Адреса редколлегии

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

Затверджено

Вченою радою ННІ "Інститут геології"
24 грудня 2019 року (протокол № 6)

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 № 23534-13374 від 08.08.18

**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

кімн. 43, 6-р Тараса Шевченка, 14, Київ, 01030,
☎ (38044) 239 31 72, 239 32 22; факс 239 31 28

UDC 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.

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.

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

EDITOR-IN-CHIEF

EDITORIAL BOARD

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

Ukrainian Members:

I. Bezrodna, Cand. Sci. (Geol.), Senior Researcher (Deputy Editor-in-Chief); 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.), 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.; Prof.; V. Lozitsky, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Senior Researcher; B. Maslov, Dr. Sci. (Phys.-Math.), 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.), Prof.; O. Shevchenko, Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher; 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:

T. Dindaroğlu, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Turkey; H. Guliyev, Institute of Geology and Geophysics of ANAS, Azerbaijan; A. El Albani, Université de Poitiers, France; O. Ivakhnenko, Kazakh British Technical University, Kazakhstan; A. Koroneos, Aristotle University of Thessaloniki, Greece; 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; V. Schmidt, Münster University, Germany; S. Spassov, Geophysical Center of Dourbes, Belgium; A. Vesnaver, Italian National Institute of Oceanography and Applied Geophysics, Italy; Q. Zeng, China University of Geosciences, China

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
December 24, 2019 (Minutes #6)

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 # 23534-13374 issued on 08.08.18

Founded and published by

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

Address:

14, Taras Shevchenko blv., Kiev, 01030, Ukraine
☎ (38044) 239 31 72, 239 32 22; Fax 239 31 28

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНА ТА ІСТОРИЧНА ГЕОЛОГІЯ

Гнилко О., Шевчук В., Божук Т., Богданова М., Гнилко С. Геологічні/геотуристичні об'єкти Закарпатської області як відображення геологічної історії Карпат	6
---	---

МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ПЕТРОГРАФІЯ

Хомин В., Манюк М., Манюк О., Поплюйко А., Хованець Н. Вплив седиментаційних і постседиментаційних перетворень на колекторські властивості гірських порід	14
---	----

ГЕОФІЗИКА

Бондаренко М., Кулик В., Євстахевич З., Данилів С., Зіненко В., Лось М. Апаратурно-методичний комплекс для визначення параметрів нафтогазових колекторів у процесі буріння горизонтальних свердловин	20
Федоришин Д., Багрій І., Трубенко О., Федоришин С., Хованець Н. Виділення продуктивних товщ у межах Тинівсько-Грушівського нафтогазового комплексу	26
Чорний Е. Залежність механічної швидкості буріння свердловин від внутрішньопорового тиску розкритих порід у Передкарпатському прогині	32

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Волков В., Горошкова Л., Хлобистов Є. Управління раціональним видобуванням вугільних ресурсів України	37
Юлдашев О., Смокович М., Юлдашев О., Юлдашев С. Про створення інноваційно-інвестиційного антикорупційного механізму надрокористування	46
Нариманов Н., Каграманов К., Бабаєв М., Шпирко С., Насибова Г., Мухтарова Х. Прогноз перспектив нафтогазоносності Бакинського архіпелагу за типами грязьових вулканів	55
Пасіка С., Чомко Д., Опанасенко О., Хомяков Д., Скиба О., Горбачук О. Деякі питання правового регулювання процесів видобутку нафти та газу для потреб національної безпеки та оборони України	62

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

Гошовський С., Зур'ян О. Екологічно безпечне використання гідроенергетичного потенціалу гідротермальними енергетичними системами	67
Азімов О., Кураєва І., Бахмутов В., Войтюк Ю., Кармазиненко С. Оцінка розподілу важких металів у ґрунтах районів захоронення твердих побутових відходів	76
Смирнова С., Смирнов В., Бабушкіна Р. Концепція ґрунтової біогеосистеми	81
Ободовський О., Лук'янець О., Почасвець О., Москаленко С. Багаторічна мінливість абсолютних річних мінімумів стоку води річок України	89
Кошляков О., Диняк О., Чомко Д., Кошлякова І. Врахування закономірностей формування, розподілу та впливу підземних вод з метою обґрунтування прогнозової гідрогеологічної моделі на ділянках ущільненої міської забудови	96

ДО ЮВІЛЕЇВ

Шаталов М. Науково-педагогічна діяльність першого декана геолого-географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка професора В.І. Крокоса. До 130-річчя від дня народження	100
---	-----

CONTENTS

GENERAL AND HISTORICAL GEOLOGY

Hnylko O., Shevchuk V., Bozhuk T., Bogdanova M., Hnylko S. Geological/geotourist objects of the Transcarpathian region as a reflection of the geological history of the Carpathians	6
--	---

MINERALOGY, GEOCHEMISTRY AND PETROGRAPHY

Khomyn V., Maniuk M., Maniuk O., Popluiko A., Khovanets N. The influence of sedimentation and post-sedimentation transformations on the reservoir properties of the rocks	14
---	----

GEOPHYSICS

Bondarenko M., Kulyk V., Yevstakhevych Z., Danyliv S., Zinenko V., Los M. Apparatus and methodical complex for determination of oil-gas reservoirs parameters while drilling horizontal wells	20
Fedoryshyn D., Bagriy I., Trubenko A., Fedoryshyn S., Khovanets N. The identification of the productive strata within Tyniv-Hrushiv oil and gas field	26
Chorny E. Dependence of mechanical speed of well drilling on the pore pressure of penetrated beds within the Pre-Carpathian field	32

MINERAL RESOURCES

Volkov V., Horoshkova L., Khlobystov Y. Management of sustainable mining of coal resources in Ukraine	37
Yuldashev O., Smokovich M., Yuldashev O., Yuldashev S. Innovation and investment anti-corruption mechanism for economic development	46
Narimanov N., Gahramanov G., Babayev M., Shpyrko S., Nasibova G., Mukhtarova Kh. Prognosis of Baku archipelago hydrocarbon potential by types of mud volcanoes	55
Pasika S., Chomko D., Opanasenko O., Khomiakov D., Skyba O., Horbachuk O. Some issues of juridical regulatory of oil and gas production for national security and defence needs of Ukraine	62

HYDROGEOLOGY, ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL GEOLOGY

Goshovskyi S., Zurian O. Environmentally safe usage of hydropower potential by hydrothermal power supply systems	67
Azimov O., Kuraeva I., Bakhmutov V., Voytyuk Yu., Karmazynenko S. Assessment of the heavy metal distribution in soils within the areas for the municipal solid waste disposal	76
Smyrnova S., Smyrnov V., Babushkina R. The concept of the soil biogeosystem	81
Obodovskiy O., Lukianets O., Pochievets O., Moskalenko S. Long-term variability of the absolute annual minimum water flow of the rivers of Ukraine	89
Koshliakov O., Dyniak O., Chomko D., Koshliakova I. The study of the laws of formation, distribution, and influence of groundwater to justify substantiate the predicted hydrogeological model at the urban compacted area	96

ANNIVERSARY

Shatalov N. Scientific and pedagogical activity of professor V.I. Krokos of the first dean of the geological and geographic faculty of Taras Shevchenko national university of Kyiv. The 130-th anniversary of the birthday	100
--	-----

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ И ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Гнилко О., Шевчук В., Божук Т., Богданова М., Гнилко С. Геологические / геотуристические объекты Закарпатской области как отражение геологической истории Карпат	6
---	---

МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОГРАФИЯ

Хомин В., Манюк М., Манюк О., Поплюйко А., Хованец Н. Влияние седиментационных и постседиментационных преобразований на коллекторские свойства горных пород	14
--	----

ГЕОФИЗИКА

Бондаренко М., Кулик В., Евстахевич З., Данылиев С., Зиненко В., Лось М. Аппаратурно-методический комплекс для определения параметров нефтегазовых коллекторов в процессе бурения горизонтальных скважин	20
Федоришин Д., Багрий И., Трубенко А., Федоришин С., Хованец Н. Выделение продуктивных толщ в пределах Тынивско-Грушевского нефтегазового месторождения	26
Чорный Э. Зависимость механической скорости бурения скважин от внутрискважинного давления вскрытых пород в Предкарпатском прогибе	32

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Волков В., Горошкова Л., Хлобыстов Е. Управление рациональной добычей угольных ресурсов Украины	37
Юлдашев А., Смокович М., Юлдашев А., Юлдашев С. О создании инновационно-инвестиционного антикоррупционного механизма недропользования	46
Нариманов Н., Каграманов К., Бабаев М., Шпырко С., Насибова Г., Мухтарова Х. Прогноз перспективы нефтегазоносности Бакинского архипелага по типам газов грязевых вулканов	55
Пасика С., Чомко Д., Опанасенко Е., Хомяков Д., Скиба А., Горбачук О. Некоторые вопросы правового регулирования процессов добычи нефти и газа для нужд национальной безопасности и обороны Украины	62

ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Гошовский С., Зурьян А. Экологически безопасное использование гидроэнергетического потенциала гидротермальными энергетическими системами	67
Азимов А., Кураева И., Бахмутов В., Войтюк Ю., Кармазиненко С. Оценка распределения тяжелых металлов в почвах районов захоронения твердых бытовых отходов	76
Смирнова С., Смирнов В., Бабушкина Р. Концепция почвенной биосистемы	81
Ободовский А., Лукьянец О., Почаевец Е., Москаленко С. Многолетняя изменчивость абсолютных годовых минимумов стока воды рек Украины	89
Кошляков А., Диняк О., Чомко Д., Кошлякова И. Изучение закономерностей формирования, распределения и влияния подземных вод с целью обоснования прогнозной гидрогеологической модели на участках уплотненной городской застройки	96

К ЮБИЛЕЯМ

Шаталов Н. Научно-педагогическая деятельность первого декана геолого-географического факультета Киевского национального университета имени Тараса Шевченко профессора В.И. Крокоса. К 130-летию со дня рождения	100
---	-----

ЗАГАЛЬНА ТА ІСТОРИЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 551.24:551.87 (477.8)+911.9+910.4:796.5
DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.01>

О. Гнилко¹, д-р. геол. наук, ст. наук. співроб.
E-mail: ohnilko@yahoo.com;

В. Шевчук², д-р геол. наук, проф.
E-mail: svgeol44@gmail.com;

Т. Божук³, д-р. геогр. наук, доц.
E-mail: tbozhuk@gmail.com;

М. Богданова⁴, асист.

E-mail: Milena_bogdanova@ukr.net;

С. Гнилко¹, канд. геол. наук, мол. наук. співроб.
E-mail: s.hnylko@yahoo.com

¹Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,
вул. Наукова, 3а, м. Львів, 79060, Україна;

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

³Тернопільський педагогічний університет імені В. Гнатюка,
46027, м. Тернопіль, вул. Максима Кривоноса, 2;

⁴Львівський національний університет ім. Івана Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79000, Україна

ГЕОЛОГІЧНІ/ГЕОТУРИСТИЧНІ ОБ'ЄКТИ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЯК ВІДОБРАЖЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ ІСТОРІЇ КАРПАТ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.М. Іванік)

Наведено опис важливих геологічних об'єктів (пунктів спостережень) південного схилу Карпат як відображень седиментаційної, палеогеографічної та палеогеодинамічної історії формування Карпат. На основі застосування стандартного методу геологічного опису відслонень, седиментологічного аналізу структурно-текстурних особливостей порід, мікропалеонтологічного методу досліджено низку геотуристичних об'єктів Закарпатської області. Ці об'єкти відображають такі геологічні події: зародження Карпатського седиментаційного басейну; формування субокеанічної і океанічної кори основи Зовнішньокарпатського Флішового басейну; формування покривів Східних Внутрішніх Карпат та їх руйнування з утворенням ранньокрейдової олістостроми Мармароської зони скель; ріст Примармароської та Пенінської акреційних призм; розвиток в палеоцені-еоцені послідовного ряду палеогеографічних елементів (зі сходу на захід): пасивна окраїна Тисії-Дакії – глибоководний флішовий басейн – Пенінська активна окраїна Алькапи; а також завершальний олігоценівий етап розвитку Зовнішньокарпатського флішового басейну. Описаний маршрут геологічної екскурсії рекомендується для ознайомлення з основними рисами геології, геодинаміки та процесів формування Карпат і може бути використаний для подальшого розвитку геотуризму в Карпатах.

Ключові слова: Українські Карпати, геотуризм, флішовий басейн, акреційна призма, Тисія-Дакія, Алькапа.

*Світлій пам'яті
Станіслава Сергійовича Круглова*

Вступ. У запропонованій статті ми згадуємо Станіслава Сергійовича Круглова (1928–2006) на прикладі одного невеликого епізоду його діяльності – а саме проведеної ним геологічної екскурсії, маршрут якої перетинав більшість головних тектонічних елементів Українських Карпат. Станіслав Сергійович добре відомий широкому загалу як автор фундаментальних праць з геології Карпатського регіону (*Круглов и др., 1985; Глушко и Круглов, 1986; Круглов та Гурський, 2007 та ін.*). Він був прекрасним польовим геологом, умів бачити "велике в малому" – регіональні структурні форми в окремих відслоненнях, вздовж русел потоків, річок, врізів доріг. Станіслав Сергійович був видатним знавцем флішу – найпоширенішої формації в Карпатах, він часто наголошував на необхідності її вивчення сучасними методами, зокрема шляхом аналізу турбідитних текстур. Передана нам, учасникам екскурсії, частка досвіду польового геолога і теоретичного дослідника Карпат, видається неоціненною.

Це був 1998 рік – не найкращі часи геології, коли практично припинились експедиційні дослідження в державних установах. Згадуються слова одного з учасників цієї екскурсії, працівника геологічного факультету Львівського університету, відомого дослідника Паміру Валентина Івановича Павлова (1937–2008): "Дякую, Станіславе Сергійовичу, за можливість знову відчувати поле". В екскурсії також брали участь: видатний дослідник докембрію – завідувач кафедри загальної геології цього ж університету професор Альберт Олексійович Сіворонов (1938–2017) та перші чотири автори представленої статті (рис. 1).



Рис. 1. Учасники екскурсії. Кар'єр Великий Кам'янець (пункт 6 у статті).

Зліва-направо перший ряд: В.В. Шевчук, Т.І. Божук, С.С. Круглов; зліва-направо другий ряд М.І. Богданова, О.М. Гнилко, А.О. Сіворонов, В.І. Павлов. Фото 1998 р.

Маршрут екскурсії пролягав через Українські Карпати, а також прилеглі Передкарпатський та Закарпатський прогини у басейнах річок Прут і Тиса (м. Львів – м. Яремча – пер. Яблуницький – м. Рахів – с. Косівська Поляна – с. Новоселиця (басейн р. Тересва) – с. Забрідь (р. Тересля) – м. Свалява – м. Львів). Геологічні об'єкти вздовж цього маршруту були досить повно охарактеризовані ще в 70-х роках минулого століття (*Вялов и др., 1977*), а розміщені на північному схилі Карпат – нещодавно описані в геотуристичному путівнику (*Бубняк та Солецькі, 2013; Божук, 2014*). Ряд цих об'єктів є геологічними

пам'ятками України (Калініна та Гурський, 2006). Проте слід зазначити, що характеристика вузлових геологічних (і геотуристичних) об'єктів південного схилу Українських Карпат як відображень геологічної історії і геодинаміки формування Карпат у цілому, по-суті, відсутня в літературі. Це зумовлює актуальність представленої роботи.

Мета. Опис відслонених важливих геологічних об'єктів (пунктів спостережень) південного схилу Карпат як відображень седиментаційної, палеогеографічної та палеогеодинамічної історії формування Карпат та їх можливостей для функціонування сучасного геотуризму, які простежувалися в ході зазначеної вище екскурсії, є метою нашої статті. При цьому враховувались також матеріали нових досліджень, які стосуються як конкретних ділянок, так і усього Карпатського орогену.

Методика. У роботі застосовувались стандартний метод геологічного опису відслонень, елементи седиментологічного аналізу структурно-текстурних особливостей порід як індикаторів седиментаційних процесів та обстановок, мікропалеонтологічний метод.

Нарис геології регіону. Карпати формують покривно-складчасту споруду, яка на заході переходить у структуру Альп, а на півдні – Балканського півострова. У цій споруді виділяють Внутрішні і Зовнішні (Флішові) Карпати. Головними елементами Внутрішніх Карпат є кристалічні масиви (в Україні – Мармароський масив Східних Карпат та похований під неогеновими моласами Закарпатської западини масив Центральних Західних Карпат). Внутрішні Карпати розділені на ряд ранньоальпійських (ранньокрейдових на Мармароському масиві) тектонічних покривів фундаменту і чохла. Зовнішні Карпати складені повністю зірваним зі своєї седиментаційної основи крейдово-міоценовим флішем і, частково, неогеновою моласою. Вони формують крупне алохтонне тіло і складені рядом тектонічних покривів. Насувна структура Зовнішніх Карпат у теперішньому її вигляді сформувалась у пізньоальпійський час – в міоцені, проте тут прогноуються і більш ранні – крейдові і палеогенові по-

кривно-складчасті деформації, які розпочалися у внутрішніх частинах флішового поясу і поступово охоплювали все більш зовнішні його елементи. Перед фронтом Карпат розвинений Передкарпатський неогеновий прогин (басейн форланду), заповнений міоценовими моласами (Вялов и др., 1977; Круглов и др., 1985; Глушко и Круглов, 1986; Круглов та Гурський, 2007; Picha and Golonka, 2005; Гнилко, 2012).

Комплекси гірських порід, що нині складають Карпати, в мезозой-кайнозой були частиною океану Тетис, який існував між Євразією та Африкою (Гондваною). Карпатський седиментаційний басейн розміщувався в основному в північній пери-Євразійській частині Тетису. Кристалічні масиви Внутрішніх Карпат входили до складу мікроконтинентів Тетису. Зовнішньокарпатський басейн, що заповнювався переважно флішовою формацією, розміщувався між терейнами (мікроконтинентами в Тетисі) Алькапа й Тися-Дакія з одного боку та Євразією – з іншого. При цьому країни мікроконтинентів були активними, а країна Євразії – пасивною. Океанічна і субокеанічна кора седиментаційної основи Зовнішніх Карпат зазнавала субдукції під мікроконтиненти, а флішові осади зривались з цієї основи, формуючи акреційні призми (Picha and Golonka, 2005; Гнилко, 2012; Kováč et al., 2016; 2017). У пізній крейді – палеогені перед фронтом Тисії-Дакії формувалась Примармароська акреційна призма, а перед чолом Алькапа – Пенінсько-Магурська-Дуклянська призма (Гнилко, 2012; Hnylko et al., 2015). У неогені призми поступово нарощувались та об'єдналися в єдину споруду Флішових Карпат (рис. 2).

Зауважимо, що фрагмент терейну Алькапа зараз формує масив Центральних Західних Карпат, а частина Тисії-Дакії – складає Мармароський кристалічний масив Центральних Східних Карпат і зону Мармароських скель. Флішова формація, яка заповнює майже всі Зовнішні Карпати, а також розвинена і у Внутрішніх Карпатах, представлена відкладами гравітаційних потоків (переважно турбідитами), придонних течій та ліфікованими продуктами геміпелагічного і пелагічного осадження.

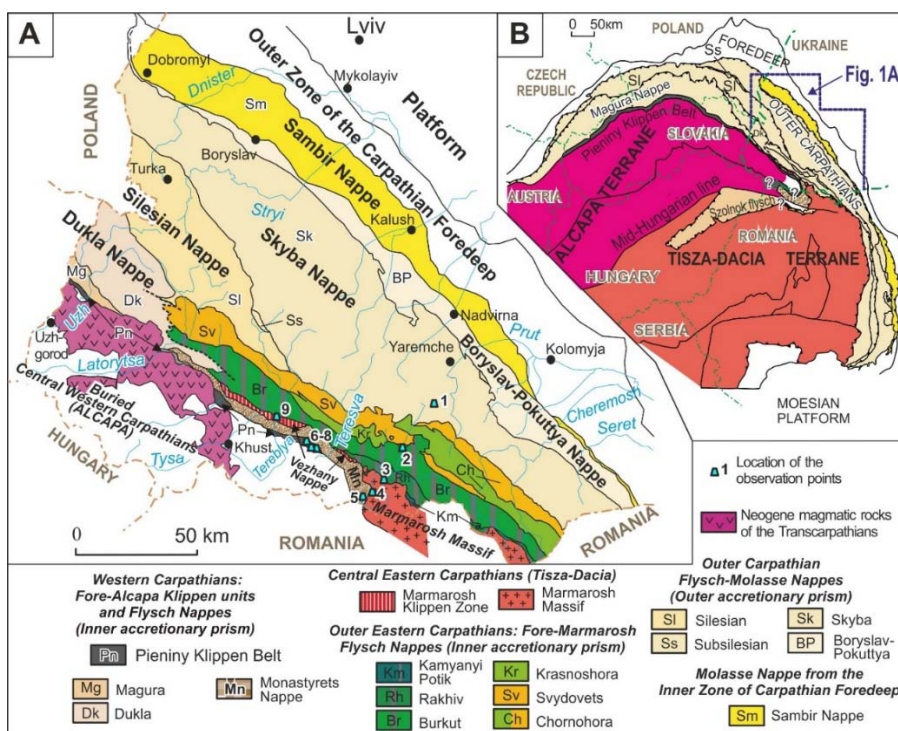


Рис. 2. А – головні тектонічні одиниці Українських Карпат (Гнилко, 2012; 2017, модифіковано) і локалізація пунктів спостережень; В – тектонічне положення Українських Карпат, позиція терейнів і головних геологічних границь згідно з (Kováč et al., 2016; 2017), спрощено, частково модифіковано

Результати. Геологічні об'єкти (пункти спостереження). Геологічні об'єкти розташовані вздовж маршруту, що починається на Яблуницькому перевалі (головний Карпатський вододіл, адміністративна межа Івано-Франківської та Закарпатської областей) і далі продовжується в Закарпатській області вниз по долині р. Тиса та її притоках – річок Косівська, Лужанка, Тереля.

Перелік пунктів спостережень.

Зовнішні Карпати

1. Яблуницький перевал (931 м) – головецькі "смугасті" вапняки у верецькій світі, олігоцен, Скибовий покрив.

2. Потік Тростянець – базальти, піллоу-лави, нижня крейда, фронт Буркутського (≈ Поркулецького) покриву.

3. Кам'яний потік – розріз чивчинської та кам'янопотоцької світи, складений (вгору за розрізом) базальтами, вапняками, флішем та пісковиками, верхня юра-нижня крейда, Кам'янопотоцький покрив.

Внутрішні Карпати

4. р. Косівська нижче с. Косівська Поляна – мергелі, великобанська світа, еоцен, чохол Мармароського масиву.

5. р. Косівська нижче с. Косівська Поляна – тонкоритмічний строкатий фліш, сушманецька (шопурська) світа, середній еоцен, Внутрішньокарпатський фліш, Монастирський покрив.

6. Кар'єр на г. Великий Кам'янець у межиріччі Лужанка – Вульхівчик, розріз юри Пенінської зони.

7. р. Лужанка, вище с. Новоселиця – червоні мергелі пухівської світи та конглобрекції ярумської світи, верхня крейда, Пенінська зона.

8. Потік Пунський, ліва притока р. Лужанка, с. Новоселиця – незгідне залягання базальних конгломератів вульхівчицької світи (еоцен) на сильно дислокованих мергелях пухівської світи (верхня крейда), Пенінська зона.

9. р. Тереля, с. Забрідь, крейда-палеоген Мармароської зони скель.

Пункт 1. Розташований на Яблуницькому перевалі. На пагорбі біля автотраси відслонюється середньо-тонкоритмічний фліш верецької світи (перехідної від менілітової літофації до кросненської) тильної частини Скибового покриву. У відкладах наявні декілька пластів, потужністю до 0,3-0,5 м, сірих тонкошаруватих "смугастих" вапняків (рис. 3), що належать до горизонту-маркеру головецьких вапняків (верхній олігоцен). Локалізація ізохронного головецького горизонту у відкладах як менілітової, так і верецької світи, ілюструє діахронність границь зазначених світ.



Рис. 3. Тонкошаруваті ("смугасті") пелагічні вапняки, головецький горизонт-маркер, олігоцен, верецька світа. Яблуницький перевал. Пункт 1. Фото 1998 р.

Пункт 2. Розташований у 1300 м від впадіння потоку Тростянець (права притока р. Чорна Тиса вище с. Кваси), у фронтальній частині Буркутського покриву – одного з елементів Примармароської акреційної пририми. На правому березі Тростянця біля дороги відслонюються типові піллоу-лави (рис. 4).



Рис. 4. Піллоу-лави тростянецької товщі (пізня юра-неоком).

Потік Тростянець, права притока р. Тиса, Закарпатська обл. Пункт 2.

Окремі "подушки" переважно овальної форми розміром до 0,5-0,6 м, складені масивними та мигдалікам'яними базальтами, а міжподушковий простір – вулканогенно-карбонатним матеріалом. У руслі Тростянця відслонюються ефузивні і вулканогенно-осадові утворення – пелітоморфні вапняки, карбонатні брекчії з включеннями і уламками базальтоїдів, а також базальтоїди з ксенолітами вапняків. Ці породи, очевидно формувалися під час підводних вивержень лавових потоків у слабоконсолідовані вапністі мули.

Вулканогенні утворення належать до пізньояурської(?)–неокомської тростянецької товщі, що заповнює окремі невеликі (до перших кілометрів, як правило – до десятків і сотень метрів) тектонічні лінзи у фронтальній частині Буркутського покриву, які простежуються від басейну р. Тересва (р. Лужанка) до басейну р. Чорний Черемош. Місцями товща седиментаційно перекрита нижньокрейдовим флішем білотисенської чи буркутської світи і, отже, є найнижчим членом стратиграфічного розрізу Буркутського покриву (Гнилко та Ващенко, 2004). Її нижні контакти зрізані насупами.

Пункт 3. Розташований біля гирла Кам'яного потоку – правої притоки р. Тиса нижче м. Рахова (рис. 5). Поблизу автомобільної траси на лівому березі потоку відслонюється сильно дислокований, тектонізований тонко-середньоритмічний темний до чорного фліш, який, імовірно, належить до ранньокрейдової рахівської світи Рахівського покриву.

Вище по потоку виходять на поверхню утворення Кам'янопотоцького покриву. У руслі відслонюються змінні ефузиви основного складу, які тягнуться вгору за течією 700 м. Це зелені прихованокристалічні масивні, іноді порфіроподібні і мигдалекам'яні базальтоїди, місцями туфи, туфобрекчії. Вони належать до верхньояурської чивчинської світи. На ній лежить пізньояурсько-ранньокрейдова кам'янопотоцька світа, що розпочинається пачкою (~ 20 м) вулканогенно-осадових брекчій відслонених в районі розвилки Кам'яного потоку. Вище (по лівому витoku) за розрізом лежать тонкошаруваті уламкові і пелітоморфні пелагічні вапняки з рідкими лінзами кременів, що перешаровуються з туфами (потужністю до перших десятків метрів). Вони поступово наросшуються карбонатно-теригенною пачкою (~ 150 м) тонко- і різношаруватих вапняків, що чергуються з темно-сірими аргілітами, алевролітами, пісковиками. Вище лежить ранньокрейдова теригенна товща (до 400 м) різнозернистих пісковиків з лінзами гравелітів та конгломератів. Товща пісковиків завершує стратиграфічний розріз Кам'янопотоцької одиниці, на неї насунені Мармароські покриви (Мацьків та ін., 2009). Базальти чивчинської світи належать,

відповідно до своїх петрохімічних особливостей, до магматичних утворень океанічної кори (Ляшкевич *и др.*, 1995). Остання була основою Примармароської частини Зовнішньокарпатського басейну і поглинулася в субдукційну зону під терейн Тисю-Дакію (Мармароський масив). Розріз Кам'янопотоцького покриву по Кам'яному

потокі демонструє типову стратиграфічну послідовність порід, що складають покриви акреційних призм.

Далі маршрут продовжується на південь вниз по р. Тиса, перетинаючи Мармароський кристалічний масив Внутрішніх Східних Карпат.

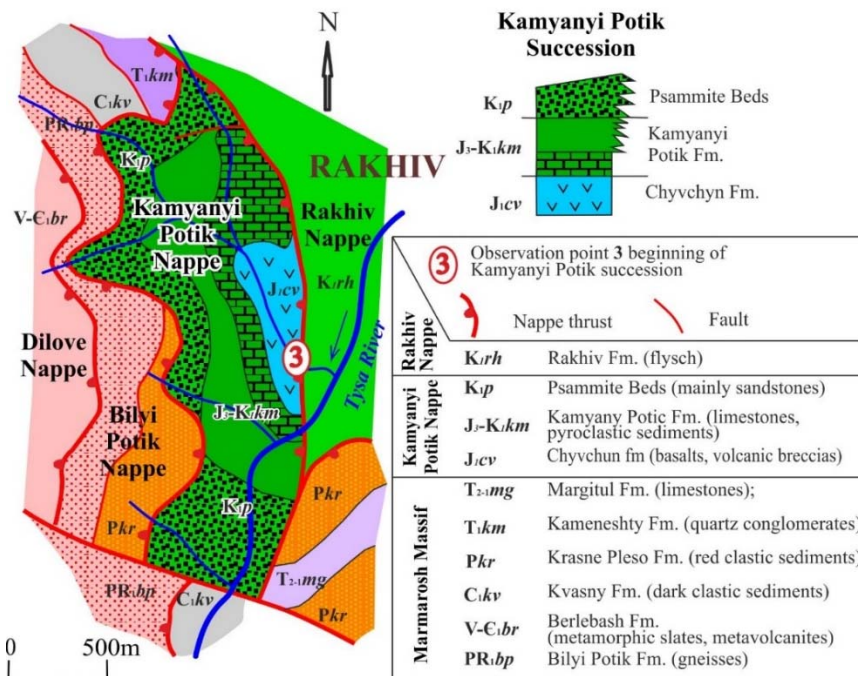


Рис. 5. Схематична геологічна карта району Кам'яного потоку (складена з врахуванням (Мацьків та ін., 2009; Вялов *и др.*, 1977)). Басейн р. Тиса, нижче м. Рахів, Закарпатська обл. Локалізація пункту спостереження 3

Пункт 4. Розташований на правому березі р. Косівська (права притока р. Тиса) нижче с. Косівська Поляна. Біля автомобільної дороги відслонюються сірі і червоні масивно-шаруваті еоценові мергелі великобанської світи, які є частиною осадового чохла Мармароського масиву. Вони є продуктами геміпелагічної седиментації, відклалися на південно-західній пасивній окраїні Тисії-Дакії, оберненій у бік Внутрішньокарпатського флішового басейну (фліш Монастирецького покриву) (Гнилко *и др.*, 2015).

Пункт 5. Розташований на правому березі р. Косівська (права притока р. Тиса) на відстані 2 км вище с. Луг. Відслонення флішу Монастирецького покриву Внутрішніх Карпат тут представлене палеоцен-еоценовою сушманецькою (шопурською – інша назва) світою.

Цей геологічний об'єкт демонструє відклади глибоководного Внутрішньокарпатського флішового басейну, розміщені в тильній частині Мармароського масиву. Басейн існував в палеоцені-еоцені між пасивним краєм Тисії-Дакії (див. попередній об'єкт) та активною окраїною мікроконтиненту Алькапа (див. нижче) (Гнилко *и др.*, 2015; Hnylko and Hnylko, 2016).

Пункт 6. Розташований у Пенінській зоні. В кар'єрі біля с. Новоселиця відслонюється унікальний для регіону майже повний розріз юри. Юрські відклади тут заповнюють велику тектонічну брилу, розміщену в матриці меланжу. Останній практично не відслонений, в інших місцях він представлений сильно дислокованими переважно верхньокрейдовими пластичними мергелями пухівської світи.

Розріз загальною потужністю 30 м представлений нижньоюрськими (?) сірими слабколітфікованими різнозернистими пісковиками і гравелітами ("пудинговими пісковиками" за С.С. Кругловим), темно-сірими вапнистими

сланцями і вапняками-ракушняками; середньо-верхньоюрськими рожевими кріноїдними та грудкуватими вапняками; верхньоюрськими (оксфорд-кіммерідж) червоними тонкошаруватими пелагічними вапняками з лінками кременів (рис. 6) та грудкуватими вапняками титон-беріасовими рожевими і світло-сірими масивними вапняками.



Рис. 6. Середньо-верхньоюрські кріноїдні та грудкуваті вапняки (справа) та верхньоюрські тонкошаруваті вапняки (зліва). Кар'єр Великий Кам'янець. Пункт 6. Фото 1998 р.

Червоні та рожеві грудкуваті вапняки у розрізі юри – це відома Альпійська фація Ammonitico Rosso (рис. 7, див. рис. 6).

Розріз порід у кар'єрі відображає процес поступового заглиблення седиментаційного басейну від субконтинентального мілководного в ранній юрі до глибоководного – у пізній юрі-ранній крейді. Цей процес пов'язаний з розкриттям Лігурійсько-Пенінсько-Вагійського океану, до якого належала значна частина Карпатського басейну.



Рис. 7. Юрські грудкуваті вапняки з амонітами, фація *Ammonitico Rosso*. Кар'єр Великий Кам'янець. Пункт 6

Пункт 7. Розташований у Пенінській зоні. На правому крутому березі р. Лужанка в с. Новоселиця відслонюються верхньокрейдові червоні пелагічні мергелі пухівської світи, які вище за розрізом (і по схилу) змінюються червоними і світло-сірими седиментаційними брекчіями. Останні належать до маастрихтської ярмутської світи (рис. 8).

Розріз цих відкладів відображає активізацію орогенних тектонічних процесів у Пенінській зоні і перетворення її у складчасто-насувну споруду – акреційну призму, яка облямовувала активну окраїну терейну Алькапа та з південного заходу обмежувала глибоководний Внутрішньокарпатський флішовий басейн (Гнилко і др., 2015) (див. пункт 5).

Пункт 8. Розташований у Пенінській зоні. У руслі потоку Пунський (ліва притока р. Лужанка) в с. Новоселиця відслонюються базальні конгломерати еоценової вульхівчицької світи, які зі структурною незгідністю перекривають сильно дислоковані червоні мергелі пухівської світи (матрикс меланжу Пенінської зони).

Конгломерати містять уламки пухівських мергелів та "екзотичних" порід, зокрема гранітоїдів, імовірно знесених з кристалічного масиву Центральних Західних Карпат (терейну Алькапа).

Описане різко незгідне налягання еоценових конгломератів з "екзотикою" на дислокованих породах Пенінської зони фіксує завершення процесу формування складчасто-насувної споруди Пенінської акреційної призми на активній окраїні Алькапа.



Рис. 8. Станіслав Сергійович Круглов біля седиментаційних брекчій ярмутської світи. Пенінська зона, верхня крейда. Пункт 7. Фото 1998 р.

Пункт 9. Тут спостерігається повний розріз відкладів Мармароської зони скель (рис. 9, 10) Початок розрізу – в с. Забрідь, 800 м вище по р. Терєбля від автомобільного мосту (міст біля колишнього Драгівського заводу мінеральних вод). У руслі та по берегах р. Терєбля відслонюється нижньокрейдова олістостромові товща (потужність до 150–200 м) соймільської світи складена глинистим та глинисто-піскуватим матриксом з невеликими (до 10–15 м) олістолітами юрських та ранньокрейдових органогенних ургонських вапняків, пісковиків, суттєво кварцових конгломератів типу верукано та уламків метаморфічних порід (Вялов і др., 1977). Вище за течією р. Терєбля відслонюється фліш рахівської світи Зовнішніх Карпат.

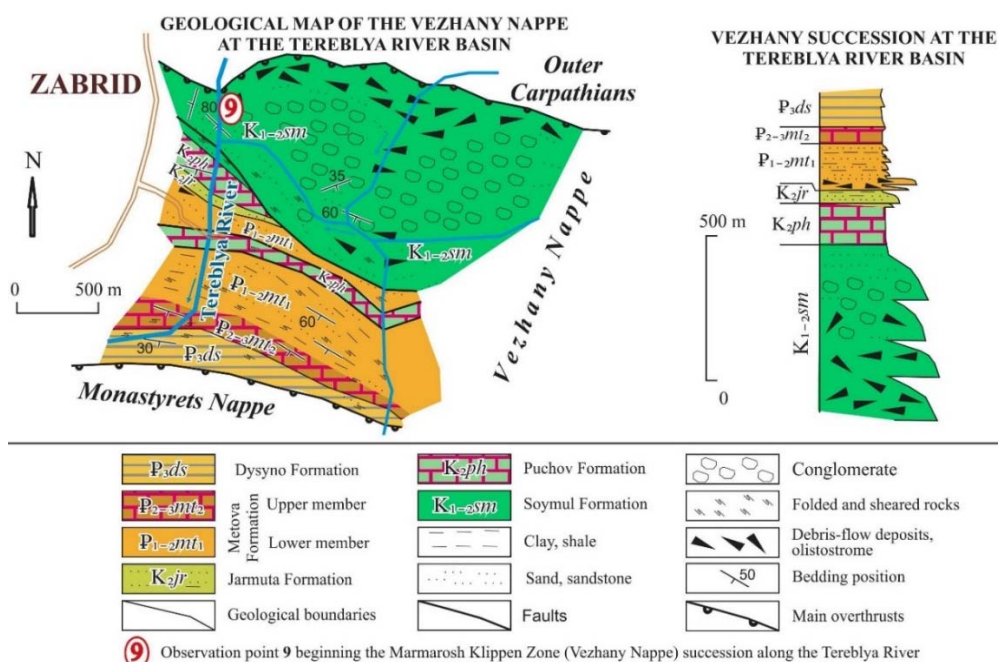


Рис. 9. Геологічна карта Мармароської зони скель у басейні р. Терєбля біля с. Забрідь (Hnylko and Hnylko, 2016, модифіковано). Локалізація пункту спостереження 9

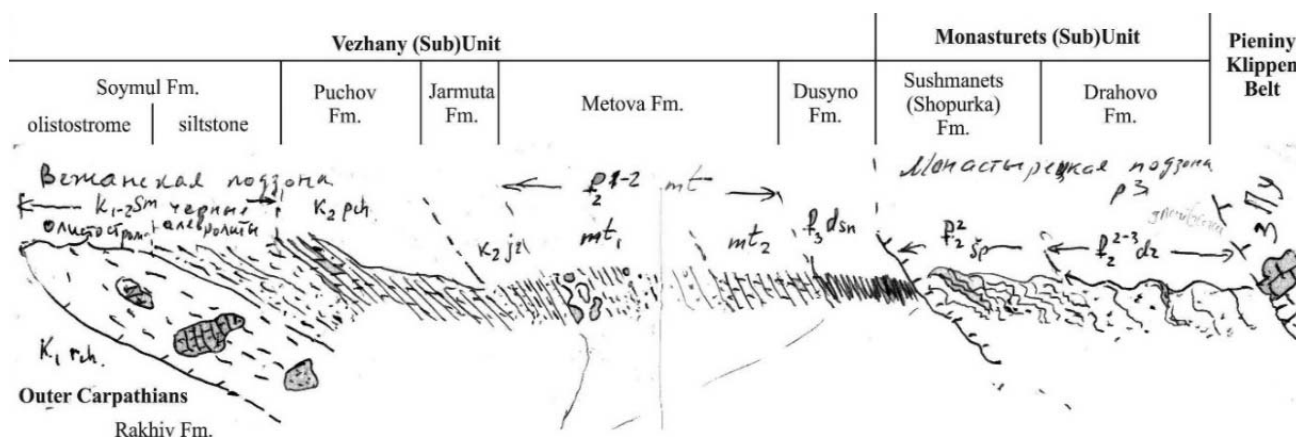


Рис. 10. Генералізований профіль Мармароської зони скель і Монастирського покриву вздовж р. Терєбля (нарисовано рукою С.С. Круглова під час екскурсії в 1998 р.)

Нижче за течією р. Терєбля розкривається розріз відкладів, що перекривають олістострому. В низах цього розрізу розвинені сірі шаруваті глинисті алевроліти, дрібнозернисті пісковики, лінзи гравелітів з уламками метаморфітів мармароського типу (верхи соймульської світи, пот. до 100–200 м, альб-сеноман). Вони перекриті червоними неясношаруватими і масивними мергелями (гемі)пелігичного походження (пухівська світа, пот. 150 м, турон-маастрихт), на яких залягає тонкоритмічний зеленувато-сірий фліш (ярмутська світа, пот. 45 м, маастрихт). Фліш перекритий відкладами мулисто-уламкового потоку з класами пухівських мергелів і ярмутського флішу, на яких лежать товстошаруваті пісковики (10 м) – це низи палеоцен-еоценової метовської світи. Продовжуючи маршрут вниз по р. Терєбля протягом 600 м, можна побачити окремі виходи шаруватих сірих мергелів верхньої частини метовської світи і, ще нижче – чорних мергелистих аргілітів олігоцену дусинської світи. На останні з південного заходу насунений Монастирський покрив Внутрішньокарпатського палеогенового флішу.

Верхньокрейдово-палеогенові суттєво мергелисті відклади (пухівська, метовська, дусинська світи) надолістостромові відклади репрезентують утворення континентального схилу пасивної південно-західної окраїни Тисії-Дакії.

Наукова новизна. За матеріалами проведеної у 1998 р. геологічної екскурсії, а також нових досліджень доповнено та деталізовано характеристику ряду геологічних об'єктів і подано їх комплексний короткий опис як відображень седиментаційної, палеогеографічної та палеогеодинамічної історії Карпат.

Процеси зародження Карпатського седиментаційного басейну відображені у п. 6, де повний розріз юри Пенінської зони демонструє заглиблення басейну від субконтинентального мілководного у ранній юрі, до глибоководного – у пізній юрі-ранній крейді, що пов'язано з розкриттям Лігурийсько-Пенінсько-Вагійського океану (відгалуження Атлантики), до якого належала значна частина Карпатського басейну. Розкриття океану призвело до формування субокеанічної і океанічної кори основи Зовнішньокарпатського Флішового басейну, залишки якої (базальтоїди, піллоу-лави) відслонені у п. 2 і п. 3. У новоутвореному океані відособились мікромонтиненти, деякі з яких (Тися і Дакія) уже в ранній крейді зазнали колізії між собою (утворення Тисії-Дакії), що призвело до формування Мармароських покривів фундаменту (Білопотоцького та Діловецького в Україні) і найвищих офіолітових Трансильванських покривів (Румунія). Розмив та

руйнування цих покривів зумовили нагромадження барем-альбської олістостроми (соймульська світа в Україні), яку можна спостерігати у п. 9. Подібним колізіонним шляхом утворився також композиційний мікромонтинент Алькапа (Picha and Golonka, 2005; Гнилко, 2012).

Закриття Зовнішньокарпатського флішового басейну, розміщеного між Євразією та терейнами Алькапа і Тися-Дакія, розпочалося у ранній крейді у зв'язку з субдукцією (суб)океанічної кори основи Флішового басейну під Алькапу та Тися-Дакію. Це призвело до формування акреційних призм на активних окраїнах мікромонтинентів, одну з яких (Примармароську перед фронтом Тисії-Дакії) ми спостерігаємо у п. 2 і п. 3., а другу (Пенінську перед фронтом Алькапа) – у п. 7 і п. 8.

Глибоководний флішовий басейн існував в палеоцені-еоцені також і між мікромонтинентами – між пасивною окраїною Тисії-Дакії (суттєво мергелисті утворення внутрішніх західних схилів Мармароського масиву (п. 4) та Мармароської зони скель (п. 9)) з одного боку, та активною окраїною Алькапа (дислоковані аж до меланжу відклади Пенінської зони – п. 7 і п. 8) – з другого. Осадові комплекси цього глибоководного басейну представлені палеоцен-еоценовим Внутрішньокарпатським (Монастирський покрив) флішем з глибоководною мікрофауною аглютинованих форамініфер (п. 5).

Відклади завершального олігоценного етапу розвитку Зовнішньокарпатського флішового басейну представлені у п. 1 на Яблуніцькому перевалі, де виражені верецькою світою – сірим флішем (без виразних турбідитних текстур) з прошарками чорних аргілітів та горизонтно-маркером "смуғастих" головечиків вапняків. Останні відображають регіональну геологічну подію домінування пелігичної седиментації. У цей же завершальний етап в інших частинах басейну формувались відклади менілітової світи – чорні збагачені органікою сланці, місцями псамітові турбідити які також містять горизонтно-маркер "смуғастих" вапняків (див. рис. 3).

Практична значущість. Описаний маршрут геологічної екскурсії рекомендується як досвідченим фахівцям, так і геологам-початківцям для ознайомлення з основними рисами геології, геодинаміки та процесів формування Карпат. Він може бути використаний для подальшого розвитку геотуризму в Карпатах.

Висновки. У Закарпатській області неподалік автомобільних доріг відслонюється ряд вузлових геологічних об'єктів, які відображають важливі етапи геологічної еволюції Карпат. Ці об'єкти (пункти спостереження в статті) можна репрезентувати як геотуристичні. Вони розміщу-

ються вздовж єдиного маршруту, який перетинає *Зовнішні (Флішові Карпати)* – Скибовий тектонічний покрив зовнішньої акреційної призми, а також Чорногорський, Свидовецький, Красношорський, Буркутський, Рахівський, Кам'янопотоцький покриви внутрішньої Примармароської акреційної призми та *Внутрішні Карпати* – Мармароський кристалічний масив, Монастирецький покрив (Внутрішньокарпатський фліш), Пенінську зону, Мармароську зону скель.

Геотристинні об'єкти охоплюють породи та дислокаційні структури, в яких відображені етапи розвитку Карпат:

- зародження Карпатського седиментаційного басейну (п. 6);
- формування субокеанічної і океанічної кори основи Зовнішньокарпатського Флішового басейну (п. 2 і п. 3);
- формування Мармароських покривів фундаменту та Трансильванських офіолітових покривів, їх розмив з нагромадженням олістостромої товщі Мармароської зони скель (п. 9);
- ріст Примармароської акреційної призми перед фронтом терейну Тися-Дакія в ранній крейді (п. 2, п. 3) та Пенінської призми перед фронтом терейну Алькапа в кінці крейди – на початку палеогену (п. 7, п. 8);
- розвиток в палеоцені-еоцені послідовного ряду палеогеографічних елементів (зі сходу на захід): пасивна окраїна Тисії-Дакії (п. 4, п. 9) – глибоководний флішовий басейн (п. 5) – Пенінська активна окраїна Алькапи (п. 7, п. 8);
- завершальний олігоценівий етап розвитку Зовнішньокарпатського флішового басейну (п. 1).

Список використаних джерел

- Божук, Т. (2014). Рекреаційно-туристичні дестинації: теорія, методологія, практика. Львів: Український бестселер.
- Бубняк, І., Солецькі, А. (Ред.). (2013). Геотристинний путівник по шляху Гео-Карпати (Кросно-Борислав-Яремче). Кросно: Ruthenus.
- Вялов, О. С., Даныш, В. В., Кульчицкий, Я.О. (Ред.) (1977). Путеводитель тектонической, стратиграфической и седиментологической экскурсий XI Конгресса Карпато-Балканской геологической ассоциации. Київ: Наукова думка.
- Глушко, В.В., Круглов, С.С. (Ред.) (1986). Тектоническая карта Украинских Карпат масштаба 1 : 200 000, Киев: Мингео УССР.
- Гнилко, О.М., Ващенко, В.О. (2004). Тростянецькі базальтоїди в структурі Східних флішових Карпат. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 1, 71-78.
- Гнилко, О.М., Гнилко, С.Р., Генералова, Л.В. (2015). Формирование структур Утесовых зон и межутесового флиша Внутренних Украинских Карпат – результат сближения и коллизии микроконтинентальных террейнов. *Вестник Санкт-Петербургского университета*, 7(2), 4-24.
- Гнилко, О. М. (2012). Тектонічне районування Карпат у світлі терейнової тектоніки. Стаття 2. Флішові Карпати – давня акреція на призма. *Геодинаміка*, 1 (12), 67–78.
- Калініна, В. І., Гурський, Д. С. (2006). Геологічні пам'ятки України. У 4 т. Київ: Держ. геолог. служба України.
- Круглов, С.С., Гурський, Д.С. (Ред.) (2007). Тектонічна карта України. Київ: УкрДГРІ.
- Круглов, С.С., Смирнов, С.Е., Спитковская, С.М., Фильштинский, Л.Е., Хижняков, А.В. (1985). Геодинамика Карпат. Київ: Наукова думка.
- Ляшкевич, З.М., Медведев, А.П., Крупский, Ю.З. та ін., (1995). Тектономагматическая эволюция Карпат. Киев: Наукова думка.
- Мацьків, Б.В., Пукач, Б.Д., Гнилко, О.М. (2009). Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. Аркуші М-35-XXXI (Надвірна), L-35-I (Вішеу-Де-Сус). Карпатська серія. Геологічна карта дочетвертинних утворень. Київ: УкрДГРІ, 1.
- Hnylko, O., Krobicki, M., Feldman-Olszewska, A., Iwańczuk, J. (2015). Geology of the volcano-sedimentary complex of the Kamyanyi Potik Unit on

Chyvchyn Mountain (Ukrainian Carpathians): preliminary results. *Geological Quarterly*, 59 (1), 145-156.

Hnylko, S., Hnylko, O. (2016). Foraminiferal stratigraphy and palaeobathymetry of Paleocene–lower most Oligocene deposits (Vezhany and Monastyrets nappes, Ukrainian Carpathians). *Geological Quarterly*, 60(1), 75–103. DOI: <http://dx.doi.org/10.7306/gq.1247>

Kováč, M., Márton, E., Oszczypko, N., Vojtko, R., Hók, J., Králiková, S., Plašienka, D., Klučiar, T., Hudáčková, N., Oszczypko-Clowes, M. (2017). Neogene palaeogeography and basin evolution of the Western Carpathians, Northern Pannonian domain and adjoining areas. *Global and Planetary Change*, 155, 133–154. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.07.004>

Kováč, M., Plašienka, D., JánSoták, J., Vojtko, R., Oszczypko, N., Less, G., Čosović, V., Fügenschuh, B., Králiková, S. (2016). Paleogene palaeogeography and basin evolution of the Western Carpathians, Northern Pannonian domain and adjoining areas. *Global and Planetary Change*, 140, 9–27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.03.007>

Picha, F.J., Golonka, J. (Eds.). (2005). Carpathian and their foreland: Geology and hydrocarbon resources. Tulsa, Oklahoma, U.S.A.:AAPG Memory, 84.

References

- Bozhuk, T. (2014). Recreational and tourist destinations: theory, methodology, practice. Lviv: Ukrainian bestseller. [In Ukrainian]
- Kalinina, V.I., Gursky, D.S. (2006). Geological Surveys of Ukraine Geological Landmarks of Ukraine: 4 Vs. Kyiv: State Geologist Service of Ukraine. [In Ukrainian]
- Bubnjak, I., Soletskii, A. (Eds.) Geo-tourist guide on the way of Geo-Carpathians (Krosno-Borislav-Yaremche). Krosno: Ruthenus. [In Ukrainian]
- Gnilko, O.M. (2012). Tectonic zoning of the Carpathians in term's of the terrane tectonics. Article 2. The Flysch Carpathian – ancient accretionary prism. *Geodynamics*, 12(1), 67-78. [In Ukrainian]
- Gnilko, O.M., Vashchenko, V.O. (2004). Trostyanetsky basaltoids in the structure of the Eastern Fleischer Carpathians. *Geology and geochemistry of combustible fossil fuels*, 1, 71-78. [In Ukrainian]
- Gnilko, O.M., Gnilko, S.R., Generalalova, L.V. (2015). The formed structures of the rocky zones and the interdisciplinary fleisc of the Inner Ukrainian Carpathians are the result of the convergence and collision of microcontinental terranes. *Bulletin of St.-Petersburg University*, 7(2), 4-24. [In Russian]
- Kruglov, S.S., Smirnov, S.E., Spitkovskaya, S.M., Filshitsky, L.E., Khizhnyakov, A.V. (1985). Geodynamics of the Carpathians. [In Russian]
- Ljashkevich, Z.M., Medvedev, A.P., Krupskij, Ju.Z. (1995). Tectonomagmatic evolution of Carpathians. Kyiv: Nauk. Dumka. [In Russian]
- Matskiv, B.V., Pukach, B.D., Gnilko, O.M. (2009). The state geological map of Ukraine is 1:200 000 scale. Sheet M-35-XXXI (Nadvirna), L-35-I (Viseu de Sus). Carpathian series. Geological map of quaternary formations. Kyiv: UkrDGRІ, 1 sheet. [In Ukrainian]
- Vyalov, O.S., Danysh, V.V., Kulchitskyi, Ya.O. (Eds.). (1977). Guide to tectonic, stratigraphic and sedimentary excursions of the XI Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association. Kyiv: Nauk. Dumka. [In Russian]
- Glushko, V.V., Kруглов, С.С. (Eds.). (1986). Tectonic map of the Ukrainian Carpathians scale 1: 200 000. Kyiv: Mingeo USSR. [In Russian]
- Kruglov, S. S., Gursky, D. S. (Eds.). (2007). Tectonic map of Ukraine. Maps. Kyiv: UkrDGRІ. [In Ukrainian]
- Hnylko, O., Krobicki, M., Feldman-Olszewska, A., Iwańczuk, J. (2015). Geology of the volcano-sedimentary complex of the Kamyanyi Potik Unit on Chyvchyn Mountain (Ukrainian Carpathians): preliminary results. *Geological Quarterly*, 59 (1), 145-156.
- Hnylko, S., Hnylko, O. (2016). Foraminiferal stratigraphy and palaeobathymetry of Paleocene–lower most Oligocene deposits (Vezhany and Monastyrets nappes, Ukrainian Carpathians). *Geological Quarterly*, 60(1), 75–103. DOI: <http://dx.doi.org/10.7306/gq.1247>
- Kováč, M., Márton, E., Oszczypko, N., Vojtko, R., Hók, J., Králiková, S., Plašienka, D., Klučiar, T., Hudáčková, N., Oszczypko-Clowes, M. (2017). Neogene palaeogeography and basin evolution of the Western Carpathians, Northern Pannonian domain and adjoining areas. *Global and Planetary Change*, 155, 133–154. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.07.004>
- Kováč, M., Plašienka, D., JánSoták, J., Vojtko, R., Oszczypko, N., Less, G., Čosović, V., Fügenschuh, B., Králiková, S. (2016). Paleogene palaeogeography and basin evolution of the Western Carpathians, Northern Pannonian domain and adjoining areas. *Global and Planetary Change*, 140, 9–27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2016.03.007>
- Picha, F.J., Golonka, J. (Eds.). (2005). Carpathian and their foreland: Geology and hydrocarbon resources. Tulsa, Oklahoma, U.S.A.:AAPG Memory, 84.

Надійшла до редколегії 25.04.19

O. Hnylko¹, PhD (Geol.), Senior Researcher
E-mail: ohnilko@yahoo.com;
V. Shevchuk², Dr. Sci. (Geol.), Prof.
E-mail: svgeol@gmail.com;
T. Bozhuk³, Dr. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof.
E-mail: tbozhuk@gmail.com;
M. Bogdanova⁴, Assist. Prof.
E-mail: Milena_bogdanova@ukr.net;
S. Hnylko¹, PhD (Geol.), Junior Researcher
E-mail: s.hnylko@yahoo.com

¹Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals
of the National Academy of Sciences of Ukraine, 3a Naukova Str, Lviv, 79060, Ukraine;

²Taras Shevchenko National University of Kyiv,
Institute of Geology, 90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine;

³Ternopil Volodymyr Hnatiuk national pedagogical university, 46027, Ternopil, str. Kryvonosa, 2;

⁴Lviv National University of Ivan Franko
4 Grushevskogo str., Lviv 79000, Ukraine

GEOLOGICAL/GEOTOURIST OBJECTS OF THE TRANSCARPATHIAN REGION AS A REFLECTION OF THE GEOLOGICAL HISTORY OF THE CARPATHIANS

Consideration is given to description of important geological objects (observation points) of the southern slope of the Carpathians as reflections of sedimentary, paleogeographic and paleogeodynamic history of the Carpathians formation. Method. Standard method of geological description of outcrops, elements of sedimentological analysis of structural and textural features of rocks, and micropaleontological method are used. Results. A number of key geological objects that reflect the important stages of the geological evolution of the Carpathians in the Transcarpathian region near highways is described. These objects (the observation points in the article) can be represented as geotourist ones. In the first location which is in Yablunytza Pass, an outcrop of Oligocene "striped" Holovets Limestone; further, along the Trostyanets Stream – Jurassic-Paleogene deposits of the Pieniny Klippen Belt; along the riverbed Tereblya in Zabrid village – Cretaceous-Paleogene deposits of the Marmarosh Klippen Zone are traced. Scientific novelty. The characteristic of a number of geological objects of the Transcarpathian region is supplemented and detailed and their brief description as reflections of sedimentary, paleogeographic and paleogeodynamic history of the Carpathians is presented. These objects reflect subsequent geological events: the birth of the Carpathian sedimentary basin; the formation of sub-oceanic and oceanic crust of the Outer Carpathian Flysch Basin; the formation of Inner Eastern Carpathian nappes and their destruction due to the formation of Early Cretaceous olistostrome of the Marmarosh Klippen Zone; Fore-Marmarosh and Pieniny Klippen Belt accretionary prisms growing; and the final Oligocene stage of the Outer Carpathian Basin development. In addition, the range of Paleocene-Eocene paleogeographic elements such as (from the East to the West): (a) the passive margin of the Tisza-Dacia – (b) the deep-water Inner Carpathian Flysch Basin – (c) the Pieniny active edge of the Alcapa Terrane is demonstrated. The route of the geological tour described in the article is recommended to get acquainted with the main features of Geology, Geodynamics and processes of formation of the Carpathians. It can be used for further development of geotourism in the Carpathians.

Keywords: Ukrainian Carpathians; geotourism; flysch basin; accretionary prism; Tisza-Dacia; Alcapa.

O. Гнилко¹, канд. геол. наук, ст. науч. сотруд.
E-mail: ohnilko@yahoo.com;
В. Шевчук², д-р геол. наук, проф.
E-mail: svgeol44@gmail.com;
Т. Божук³, д-р геогр. наук, доц.
E-mail: tbozhuk@gmail.com;
М. Богданова⁴, ассист.
E-mail: Milena_bogdanova@ukr.net;
С. Гнилко¹, канд. геол. наук, мл. науч. сотруд.
E-mail: s.hnylko@yahoo.com

¹Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины,
ул. Научная, 3а, г. Львов, 79060, Украина;

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина;

³Тернопольский национальный педагогический университет имени В. Гнатюка,
46027, Тернополь, ул. М. Кривоноса, 2;

⁴Львовский национальный университет им. Ивана Франко,
ул. Грушевского, 4, г. Львов, 79000, Украина

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ / ГЕОТУРИСТИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ ЗАКАРПАТСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ОТРАЖЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ КАРПАТ

Приведено описание важных геологических объектов (пунктов наблюдений) южного склона Карпат, как отражений седиментационной, палеогеографической и палеогеодинамической истории формирования Карпат. На основе использования стандартного метода геологического описания отложений, седиментологического анализа структурно-текстурных особенностей пород и микропалеонтологического метода в Закарпатской области исследованы узловые геологические объекты, отражающие важные этапы геологической эволюции Карпат. Эти объекты (пункты наблюдения в статье) можно представить как геотуристические. В первом пункте, находящемся на Яблунецком перевале, обнажаются олигоценые головецкие "полосчатые" известняки; далее, по ручью Тростянец – тело юрских пиллоу-лав во фронте Буркутского покрова; в Каменном ручье – разрез юрско-раннемеловой вулканогенно-осадочной толщи Каменнопотокского покрова; по р. Косовская – эоценовые мергели чехла Мармарошского массива и Внутреннекарпатского флиша Монастыречского покрова; в районе с. Новоселица в бассейне р. Лужанка – юрско-палеогеновые отложения Пеннинской зоны; вдоль русла р. Теребля в с. Забродь – мел-палеогеновые отложения Мармарошской зоны утесов. Дополнено и детализировано характеристику ряда геологических объектов и представлено их комплексное краткое описание как отражений седиментационной, палеогеографической и палеогеодинамической истории Карпат. Эти объекты отражают следующие геологические события – зарождение Карпатского седиментационного бассейна; формирование субокеанической и океанической коры основы Внешнекарпатского флишевого бассейна; формирование покровов Восточных Внутренних Карпат и их разрушение с образованием раннемеловой олистостромы Мармарошской утесовой зоны; рост Предмармарошской и Пеннинской аккреционных призм; развитие в палеоцене-эоцене последовательного ряда палеогеографических элементов (с востока на запад): пассивная окраина Тиссия-Дакция – глубоководный флишевый бассейн – Пеннинская активная окраина Алькапа; а также завершающий олигоценый этап развития Внешнекарпатского флишевого бассейна. Описанный маршрут геологической экскурсии рекомендуется для ознакомления с основными чертами геологии, геодинамики и процессов формирования Карпат.

Ключевые слова: Украинские Карпаты, геотуризм, флишевый бассейн, аккреционная призма, Тиссия-Дакция, Алькапа.

МІНЕРАЛОГІЯ, ГЕОХІМІЯ ТА ПЕТРОГРАФІЯ

УДК 553.981,622.324

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.02>

В. Хомин, д-р геол. наук, проф.;
М. Манюк, канд. геол. наук, доц.;
О. Манюк, канд. геол. наук, доц.;
А. Поплюйко, канд. геол.-мінералог. наук, доц.;
Н. Хованець, асист.
E-mail: xbp1381@gmail.com;

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна

ВПЛИВ СЕДИМЕНТАЦІЙНИХ І ПОСТСЕДИМЕНТАЦІЙНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ
НА КОЛЕКТОРСЬКІ ВЛАСТИВОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД

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

Актуальність досліджень зумовлена науковим обґрунтуванням особливостей седиментаційних та постседиментаційних перетворень гірських порід у зв'язку з можливою їх нафтогазоносністю.

Проведено детальні літологічні дослідження продуктивних відкладів родовищ нафти і газу Внутрішньої зони Передкарпатського прогину. Мета досліджень полягала у вивченні та встановленні залежності фільтраційно-ємнісних властивостей порід як від первинних (седиментаційних), так і вторинних (постседиментаційних) факторів.

До первинних факторів, які вивчалися, віднесено зернистість (медіанний діаметр зерен), відсортованість та зрілість порід. У результаті проведених досліджень встановлено позитивний кореляційний зв'язок між медіанним діаметром зерен та пористістю гірських порід (коефіцієнт кореляції 0,56). Встановлено, що погано відсортовані пісковики, на відміну від добре відсортованих, характеризуються значно меншою пористістю та проникністю.

Виявлено пряму залежність пористості порід від вмісту уламкового кварцу, яка відображається у зростанні пористості з його збільшенням. З'ясовано, що у більш зрілих пісковиках пористість значно вища, що в свою чергу позитивно впливає на колекторські властивості гірських порід.

У результаті проведеного вивчення вторинних перетворень піщаних порід встановлено, що для стадії діагенезу характерні зміни мінерального складу, які зумовлені в основному розкладанням органічних речовин і появою відновлювального середовища.

Оцінено ступінь розвитку структур перетворення уламкового матеріалу піщано-алевритових порід прогину з глибиною їх залягання та з'ясовано картину їх катагенетичних змін на різних глибинах. У результаті проведених досліджень зроблено висновок про порівняно поступове посилення ролі трьох видів структур: інкорпораційних, регенераційних, мікростілолітових та зниження впливу конформних структур зі збільшенням глибини залягання порід. При цьому у зоні пізнього катагенезу, в умовах великих глибин, напружений стан катагенетично перетворених порід масивної текстури сприяє утворенню численних мікротріщин, що зумовлює формування зон розуцільнення порід на глибинах понад 4 км, які характеризуються високими параметрами їх колекторських властивостей.

Ключові слова: фільтраційно-ємнісні параметри, пористість, проникність, кореляційні залежності.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Поклади нафти і газу на малих та середніх глибинах, як в Україні в цілому, так і в Карпатській нафтогазоносній провінції зокрема, значною мірою уже розвідані та вироблені. Відповідно, подальше поповнення промислових запасів вуглеводнів здійснюватиметься за рахунок освоєння великих глибин. Важливу роль у цьому плані відіграють породи-колектори, оскільки навіть за найсприятливіших геологічних умов без наявності якісних порід-колекторів неможливе існування промислових скупчень вуглеводнів. У цьому аспекті вивчення вторинних змін продуктивних відкладів повинно бути невід'ємною частиною сучасних літологічних досліджень, оскільки дає змогу зрозуміти особливості та стадійність процесів формування нафтогазових покладів і характер постседиментаційного перетворення осадових гірських порід. Це має суттєве значення при прогнозуванні зон з покращеними колекторськими властивостями і в подальшому стане вагомим передумовою для проведення розвідки відкладів на великих глибинах у межах відомих нафтогазоносних провінцій.

Аналіз досліджень і публікацій. Відомо, що породи-колектори є мобільними геологічними утвореннями, у процесі їх занурення може змінюватись як склад, будова, так і їх фільтраційно-ємнісні параметри. Тому вивчення закономірностей зміни порід-колекторів, передбачення можливих аномалій їх властивостей, вміння їх спрогнозувати та, головне, передбачити глибину зон розвитку порід-колекторів в умовах великих глибин є дуже важливим завданням.

Звичайно, проблемі вторинних перетворень осадових порід присвячено значну кількість праць від статей і дисертацій до узагальнюючих монографій (Манюк та ін.,

2011a; 2011b; Бойко, 1989; Вялов, 1961; Доленко та Ярош, 1969; Дорофеева, 1986; Вялов і др., 1966). Тому вважаємо, що проводити їхній навіть побіжний огляд немає необхідності, а зупинимось тільки на основних висновках і результатах, що з них випливають.

Так, аналізуючи результати проведених досліджень, на основі опрацювання численного лабораторного матеріалу по Дніпро-Прип'ятській, Карпатській, Причорноморсько-Кримській і Лено-Вілюйській та інших нафтогазоносних провінціях, виявлено закономірне прогресуюче погіршення фільтраційно-ємнісних властивостей порід-колекторів при їх зануренні на великі глибини; встановлено критичні глибини природного існування порової ємності та фільтрації алеврито-піщаних порід-колекторів; встановлено глибинну зональність катагенетичного перетворення теригенних порід і стадійності перетворення структури порового простору, як наслідок – зростання геостатичного тиску та палеотемператур надр тощо.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми та формулювання цілей статті. Отже, узагальнюючи наукові праці фахівців та отримані ними результати, стає цілком очевидним, що стадійність перетворення осадових гірських порід впливає, перш за все, на властивості мінеральних компонентів породи, а через них – на фільтраційно-ємнісні властивості самих порід-колекторів. Тому і мета наших досліджень полягає у проведенні детальних літологічних вивчень продуктивних відкладів родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину, по яких накопичено численний фактичний матеріал з метою встановлення залежності фільтраційно-ємнісних властивостей порід як від первинних (седиментаційних), так і вторинних (постседиментаційних) факторів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нами проведено детальні літологічні дослідження продуктивних відкладів родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину та встановлено, що у межах досліджуваної території в осадовій товщі виділяється чотири літолого-стратиграфічні комплекси порід, які відповідають основним етапам геологічного розвитку даної території, а саме: рифейсько-нижньопалеозойський, мезозойський, крейдово-палеогеновий та неогеновий. Ці комплекси відрізняються за умовами осадконакопичення, тектонічним розвитком і, отже, характером порід-колекторів та порід-покришок, що їх перекривають.

У палеогенових відкладах Внутрішньої зони Передкарпатського прогину виділяються два природні резервуари: олігоценний і палеоцен-еоценний. Роль регіональної покривки для першого з них виконує товща міоценових молас поляницької і воротищенської світ, які повсюдно перекривають відклади палеогену та складені переважно м'якими, пластичними, щільними глинами і аргілітами з невитриманими по площі пропластками пісковиків та алевролітів. Ця товща, у свою чергу, створює сприятливі умови для формування та збереження покладів вуглеводнів у палеогенових відкладах в цілому і зокрема в олігоценних. Для еоцен-палеоценового резервуару роль регіональної покривки виконує низькоомна глиниста товща порід бистрицької світи.

Піщано-алевритові породи продуктивних відкладів палеогену Внутрішньої зони Передкарпатського прогину характеризуються однорідністю мінералогічного складу уламкової частини і належать до мономінеральних кварцових різновидів. Вміст кварцу у них не нижче 90–95 %. Крім зерен кварцу в складі уламкової частини порід присутні зерна польових шпатів 2–3 %, уламки кременистих і кварцитоподібних порід, іноді глинистих сланців, сумарний вміст яких не перевищує 5 %, рідше зустрічаються зерна акцесорних мінералів і лусочки слюди до 1 %. Уламковий матеріал зцементований, цемент переважно змішаного складу, де в різних співвідношеннях зустрічаються переважно глинистий матеріал, а також карбонати, глауконіт, кремениста речовина, рідше барит, пірит. При цьому 3–10 % глинистого матеріалу в цементі здебільшого характерно для порід-колекторів олігоцену, перевага карбонатів у складі цементу спостерігається у породах-колекторах еоцену та палеоцену. Глауконіт у складі цементу зустрічається досить часто, його вміст сягає 1–3 %. Вторинний регенераційний кварц поширений практично у всіх досліджуваних зразках. Сумарний вміст кількості цементного матеріалу в породах-колекторах становить від 1 до 20 %. Поряд з мінеральним цементом уламкові зерна скріплені за рахунок ущільнення. Характер фільтраційно-ємнісних властивостей алевритно-піщаних порід зумовлений їх структурними, текстурними та мінералогічними особливостями, які визначаються умовами осадконакопичення (первинні седиментологічні фактори) і характером постседиментаційних процесів (вторинні зміни).

За умовами утворення породи-колектори нафти і газу Внутрішньої зони Передкарпатського прогину належать до осадових відкладів. За речовинним складом породи теригенного типу, колекторами яких є пісковики, алевроліти у вигляді верств та проверстків з товщинами від кількох сантиметрів до 15 м і більше, залягають серед аргілітів. Вони розділені по розрізу нерівномірно.

Пісковики олігоміктові (кварцу 75–85 %), рідше поліміктові (кварцу 60–70 %), алевроліти кварцові щільні, тонкошаруваті.

Переважаючим типом є порові породи-колектори. Проте високий ступінь тріщинуватості часто зумовлює змішаний тріщинно-поровий тип.

За морфологією порового простору породи-колектори порового типу (міжзернові або гранулярні) з незначними проявами тріщинуватості.

За речовинним складом і фізичними властивостями пісковики та алевроліти подібні між собою, їх відкрита пористість змінюється у діапазоні 0,2–23 %, проникність $(0,01-3) \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. Порові породи-колектори часто мають пористість 8–18 % і проникність до $0,5 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. Цемент у породах глинистий і карбонатний, розподілений нерівномірно. Органічна речовина представлена буро-червоними, а інколи темно-бурими прожилками, безформними видовженими включеннями химерної форми. Інколи у шліфах присутня нафта у вигляді бурих та бурувато-жовтих включень, які пропитують глинистий цемент, частково утворюючи плівки та примазки у порах.

Фіксуються міжзернові, інколи сполучені, а здебільшого напівізолювані, ізолювані пори ізометричної, трикутної форми розмірами 0,01–0,50 мм і у рідкісних випадках до 0,7–1,0 мм. Серед міжзернових контактів найчастіше переважають ізолювані та точкові, рідше лінійні, конформні та інкорпораційні.

Загалом породи-колектори менілітових, еоценних і палеоценних відкладів Внутрішньої зони Передкарпатського прогину вважаються складними, які мають різний мінералогічний склад породотвірних речовин, включаючи високий вміст глинистих мінералів; мають складну структуру порового простору та багатозначну насиченість у межах одного пласта (нафта і газ, нафта і вода, газ і вода).

У результаті проведених нами досліджень було встановлено, що в межах продуктивного розрізу прогину значення як пористості, так і проникності змінюються в дуже широких межах. Тому з метою встановлення причини нерівномірності їх розподілу за розрізом встановлювалась залежність цих властивостей як від первинних (седиментаційних), так і від вторинних (постседиментаційних) факторів.

До первинних факторів, які вивчалися, віднесено зернистість (медіанний діаметр), відсортованість та зрілість гірських порід.

Так, нами встановлено позитивний кореляційний зв'язок між медіанним діаметром зерен та пористістю, коефіцієнт кореляції для якого – 0,56 (рис. 1). При цьому, як показали результати проведених досліджень, погано відсортовані пісковики на відміну від добре відсортованих характеризуються значно меншою пористістю та проникністю.

Відзначається пряма залежність пористості від вмісту уламкового кварцу, яка відображається у зростанні пористості зі зростанням вмісту останнього ($R^2 = 0,55$, рис. 2) за рахунок того, що цей мінерал створює так званий каркас, що позитивно впливає на колекторські властивості породи. З цього стає очевидно, що у більш зрілих пісковиках пористість значно вища, що також позитивно впливає на колекторські властивості порід. У той час як зі зростанням кількості польових шпатів та уламків порід пористість суттєво знижується.

При достатньо великій кількості спостережень ($n > 50$) коефіцієнт кореляції можна вважати достовірним, якщо він перевищує свою похибку в три і більше разів. У нашому випадку критерій Стьюдента (t-критерій) для першої залежності становить 12,05, для другої – 12,97. Зазначені вище розрахунки підтверджують достовірність коефіцієнта кореляції отриманих нами залежностей.

Також нами проведено вивчення вторинних перетворень піщаних порід родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину, під якими розуміється діагенетичні та катагенетичні процеси, що контролюються окисно-відновними і кислотнo-лужними умовами. Встановлено, що для стадії діагенезу характерні зміни мінерального складу, які

відбуваються головним чином через розкладання органічних речовин і появу відновлювального середовища. У той час як породи раннього катагенезу здебільшого є наслідком діагенетичних перетворень. Так, на етапі раннього катагенезу відбувається корозія та розчинення нестійких

мінералів, суттєво зростає кількість пор розчинення польових шпатів та уламків порід, що позитивно відображається на колекторських властивостях порід.

Характерною ознакою стадії катагенезу є суттєве утворення порового мікрокристалічного каолініту, який, утворюючи мікропори, позитивно впливає на колекторські властивості пісковиків досліджуваних відкладів.

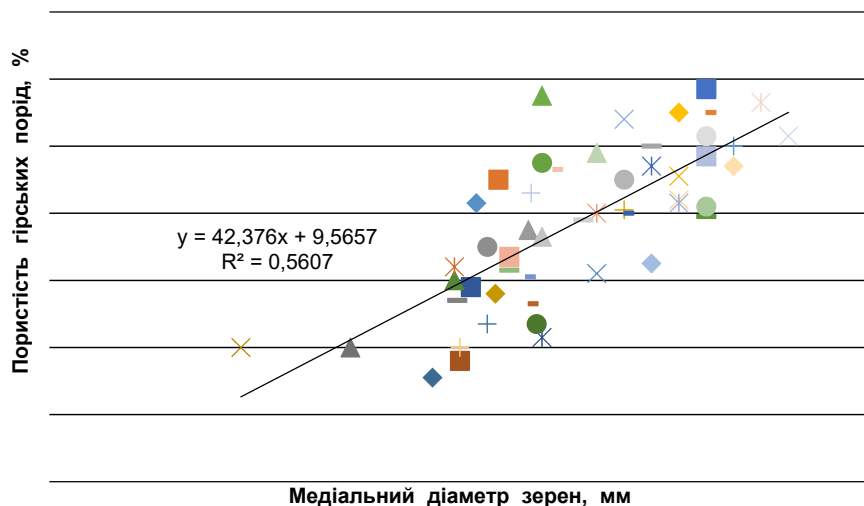


Рис. 1. Графік залежності пористості гірських порід від медіанного діаметру зерен

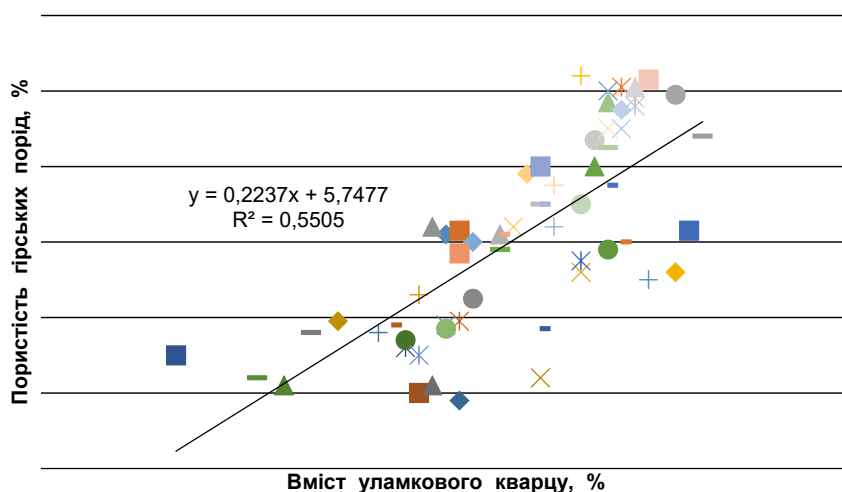


Рис. 2. Графік залежності пористості гірських порід від вмісту уламкового кварцу

Нами проведено вивчення характеру зміни колекторських властивостей порід-колекторів прогину з глибиною їх залягання та встановлено глибинну зональність катагенетичного перетворення теригенних порід, а також простежено стадійність перебудови структури їх порового простору.

Виходячи з того, що якісними показниками катагенетичного перетворення теригенних порід є їх фізичні властивості, було проведено лабораторне вивчення зразків керну із глибоких та надглибоких свердловин прогину та встановлено характер зміни фільтраційно-ємнісних параметрів (відкритої пористості, проникності та об'ємної густини) палеогенових піщано-алевролітових порід-колекторів у діапазоні глибин – від 200 м метрів до 6500 м.

Перший параметр, який нами вивчався, – відкрита пористість. Він розглядався в інтервалі глибин 200–6500 м і дав уявлення про ємнісний потенціал палеогенових порід-колекторів Внутрішньої зони Передкарпатського прогину. Так, у результаті проведених досліджень було встановлено, що зі зростанням глибини залягання

порід відкрита пористість знижується від 32 до 0,6 %, максимальні значення зафіксовані в інтервалах 200–1500 м (від 9 до 28 %), 2450–2900 м (до 13 %) та спостерігались численні зони розущільнення на глибинах понад 4000 м, де серед малоємних пісковиків із загальною пористістю 5–7 % та відкритою 3–5 %, зустрічаються горизонти зі значно вищою загальною пористістю, яка сягає 10–12 % та відкритою пористістю 8–11 %. Між цими інтервалами простежуються зони з низькими (від 0,2 до 6 %) значеннями відкритої пористості із суттєвим її зниженням на глибині 4000 м. У загальному в інтервалі 200–4000 м домінують породи з відкритою пористістю 7–13%, а в інтервалі 4000–6500 м – 0,3–4 %, з окремими горизонтами розущільнення з високими значеннями ємнісно-фільтраційних параметрів. Нами розраховано ємнісний градієнт для палеогенових порід-колекторів в інтервалі глибин 200–4000 м, який становить 0,65 % на 100 м, а в інтервалі глибин 4000–6500 – 0,12% на 100 м.

Наступний параметр, що вивчався, характеризує фільтраційні властивості порід – абсолютна проникність.

Дослідження були проведені зі зразками порід у тому ж глибинному діапазоні, що й відкрита пористість. Як показали результати проведених досліджень, проникність порід-колекторів з глибиною їхнього залягання, як і відкрита пористість піщано-алевритових порід, зменшується змінюючись від $81 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ до $0,01 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. При цьому встановлено, що породи з максимальним значенням проникності фіксуються в діапазоні глибин 200–1500 м та 2450–2900 м (до $81 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$), між цими інтервалами простежуються зони розвитку порід з низькими фільтраційними властивостями (від менше $0,01$ до $8 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$), суттєве зменшення параметру відзначене на глибині 4000 м. Нами розраховано загальний фільтраційний градієнт для піщано-алевролітових порід прогину, який в інтервалі глибин 200–4000 м становить $0,5 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ на 100 м, а в інтервалі глибин 4000–6500 м – $0,3 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ на 100 м.

Враховуючи те, що гірський або літостатичний тиск визначається густиною порід, то відповідно наступний параметр, який нами досліджувався – об'ємна густина палеогенових порід. Вивчена вона в діапазоні глибин 200–6500 м і варіює у дуже широких межах. У результаті встановлено, що зі зростанням глибини залягання густина гірських порід закономірно зростає від 2320 кг/м^3 на глибині 200 м і до максимальних її значень 2700 кг/м^3 на глибині 6500 м. Найбільша кількість порід-колекторів з мінімальними значеннями об'ємної густини спостерігається у діапазоні глибин 200–1500 м, 2450–2900 м (до 2460 кг/м^3). Градієнт густини гранулярних порід-колекторів в інтервалі 200–6500 м становить 19 кг/м^3 на 100 м.

Також проведено вивчення піщано-алевролітових порід з метою оцінки ступеня розвитку перетворення уламкового матеріалу піщано-алевритових порід з глибиною та з'ясовано картину катагенетичних їх змін на різних глибинах.

Так, розглядаючи динаміку розвитку катагенетичних структур вниз по розрізу свердловин, зроблено висновок про порівняно поступове посилення ролі трьох видів структур: інкорпораційних, регенераційних (рис. 3), мікростилітових (рис. 4) та зниження ролі конформних структур (рис. 5) зі збільшенням глибини залягання порід.

Встановлено, що перетворення уламкового матеріалу досягає найбільшого розвитку в розрізі свердловин на глибинах більше 4000 м, в умовах високого тиску і температури, які впливають на зовнішній вигляд піщаних порід, додаючи йому кварцитоподібний характер (рис. 6).

При дослідженні шліфів встановлено, що до глибини 4000 м у структурі піщано-алевритових палеогенових порід переважають конформні структури і наявні одиничні горбкуваті мікростиліти. Цю зону віднесено нами до зони середнього катагенезу. На глибинах понад 4000 м мікроскопічно спостерігаються уже численні горбкуватозазублені мікростилітові поверхні, які супроводжуються зміною уламкових зерен і цементу, що призводить до зниження міжгранулярної пористості порід та зумовлює низькі колекторські показники. Це, у свою чергу, свідчить про перехід до зони, яка відрізняється складнішими змінами структури порового простору – зони пізнього катагенезу.

У зоні пізнього катагенезу в умовах великих глибин напружений стан катагенетично перетворених порід масивної, зливної текстури (рис. 7), сприяє утворенню численних мікротріщин при частковому порушенні цілісності матриці, що зумовлює формування зон розуцільнення порід на глибинах понад 4000 м з високими параметрами колекторських властивостей.



Рис. 3. Пісковик кварцовий, середньо-дрібнозернистий, алевритистий. Регенераційно-інкорпораційні структури на контактах зерен кварцу. Свердловина 75-Завода. Інтервал 4520–4524 м. Нік. +; $\times 70$



Рис. 5. Пісковик кварцовий, дрібнозернистий. Конформні структури на контактах зерен кварцу. Свердловина 4-Новосхідниця. Інтервал 1951–1953 м. Нік. II, $\times 50$

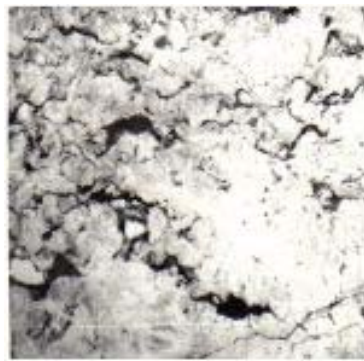


Рис. 4. Пісковик кварцовий, дрібнозернистий з мікростилітовими поверхнями. Свердловина 419-Новоселиця. Інтервал 6193–6195 м. Нік. II, $\times 50$

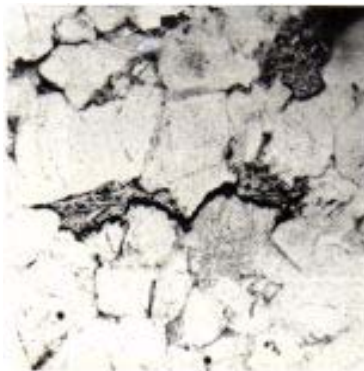


Рис. 6. Пісковик кварцовий, дрібнозернистий. Структури ковзання вздовж мікростилітового шва. Свердловина 1-Луги. Інтервал 6228–6229 м. Нік. II, $\times 70$

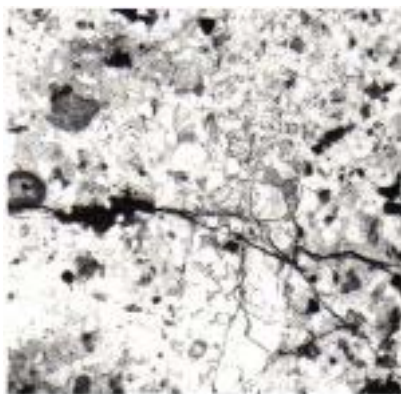


Рис. 7. Пісковик. Мікротріщини пізньої генерації.
Свердловина 5-Новосхідниця.
Інтервал 5200–5202 м. Нік. II, x70

Висновки. У статті вивчено та встановлено залежності фільтраційно-ємнісних властивостей порід, як від первинних (седиментаційних), так і від вторинних (постседиментаційних) факторів.

До первинних факторів, які нами вивчалися, було віднесено зернистість (медіанний діаметр зерен), відсортованість та зрілість порід. У результаті встановлено позитивний кореляційний зв'язок між медіанним діаметром зерен гірських порід та їх пористістю (коефіцієнт кореляції 0,56). При цьому встановлено, що погано відсортовані пісковики на відміну від добре відсортованих характеризуються значно меншою пористістю та проникністю.

Виявлено пряму залежність пористості гірських порід від вмісту уламкового кварцу та з'ясовано, що у більш зрілих пісковиках пористість значно вища, що, у свою чергу, позитивно впливає на колекторські властивості порід.

Щодо вторинних перетворень піщаних порід, то у результаті проведених досліджень встановлено, що для стадії діагенезу характерні зміни мінерального складу, які зумовлені переважно розкладанням органічних речовин і появою відновлювального середовища. А утворення раннього катагенезу є наслідком діагенетичних перетворень, які породжують їх на якісно новому рівні (корозія та розчинення нестійких мінералів, зростання кількості пор розчинення польових шпатів та уламків порід), що позитивно відображається на колекторських властивостях порід.

Вивчено характер зміни колекторських властивостей порід-колекторів з глибиною їх залягання, встановлено глибинну зональність катагенетичного перетворення теригенних порід та простежено стадійність перебудови структури їх порового простору. Оцінено та встановлено ступінь розвинутої структури перетворення уламкового матеріалу піщано-алевритових порід прогину з глибиною їх залягання та з'ясовано картину катагенетичних їх змін на різних глибинах. У результаті проведених досліджень зроблено висновок про порівняно поступове посилення ролі трьох видів

структур: інкорпораційних, регенераційних, мікростилітових та зниження ролі конформних структур зі збільшенням глибини залягання порід. Виявлено, що у зоні пізнього катагенезу, в умовах великих глибин, напружений стан катагенетично перетворених порід масивної текстури сприяє утворенню численних мікротріщин, що зумовлює формування зон розуцільнення порід на глибинах понад 4 км, які характеризуються високими параметрами їх колекторських властивостей.

У цілому ж проведені дослідження показали, що вивчення вторинних змін продуктивних відкладів, на сьогодні повинні бути невід'ємною частиною сучасних літологічних досліджень, що має суттєве значення при прогнозуванні зон з покращеними колекторськими властивостями порід і є вагомим передумовою для проведення дорозвідки відкладів на великих глибинах.

Список використаних джерел

- Бойко, Г.Е. (1989). Тектоногенез и нефтегазоносность осадочных бассейнов. К.: Наукова думка.
Вялов, О.С. (1961). Палеогеновый флиш северного склона Карпат. К.: Изд-во АН УССР.
Вялов, О.С., Буров, В.С., Каретников, Л.Г. (1966). Некоторые вопросы геологии и перспектив нефтегазоносности Передкарпатского прогиба. *Геология нефти и газа*, 6, 49-53.
Доленко, Г.Н., Бойчевская, Л.Т. (1984). Геологические формации нефтегазоносных провинций Украины. К.: Наукова думка.
Доленко, Г.Н., Ярош, Б.І. (1969). Закономерности нефтегазоносности Передкарпатского и Закарпатского прогибов. К.: Наукова думка.
Дорофеева, Т.В. (1986). Тектоническая трещиноватость горных пород и условия формирования трещинных коллекторов нефти и газа. Л.: Недра.
Манюк, М.І., Маевський, Б.І., Хомин, В.Р. (2011а). Прогнозування колекторських властивостей нижньокрейдових порід Скибової зони Карпат. *Науковий вісник ІФНТУНГ*, 1, 5-8.
Манюк, М.І., Маевський, Б.І., Хомин, В.Р., Здерка, Т.В., Захарук, І.І. (2011б). Вплив вторинних змін на колекторські властивості глибокозанижених порід-колекторів Внутрішньої зони Передкарпатського прогину. *Науковий вісник ІФНТУНГ*, 2, 5-12.

References

- Boiko, G.Y. (1989). Tectonogenesis and the Oil-and-gas Content of Sedimentary Basins. Kyiv: Naukova Dumka. [in Russian]
Dolenko, G.N., Boichevskaya, L.T. (1984). The Geological Formations of the Oil and Gas Provinces of Ukraine. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian]
Dolenko, G.N., Yarosh, B.I. (1969). The Regularities of the Oil-and-gas Content of the Precarpathian and Zakarpattia Depressions. Kyiv: Naukova Dumka. [in Ukrainian]
Dorofeeva, T.V. (1986). The Tectonic Cleavage of Rocks and Formation Conditions of Oil and Gas Fractured Reservoir Rocks. Leningrad: Nedra. [in Russian]
Maniuk, M.I., Maievskiy, B.Y., Khomyn, V.R. (2011a). Predicting the Reservoir Properties of the Lower Cretaceous Rocks of the Skyba Zone of the Carpathians. *Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*, 1, 5-8. [in Ukrainian]
Maniuk, M.I., Maievskiy, B.Y., Khomyn, V.R., Zderka, T.V., Zakharuk, I.I. (2011b). The Impact of the Secondary Alteration on the Properties of the Deep Reservoir Rocks of the Interior of the Precarpathian Depression. *Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*, 2, 5-12. [in Ukrainian]
Vialov, O.S. (1961). The Paleogene Flysh of the Northern Slope of the Carpathians. Kyiv: AN USSR. (In Russian).
Vialov, O.S., Burov, V.S., Karetnikov, L.G. (1966). Some Questions of Geology and Prospects of the Oil-and-gas Content of the Precarpathian Depression. *Oil and Gas Geology*, 6, 49-53. [in Russian]

Надійшла до редколегії 07.06.19

V. Khomyn, Dr. Sci. (Geol.), Prof.;
M. Maniuk, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof.;
O. Maniuk, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof.;
A. Popluiko, Cand. Sci. (Geol.-Min.), Assoc. Prof.;
N. Khovanets, Assist. Prof.
E-mail: xbp1381@gmail.com;
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
15 Karpatska Str., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine

THE INFLUENCE OF SEDIMENTATION AND POST-SEDIMENTATION TRANSFORMATIONS ON THE RESERVOIR PROPERTIES OF THE ROCKS

The topicality of the research is proved by the scientific evidence of the peculiarities of the sedimentation and post-sedimentation transformations of the rocks in relation to their possible oil and gas content.

The productive sediments of the deposits of the interior of the Precarpathian Depression were thoroughly and lithologically researched. The objective implied the study and recognition of the reservoir properties within primary (sedimentation) and secondary (post-sedimentation) factors.

The primary ones are as follows: granularity (grains median diameter), sorting, and rock maturity. Consequently, a positive correlation between the grains median diameter and rock porosity has been determined; the very coefficient equals 0.56. Evidently, unlike the well-sorted sandstones, the badly graded ones are marked by poor porosity and permeability.

The positive correlation between porosity and clastic quartz content is revealed: should the latter increase, the former will go up as well. Apparently, more mature sandstones are characterized by dramatically high porosity; this factor positively affects the reservoir properties of the rocks.

After studying the secondary transformations of the sandy rocks, we have determined that the diagenesis stage is defined by the change of mineral composition. This alteration is mainly caused by organic material decomposition and the appearance of reducing environment.

Considering the cover thickness, we have graded the transformations of the fragments of the sandy-aleuritic rocks of the depression. The pattern of the catagenetic changes at various depths has been introduced. In the end, we have inferred that the increasing depth starts influencing the three types of the structures, i.e. incorporating, reclaiming and microstilolite rather gradually. In addition, the declining importance of the conformal structures has been identified. The stress pattern of the catagenetically transformed solid rocks promotes the microfracture within the late catagenesis zones; this factor predetermines the development of decompression zones at the depths exceeding 4 km characterised by good reservoir properties.

Keywords: reservoir properties, porosity, permeability, correlations.

В. Хомин, д-р геол. наук, проф.;

М. Манюк, канд. геол. наук, доц.;

О. Манюк, канд. геол. наук, доц.;

А. Поллюйко, канд. геол.-минералог. наук, доц.;

Н. Хованец, ассист.

E-mail: xbp1381@gmail.com;

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа,

ул. Карпатская, 15, г. Ивано-Франковск, 76019, Украина

ВЛИЯНИЕ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ И ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ НА КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Актуальность исследований обусловлена научным обоснованием особенностей седиментационных и постседиментационных преобразований горных пород в связи с возможной их нефтегазоносностью.

Проведены подробные литологические исследования продуктивных отложений месторождений нефти и газа Внутренней зоны Предкарпатского прогиба. Цель исследований состояла в изучении и установлении зависимости фильтрационно-емкостных свойств пород как от первичных (седиментационных), так и вторичных (постседиментационных) факторов.

К первичным факторам, которые нами изучались, отнесены зернистость (медианный диаметр зерен), отсортированность и зрелость пород. В результате проведенных исследований установлена положительная корреляционная связь между медианным диаметром зерен и пористостью горных пород, коэффициент корреляции 0,56. Установлено, что плохо отсортированные песчаники, в отличие от хорошо отсортированных, характеризуются значительно меньшей пористостью и проницаемостью.

Выявлена прямая зависимость пористости пород от содержания обломочного кварца. Установлено, что в более зрелых песчаниках пористость значительно выше, что в свою очередь положительно влияет на коллекторские свойства горных пород.

В результате изучения вторичных преобразований песчаных пород установлено, что для стадии диагенеза характерны изменения минерального состава, обусловленные, в основном, разложением органических веществ и появлением восстановительной среды.

Оценена степень развития структур преобразования обломочного материала песчано-алеуритовых пород прогиба с глубиной их залегания и выяснена картина их катагенетических изменений на разных глубинах. В результате проведенных исследований сделан вывод о сравнительно постепенном усилении роли трех видов структур: инкорпорационных, регенерационных, микростилолитовых и снижении роли конформных структур с увеличением глубины залегания пород. При этом в зоне позднего катагенеза, в условиях больших глубин, напряженное состояние катагенетически преобразованных пород массивной текстуры, способствует образованию многочисленных микротрещин, что приводит к формированию зон разуплотнения пород на глубинах более 4 км, характеризующихся высокими параметрами их коллекторских свойств.

Ключевые слова: фильтрационно-емкостные параметры, пористость, проницаемость, корреляционные зависимости.

ГЕОФІЗИКА

УДК 550.832.5

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.03>

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-142, 03680, Україна;
С. Данилів, директор;
В. Зіненко, пров. інженер-електронник;
М. Лось, пров. інженер-конструктор;
E-mail: info@ukrspecpribor.com.ua,
ТОВ "Укрспецприбор",
вул. Западиська, 5, м. Київ, 04123, Україна

**АПАРАТУРНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАФТОГАЗОВИХ КОЛЕКТОРІВ
У ПРОЦЕСІ БУРІННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СВЕРДЛОВИН**

(Представлено членом редакційної колегії канд. геол. наук, ст. наук. співроб. І.М. Безродною)

Розглянуто основні положення нового для України напрямку геофізичних досліджень у свердловинах (ГДС) – каротаж у процесі буріння (logging while drilling – LWD). Технологія LWD має ряд переваг перед іншими видами ГДС, зокрема при дорозвідці та видобуванні вуглеводнів на родовищах, що перебувають у тривалій експлуатації. При цьому важливе значення має буріння горизонтальних свердловин, які за продуктивністю значно переважають вертикальні.

Для дослідження горизонтальних свердловин нами запропоновано універсальний компактний прилад радіоактивного каротажу малого діаметра, який встановлюють у цільній бурильній трубі безпосередньо перед бурінням. Комбінований прилад LWD-КПРК-48 (діаметром 48 мм) містить двозондові пристрої нейтрон-нейтронного, нейтрон-гамма і густинного гамма-гамма каротажу та розміщений окремо блок гамма-каротажу. Зі створеним комбінованим приладом проведено градувальні роботи на фізичних моделях пластів-колекторів за наявності бурильних труб і побудовано відповідні градувальні залежності від пористості та густини. На основі градувальних залежностей отримано калібрувальні (інтерпретаційні) функції, які разом з розробленими способами та іншими даними дозволяють визначати розширену сукупність петрофізичних параметрів, а саме пористість, водо-, нафто- і газонасиченості колекторів, параметри ідентифікації флюїду: вода – нафта і вода – газ, коефіцієнти нафтонасиченості, газонасиченості і водонасиченості, об'ємний вміст нафти, газу та ін.

Випробування каротажного приладу LWD-КПРК-48 при бурінні горизонтальної свердловини в нафтоносному пласті показало високу інформативність та дієздатність розробки. Створений апаратурно-методичний комплекс для дослідження горизонтальних нафтогазових свердловин у процесі їх буріння має ряд переваг перед відомими аналогами, зокрема, є універсальним, зручним, більш доступним для добувних та каротажних нафтогазових компаній.

Ключові слова: каротаж у процесі буріння, горизонтальні свердловини, нафтогазові колектори, комбінований прилад радіоактивного каротажу, інтерпретаційно-методичне забезпечення, петрофізичні параметри.

Вступ. Одним із реальних і відносно швидких та малозатратних шляхів збільшення видобутку нафти і газу в Україні є дорозвідка і виявлення нових об'єктів на родовищах, що перебувають у тривалій експлуатації.

Зокрема, значного поширення у світовій практиці набуло буріння бокових відгалужень раніше створених свердловин з переходом на горизонтальне буріння вздовж нерозроблених пластів-колекторів, у тому числі малої потужності. На практиці встановлено, що горизонтальні свердловини за продуктивністю значно переважають вертикальні (Hill et al., 1996). Крім того, за допомогою бокових і горизонтальних свердловин зручно відбирати вуглеводні з відносно невеликих локальних відкладів у межах старих родовищ.

Важливе місце в технологіях розвідки і видобування вуглеводнів займають вимірювання в процесі буріння (англ. measurements while drilling – MWD). Пристрої і методи MWD використовують для навігації при бурінні, для отримання механічних параметрів (обертальний момент, тиск на породу, швидкість проходки та ін.) До MWD відносять реєстрацію параметрів гамма-випромінювання порід (наприклад, для контролю буріння в межах заданого горизонтального пласта), а також передачу і приймання результатів вимірювань у реальному часі в процесі буріння.

Із MWD в окремий напрям виділені геофізичні дослідження порід під час проходки вертикальних, похилих і горизонтальних свердловин. Каротаж у процесі буріння (англ. logging while drilling – LWD) з метою отримання даних про петрофізичні параметри пластів-колекторів у режимі реального часу є відносно новою технологією

геофізичних досліджень у свердловинах (ГДС). Ця технологія продовжує інтенсивно розвиватись у зв'язку з низкою переваг порівняно з іншими підходами до ГДС.

Комерційне впровадження технології LWD передові західні фірми почали в кінці 80-х – на початку 90-х років минулого століття (Allen et al., 1989; Bonner et al., 1992; Ellis and Singer, 2008), у Росії – значно пізніше ("Прибор 2ННК-ГГКлп-LWD-121", 2014). В Україні перший прилад для каротажу в процесі буріння (модуль двозондового нейтрон-нейтронного каротажу за тепловими нейтронами 2ННКт) було створено, випробувано і впроваджено у 2015 р. фірмою ТОВ "Укрспецприбор" (Модуль 2ННКт-LWD. Руководство по эксплуатации, 2014). З 2017 р. цією фірмою разом з Інститутом геофізики НАН України розпочато роботи зі створення оригінального апаратурно-методичного комплексу радіоактивного каротажу (РК) для LWD-досліджень, що включає нейтрон-нейтронний каротаж (ННК), нейтрон-гамма каротаж (НГК), густинний гамма-гамма каротаж (ГГК) і інтегральний гамма-каротаж (ГК).

Порівняно з приладами на кабелі, каротажні пристрої для LWD перебувають у несприятливих умовах сильних механічних навантажень – вібрації, ударів, обертань тощо, а також високої температури, протягом тривалого часу проведення буріння. Це ставить особливі вимоги до конструкції LWD-пристроїв, а також вимагає стійких до механічних впливів детекторів та інших елементів, введення амортизаційних елементів всередині захисного кожуха і при установці LWD-пристроїв у бурильній трубі (БТ).

Передача результатів вимірювань також має свою специфіку. Способи передачі інформації безпосередньо

під час буріння включають цифрове кодування і передачу даних на поверхню, здебільшого через промислову рідину за допомогою імпульсів тиску. Така телеметрія є досить повільною і обмеженою за об'ємом інформації, тому в реальному часі передається мінімальна кількість параметрів (дані навігації і ГК, пористість, густина колектора) (Ellis and Singer, 2008).

Весь обсяг інформації при LWD записують в автономний накопичувальний пристрій всередині приладу LWD і отримують повні дані вимірювань після підняття бурової колони на поверхню. Після цього виконується повна обробка отриманих результатів та їх інтерпретація. Такий підхід здебільшого є достатньо оперативним для кількісної оцінки повного набору петрофізичних параметрів колекторів та інших даних.

Мета статті – обґрунтування раціонального комплексу методів РК для комплексного визначення петрофізичних параметрів нафтогазових колекторів при LWD-вимірюваннях, розроблення нового підходу до способу здійснення LWD-вимірювань, створення відповідного універсального комбінованого приладу РК та його випробування.

Комплекс радіоактивних методів для LWD. До методів радіоактивного каротажу, які можна застосувати при LWD, належать: ННК, ГГК, ГК, а також НГК (останній у зарубіжних фірмах не використовувався). Застосування методів РК в LWD-технології ґрунтується на високій інформативності комплексу цих методів та можливості створення комбінованих приладів для проведення вимірювань в умовах буріння.

Застосуванню методів РК при LWD сприяє також практична відсутність зони проникнення фільтрату бурового розчину в пласт, відсутність зони колюментації та глинистої кірки.

Методи РК добре розвинуті і широко використовуються у каротажі на кабелі (Кузнецов и Поляченко, 1990; Ellis and Singer, 2008). У принциповому плані, обґрунтування і застосування методів РК при різних видах каротажу мають спільні риси. Однак технічні умови для LWD, апаратурне втілення, метрологічні і методичні особливості, способи передачі інформації істотно відрізняються від каротажу на кабелі.

Метод ННК реалізують у вигляді двозондового варіанта (2ННК). Це дає можливість використати відношення показань меншого (МЗ) і більшого (БЗ) зондів – спосіб компенсаційного нейтронного каротажу (КНК). Спосіб КНК дозволяє значною мірою нівелювати вплив ряду факторів при визначенні пористості (Кузнецов и Поляченко, 1990; Хаматдинов и др., 1989). При цьому для оцінки характеру насичення інформативним може бути також використання індивідуальних зондів (однозондовий нейтрон-нейтронний каротаж – 1ННК) у комплексі з КНК.

Це ж саме стосується і методу НГК (компенсаційний нейтрон-гамма каротаж (КНГК), 1НГК).

Для реалізації методів ННК і НГК використовують Pu-Be або Am-Be джерела нейтронів.

Використання методу густинного каротажу ГГК при LWD має свої особливості у зв'язку зі значною товщиною стінок бурових труб. Західні і услід за ними російські фірми (LWD-ADN tool, 2003; Прибор 2ННК-ГГКпп-LWD-121, 2014) пішли шляхом створення "вікон" у буровій трубі навпроти детекторів і джерела гамма-квантів. При цьому "приладом" служить сама труба з вмонтованими в ній датчиками, а джерелом гамма-квантів – ізотоп ^{137}Cs .

Комбіновані прилади РК на основі бурової труби є досить громіздкими і важкими (наприклад, прилад LWD-ADN (LWD-ADN tool, 2003) має довжину 6,6 м, вагу 907 кг), що створює незручності при роботі з такими приладами як на фізичних моделях, так і при свердловинних вимірюваннях.

Для дослідження горизонтальних свердловин нами запропоновано інший підхід: використання легкого компактного універсального приладу РК малого діаметра, який встановлюють в цільний БТ безпосередньо перед бурінням. Комбінований прилад РК містить двозондовий пристрій 2ННК, 2НГК і 2ГГК (та окремо ГК), що дозволяє визначати потрібну сукупність параметрів пластів-колекторів.

Визначувані петрофізичні та інші параметри. Використання порізної індивідуальності методів РК не дозволяє визначити необхідну сукупність петрофізичних та інших параметрів нафтогазових колекторів. У той же час комплексне застосування методів РК, зокрема комплекс ГК, ННК, НГК і ГГК, дає можливість отримати кількісні значення більшості практично важливих параметрів.

1. Параметри інтегрального гамма-каротажу (ГК).

1.1. Потужність експозиційної дози (або показання ГК в одиницях API).

1.2. Швидкість лічби гамма-квантів як фон для детекторів ГГК і НГК.

1.3. Відносний різницевий параметр ГК (використовуються показання ГК у вигляді 1.1 або 1.2).

2. Параметри глинистості.

2.1. Загальна масова глинистість за ГК.

2.2. Масовий вміст глинистих мінералів за ГК.

2.3. Загальна об'ємна глинистість за комплексом ГК+ГГК.

2.4. Об'ємний вміст глинистих мінералів за комплексом ГК+ГГК.

3. Параметри густини породи.

3.1. Загальна густина за ГГК.

3.2. Густина твердої фази водонасичених колекторів за ГГК + (КНК+ГК).

4. Позірна пористість.

4.1. Нейтронна пористість за КНК (включає зв'язану воду глинистих мінералів).

4.2. Нейтронна пористість за 1ННК (включає зв'язану воду глинистих мінералів і вплив мінералізації порового флюїду).

4.3. Пористість за КНК для газових колекторів.

4.4. Пористість за (КНК+ГК) для газових колекторів.

4.5. Пористість з використанням ГГК для газових колекторів.

4.6. Пористість з використанням 2НГК – аналогічно 2ННК.

5. Загальна (істинна) пористість.

5.1. Пористість водо- і нафтонасичених колекторів за (КНК+ГК).

5.2. Пористість водо- і нафтонасичених колекторів за ГГК.

5.3. Пористість газонасичених колекторів за (КНК+ГК)+ГГК.

6. Характер насичення колекторів.

6.1. Параметр ідентифікації вода – газ за комплексом (КНК+ГК)+ГГК.

6.2. Параметр ідентифікації вода – нафта за комплексом (КНК+1НГК).

6.3. Характер насичення вода – нафта за комплексом (1ННК+1НГК).

7. Коефіцієнти флюїдонасиченості.

7.1. Коефіцієнт газонасиченості за комплексом (КНК+ГК)+ГГК.

7.2. Коефіцієнт нафтонасиченості за комплексом (КНК+ГК)+1НГК.

7.3. Коефіцієнт водонасиченості газових колекторів за комплексом (КНК+ГК)+ГГК; нафтових колекторів за комплексом (КНК+ГК)+1НГК.

8. Об'ємний вміст вуглеводнів.

8.1. Об'ємний вміст газу за комплексом (КНК+ГК)+ГГК.

8.2. Об'ємний вміст нафти за комплексом (КНК+ГК)+1НГК.

Комбінований прилад радіоактивного каротажу LWD-КПРК-48. Відомий підхід до конструкції приладів LWD (Ellis and Singer, 2008; LWD ADN tool, 2003) полягає в тому, що компоненти РК вмонтовані в БТ з колімаційними вікнами для джерела ^{137}Cs і детекторів ГГК (тобто "приладом" для LWD служить модифікована БТ). Такий підхід дозволяє виконувати літолого-густинний каротаж (ГГКлг).

Для LWD горизонтальних свердловин (з відносно тонкостінними БТ) ми пішли по шляху створення універсального комбінованого приладу діаметром 48 мм, який вставляється у відповідну бурильну трубу. Реалізація такого приладу можлива, як показали виконані експериментальні роботи, якщо в пристрої густинного ГГК замість джерела ^{137}Cs (енергія гамма-квантів $E_0 = 0,66 \text{ MeV}$) використати джерело ^{60}Co з більш високою енергією $E_0 = 1,17$

і $1,33 \text{ MeV}$. Використання джерела ^{60}Co значно збільшує проникність гамма-квантів і глибинність густинного ГГК.

Комбінований прилад радіоактивного каротажу LWD-КПРК-48 складається із двох компонентів: модуль 2ННК+2НГК і модуль 2ГГК. Модульна конструкція зручна для проведення градувальних робіт на фізичних моделях гірських порід, при транспортуванні, обслуговуванні тощо. Перед установкою в бурильну трубу модулі з'єднують і прилад центрують в БТ за допомогою спеціальних центраторів-амортизаторів.

Загальна довжина приладу LWD-КПРК-48 – 4100 мм; вага – 24 кг; робочий діапазон температур – від -10°C до $+150^\circ\text{C}$; максимальний гідростатичний тиск – 80 МПа.

На рис. 1 представлено схеми модуля 2ННК+2НГК і модуля 2ГГК.

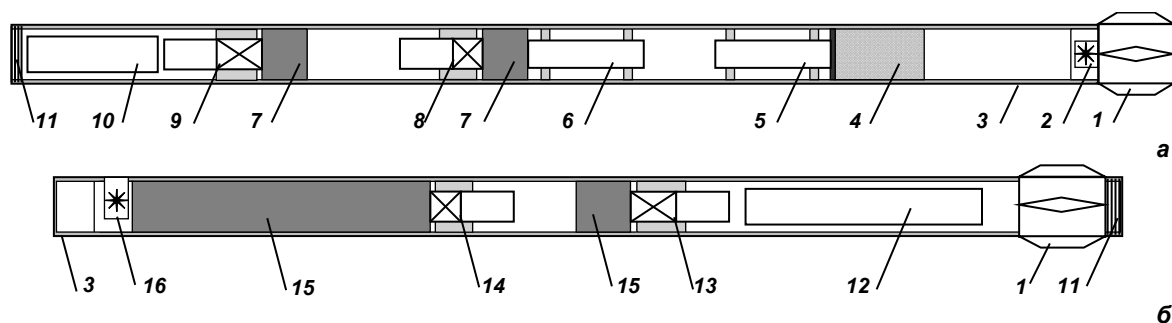


Рис. 1. Схема приладу LWD-КПРК-48: а – модуль 2ННК+2НГК; б – модуль 2ГГК.

1 – центратори-амортизатори, 2 – джерело нейтронів, 3 – кожух приладу, 4, 7 – екрани, 5 – детектор нейтронів МЗ ННК, 6 – детектор нейтронів БЗ ННК, 8 – детектор гамма-квантів МЗ НГК, 9 – детектор гамма-квантів БЗ НГК, 10 – блок електроніки, 11 – роз'єм модулів, 12 – блок пам'яті, 13 – детектор гамма-квантів БЗ ГГК, 14 – детектор гамма-квантів МЗ ГГК, 15 – екрани, 16 – джерело гамма-квантів

Елементи інтерпретаційно-методичного забезпечення. Для градування модуля 2ГГК приладу КПРК було створено повномасштабні фізичні моделі густини гірських порід, а для градування модуля 2ННК+2НГК використано існуючі фізичні моделі пористості пластів-колекторів (Звольський та ін., 2008). Фізичне моделювання проводилось з двома бурильними трубами, які центровані в свердловині: БТ 1 – зовнішній діаметр 120 мм, товщина стінки 25 мм; БТ 2 – зовнішній діаметр 89 мм, товщина стінки 12,5 мм.

На рис. 2 представлено градувальні залежності для ННК (а) і НГК (б) від пористості, для ГГК (в) від густини та для ГГК від загальної масової глинистості і масового вмісту глинистих мінералів (Кулик та ін., 2015).

Як видно з рис. 2, прилад LWD-КПРК-48 характеризується достатньо високою чутливістю до шуканих параметрів за наявності бурильних труб, які використовуються при горизонтальному бурінні.

Для визначення петрофізичних параметрів газонасних і нафтоносних гірських порід за комплексом РК групою ядерної геофізики ІГФ НАНУ створено відповідні способи (Кулик та Бондаренко, 2005; 2010; Кулик та ін., 2014; Bondarenko and Kulyk, 2017), які є основою для розробки інтерпретаційно-методичного забезпечення приладу КПРК-48 з урахуванням умов проведення LWD.

Випробування приладу LWD-КПРК-48. Комбінований прилад радіоактивного каротажу для дослідження нафтогазових свердловин у процесі буріння було випробувано на горизонтальній ділянці пласта-колектора, який за попередніми даними оцінено як нафтоносний.

Номинальний діаметр горизонтальної свердловини становив 156 мм, діаметр бурильної труби 120 мм. Прилад LWD-КПРК-48 з джерелом нейтронів $^{238}\text{Pu-Be}$ і джерелом гамма-квантів ^{60}Co центровано в бурильній трубі. Блок ГГК розміщено поза приладом в системі MWD.

На рис. 3 представлено каротажні дані для окремих зондів ГГК, НГК і ННК, а також пористість за КНК, що отримані на певній ділянці горизонтальної свердловини. Із рис. 3 видно, що представлені дані (у тому числі зонд ГГК) відображають зміну властивостей горизонтального пласта-колектора: збільшення пористості веде до зменшення показань ННК і НГК, а відповідне зменшення густини збільшує показання ГГК.

На рис. 4 приведено кросплот, який дозволяє за комплексом НГК+ННК оцінити характер насичення вода – нафта вздовж окремих ділянок горизонтального пласта-колектора. Кросплот підтверджує наявність нафтонасичення при каротажі в процесі буріння горизонтальних свердловин. Із кросплоту видно, що поряд з високим нафтонасиченням мають місце ділянки з проміжним і низьким нафтонасиченням.

Висновки. У результаті співпраці дослідно-конструкторського підприємства (ТОВ "Укрспецприбор") і наукової установи (Інститут геофізики НАН України) розроблено апаратурно-методичний комплекс для визначення основних петрофізичних параметрів нафтогазових колекторів при каротажі в процесі буріння горизонтальних свердловин. Комплекс дозволяє визначати: пористість водо-, нафто- і газонасичених колекторів, параметр ідентифікації вода – нафта, параметр ідентифікації вода – газ, коефіцієнт нафтонасиченості, коефіцієнт газонасиченості, об'ємний вміст нафти, об'ємний вміст газу та ін.

Зі створеним комбінованим приладом радіоактивного каротажу LWD-КПРК-48 проведено роботи на фізичних моделях пластів-колекторів за наявності бурильних труб і побудовано градувальні залежності від пористості і густини. На їх основі отримано калібрувальні (інтерпретаційні) залежності, які разом з іншими даними дозволяють визначати розширену сукупність петрофізичних параметрів.

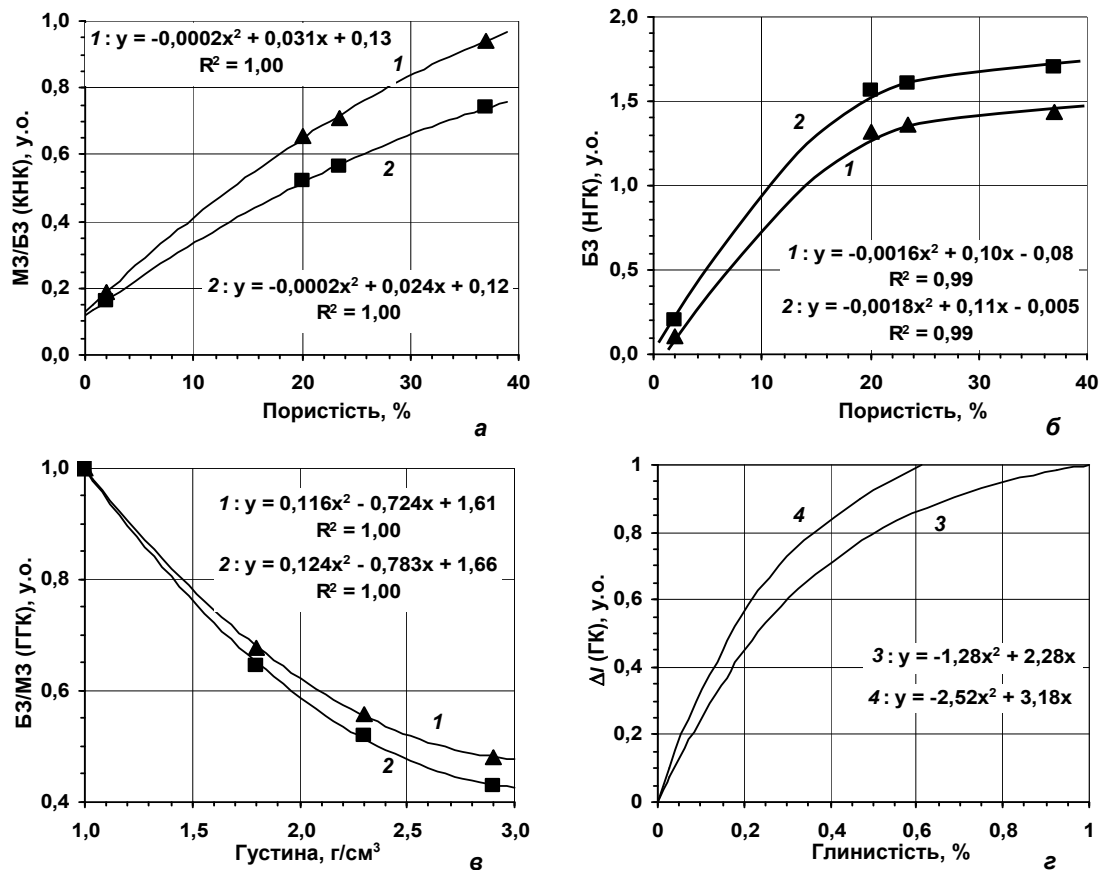


Рис. 2. Градувальні залежності для приладу LWD-КПРК-48.

Діаметр бурової труби: 1 – 120 мм, 2 – 89 мм. а – відношення показань зондів ННК від пористості; б – показання більшого зонда НГК від пористості; в – відношення показань зондів ГГК від густини; г – відносний різницеєвий параметр ГГК від загальної масової глинистості (3) і від масового вмісту глинистих мінералів (4)

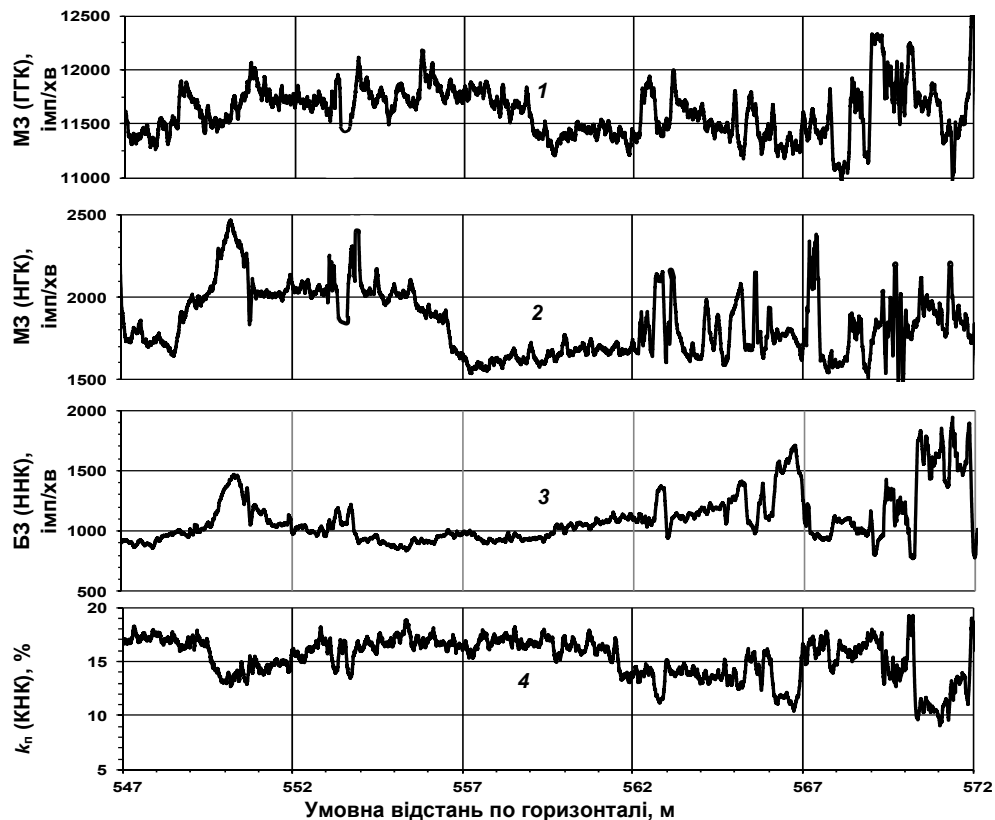


Рис. 3. Результати каротажу в процесі буріння горизонтальної свердловини (ДДЗ, Полтавська обл.)

Прилад LWD-КПРК-48. 1 – показання меншого зонда ГГК, 2 – показання меншого зонда НГК, 3 – показання більшого зонда ННК, 4 – пористість за способом КНК

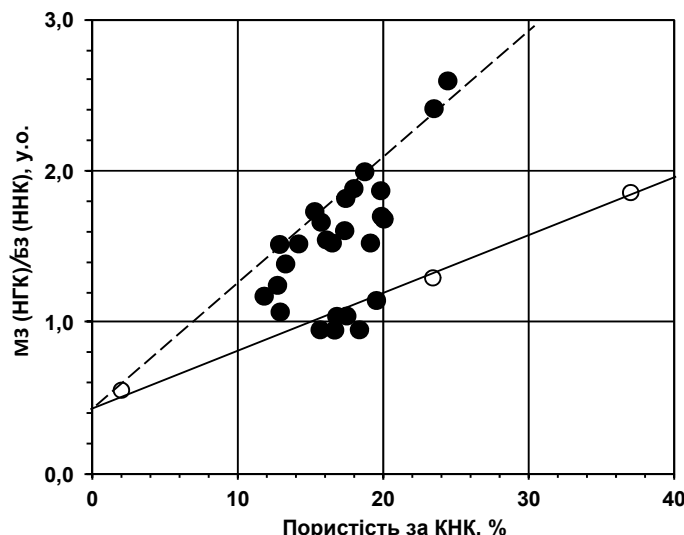


Рис. 4. Оцінка характеру насичення в горизонтальній свердловині (ДДЗ, Полтавська обл.).

Поінтервальний кроссплот: пористість за КНК ↔ відношення показань МЗ(НГК)/БЗ(ННК);

● – свердловинні дані; ○ – фізичні моделі пластів-колекторів, насичені прісною водою;

--- – лінія мінералізованої води ($C_{NaCl} \sim 200$ г/л); — – лінія нафти (прісної води)

Випробування приладу LWD-КПРК-48 показали дієздатність і високу інформативність розробки. Разом з тим, виконані в процесі буріння горизонтальної свердловини вимірювання дають можливість провести ряд подальших удосконалень (оптимізація довжини і конструкції зондів під параметри конкретних бурових труб, реалізація електронної системи згладжування статистичних флуктуацій показань та ін.), які поліпшують апаратурну і методичну основу для визначення параметрів нафтогазових колекторів.

Створений апаратурно-методичний комплекс для проведення каротажу в процесі буріння горизонтальних свердловин має ряд переваг перед відомими аналогами, зокрема, є універсальним, зручним, більш доступним для добувних та каротажних нафтогазових компаній. Важливим фактором є те, що українські розробники володіють необхідним набором ідей і ноу-хау та мають всі можливості для вдосконалення розробки і її подальшого серійного випуску.

Список використаних джерел

- Звольський, С.Т., Кулик, В.В., Кармазенко, В.В., Кетов, А.Ю., Рибак, В.І., Сніжко, Ю.О. (2008) Спосіб виготовлення фізичних моделей пластів-колекторів, перетнутих свердловиною. Патент України на винахід № 84604. ІГФ НАНУ.
- Кузнецов, О.Л., Поляченко, А.Л. (Ред.). (1990). Скважинная ядерная геофизика. Справочник геофизика. 2-е изд. Москва: Недра.
- Кулик, В.В., Бондаренко, М.С. (2005). Можливість визначення коефіцієнта нафтонасиченості за допомогою узгодженого комплексу стаціонарних нейтронних методів. Вісник Київського національного університету. Геофізика, 34-35, 29-33.
- Кулик, В.В., Бондаренко, М.С. (2010). Спосіб визначення загальної пористості глинистих гірських порід в обсаджених і необсаджених свердловинах. Патент України на винахід № 90301. ІГФ НАНУ.
- Кулик, В.В., Бондаренко, М.С., Дейнеко, С.І. (2015). Спосіб визначення параметрів глинистості гірських порід комплексом радіоактивного каротажу. Патент України на винахід № 109230. ІГФ НАНУ.
- Кулик, В.В., Бондаренко, М.С., Кривонос, О.М. (2014). Спосіб визначення параметрів газонасиченості колекторів. Патент України на винахід № 106560. ІГФ НАНУ.
- Модуль 2ННКt-LWD. Руководство по эксплуатации. (2014). Отримано з <http://ukrspecpribor.com.ua>.
- Прибор 2ННК-ГТКлп-LWD-121. (2014). Отримано з <http://power-np.ru/2nnk-ggkpl-lwd>.
- Хаматдинов, Р.Т., Еникеева, Ф.Х., Велижанин, В.А., Журавлев, Б.К., Зотов, А.Ф., Головацкий, С.Ю., Жуков, А.М., Гольдштейн, Л.М., Семенов, Е.В. (1989). Методические указания по проведению нейтронного и гамма-каротажа в нефтяных и газовых скважинах аппаратурой СРК и обработке результатов измерений. Калинин: НПО "Союзпромгеофизика".

- Allen, D., Dergt, D., Best, D., Clark, B., Falkoner, I. (1989). Logging while drilling. *Oilfield review*, April, 4-17.
- 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.
- Bonner, S., Clark, B., Holenka, J., Voisin, B., Dusing, J. (1992). Logging While drilling: a three-year perspective. *Oilfield review*, July, 4-21.
- Ellis, D.V., Singer, J.M. (2008). *Well Logging for Earth Scientists*. 2nd ed. Dordrecht: Springer.
- Hill, D., Neme, E., Ehlig-Economides, C., Mollinedo, M. (1996). Reentry drilling gives new life to aging fields. *Oilfield review*, Autumn, 4-17.
- Logging-While-Drilling Azimuthal Density Neutron Tool. (2003). Отримано з http://www.odplegacy.org/pdf/operations/engineering/logging_tools/lwd-adn.pdf.

References

- Allen, D., Dergt, D., Best, D., Clark, B., Falkoner, I. (1989). Logging while drilling. *Oilfield review*, April, 4-17.
- 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.
- Bonner, S., Clark, B., Holenka, J., Voisin, B., Dusing, J. (1992). Logging While drilling: a three-year perspective. *Oilfield review*, July, 4-21.
- Ellis, D.V., Singer, J.M. (2008). *Well Logging for Earth Scientists*. 2nd ed. Dordrecht: Springer.
- Hill, D., Neme, E., Ehlig-Economides, C., Mollinedo, M. (1996). Reentry drilling gives new life to aging fields. *Oilfield review*, Autumn, 4-17.
- Khamatdinov, R.T., Enikeeva, F.Kh., Velizhanin, V.A., Zhuravlev, B.K., Zotov, A.F., Golovatsky, S.Yu., Zhukov, A.M., Goldstein, L.M., Semenov, E.V. (1989). Methodical instruction for neutron and gamma-ray logging in oil and gas wells with the SRK tool and processing of measured results. Kalinin: NPO "Soyuzpromgeofizika". [in Russian]
- Kulyk, V.V., Bondarenko, M.S. (2010). Method for determination of total porosity of shaliness rocks in cased and open boreholes. *UA patent for invention № 90301*. Kyiv: Ukrpatent. [in Ukrainian].
- Kulyk, V.V., Bondarenko, M.S. (2005). The feasibility to determine of oil saturation using a coordinated complex of stationary neutron methods. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 34-35, 29-33. [in Ukrainian].
- Kulyk, V.V., Bondarenko, M.S., Deineko, S.I. (2015). Method for determination of shaliness parameters of rocks by complex of radioactive logging methods. *UA patent for invention № 109230*. Kyiv: Ukrpatent. [in Ukrainian].
- Kulyk, V.V., Bondarenko, M.S., Kryvonos, O.M. (2014). Method for determination of parameters of gas reservoirs. *UA patent for invention № 106560*. Kyiv: Ukrpatent. [in Ukrainian].
- Kuznetsov, O.L., Poliachenko, A.L. (Eds.). (1990). *Well logging nuclear geophysics. Geophysicist's handbook*. Moscow: Nedra. [in Russian]
- Logging-While-Drilling Azimuthal Density Neutron Tool. (2003). Retrieved from http://www.odplegacy.org/pdf/operations/engineering/logging_tools/lwd-adn.pdf.
- Module 2NKKt-LWD. Operating manual (2014). Retrieved from <http://ukrspecpribor.com.ua>.
- Tool 2NKK-GGK/p-LWD-121. (2014). Retrieved from <http://power-np.ru/2nnk-ggkpl-lwd>. [in Russian]
- Zvol'skiy, S.T., Kulyk, V.V., Karmazenko, V.V., Ketov, A.Yu., Rybak, V.I., Snizhko, Yu.O. (2008). Method of production of physical models of reservoirs with borehole. *UA patent for invention № 84604*. Kyiv: Ukrpatent. [in Ukrainian]

Надійшла до редколегії 21.02.19

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., Kyiv, 03680, Ukraine;
S. Danyliv, Director;
V. Zinenko, Leading Electronic Engineer;
M. Los, Leading Design Engineer;
E-mail: info@ukrspecpribor.com.ua,
LLC "Ukrspecpribor", 5 Zapadynska str., Kyiv, 04123, Ukraine

APPARATUS AND METHODOLOGICAL COMPLEX FOR DETERMINATION OF OIL-GAS RESERVOIRS PARAMETERS WHILE DRILLING HORIZONTAL WELLS

The paper is devoted to the basic principles of the trend of logging, namely logging while drilling (LWD), which is new for Ukraine. The LWD technology has a number of advantages over other logging types, in particular, in supplementary exploration and production of hydrocarbons in fields that are in long-term development. In this case, the drilling of horizontal wells, which by productivity is much higher than the vertical ones, is important.

For the investigations of horizontal wells, we proposed a universal compact radioactive logging tool with small diameter, which is placed in entire drill collar just before drilling. The combined radioactive logging tool LWD-КПРК-48 (48 mm in diameter) contains dual-spacing modules of neutron logging, neutron-gamma logging, density logging, as well as separately placed gamma-logging unit. Calibration works with the developed combined tool were carried out on physical models of reservoirs in the presence of drill collars and corresponding calibration dependences on porosity and density were obtained. They, together with the developed methods and other data, allow us to determine an extended set of petrophysical parameters, namely, the porosity of water-, oil- and gas-saturated reservoirs, the identification parameters of fluid: water – oil and water – gas, oil-, gas- and water saturation, volume content of oil and gas, etc.

Test of a logging tool LWD-КПРК-48 when drilling a horizontal well in an oil-bearing bed showed high informativity and efficiency of product. The created apparatus and methodical complex for the investigation of horizontal oil and gas wells while drilling has several advantages over known analogues, in particular, is universal, convenient, more available to mining and well logging oil and gas companies.

Keywords: logging while drilling, horizontal wells, oil and gas reservoirs, combined radioactive logging tool, interpreting-methodical support, petrophysical parameters.

М. Бондаренко, канд. геол. наук, ст. науч. сотруд.;
В. Кулик, канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотруд.
E-mail: vkulyk@igph.kiev.ua;
З. Евстахевич, вед. инж.;
Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,
пр. Палладина, 32, Киев-142, 03680, Украина;
С. Данылив, директор;
В. Зиненко, вед. инженер-электронщик;
М. Лось, вед. инженер-конструктор;
E-mail: info@ukrspecpribor.com.ua,
ООО "Укрспецприбор", ул. Западная, 5, г. Киев, 04123, Украина

АППАРАТУРНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН

Рассмотрены основные положения нового для Украины направления геофизических исследований в скважинах (ГИС) – каротажа в процессе бурения (logging while drilling – LWD). Технология LWD имеет ряд преимуществ перед другими видами ГИС, в частности, при доразведке и добыче углеводородов на месторождениях, которые находятся в длительной эксплуатации. При этом важное значение имеет бурение горизонтальных скважин, которые по продуктивности значительно превосходят вертикальные.

Для исследования горизонтальных скважин нами предложен универсальный компактный прибор радиоактивного каротажа малого диаметра, который устанавливают в цельной буровой трубе непосредственно перед бурением. Комбинированный прибор LWD-КПРК-48 (диаметром 48 мм) содержит двухзондовые устройства нейтрон-нейтронного, нейтрон-гамма и плотностного гамма-гамма каротажа и размещенный отдельно блок гамма-каротажа. С созданным комбинированным прибором проведены градуировочные работы на физических моделях пластов-коллекторов при наличии буровых труб и построены соответствующие градуировочные зависимости от пористости и плотности. На основе градуировочных зависимостей получены калибровочные (интерпретационные) функции, которые вместе с разработанными способами и другими данными позволяют определять расширенную совокупность петрофизических параметров, а именно пористость водо-, нефте- и газонасыщенных коллекторов, параметры идентификации флюида: вода – нефть и вода – газ, коэффициенты нефте-, газо- и водонасыщенности, объемное содержание нефти, газа и др.

Испытания каротажного прибора LWD-КПРК-48 при бурении горизонтальной скважины в нефтеносном пласте показали высокую информативность и дееспособность разработки. Созданный аппаратурно-методический комплекс для исследования горизонтальных нефтегазовых скважин в процессе их бурения имеет ряд преимуществ перед известными аналогами, в частности, является универсальным, удобным, более доступным для добывающих и каротажных нефтегазовых компаний.

Ключевые слова: каротаж в процессе бурения, горизонтальные скважины, нефтегазовые коллекторы, комбинированный прибор радиоактивного каротажа, интерпретационно-методическое обеспечение, петрофизические параметры.

УДК 553.98.061.4

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.04>

Д. Федоришин, д-р геол. наук, проф., зав. кафедри НГГ

E-mail: geophys@nung.edu.ua;

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна

І. Багрий, д-р геол. наук, ст. наук. співроб.

E-mail: bagrid@ukr.net;

Інститут геологічних наук НАН України

вул. О. Гончара 55-б, м. Київ, 01054, Україна,

О. Трубенко, канд. геол. наук, доц.

E-mail: geotom@nung.edu.ua;

С. Федоришин, канд. геол. наук, доц.;

Н. Хованець, асист.

E-mail: nadiia.khovanets@gmail.com;

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна

ВИДІЛЕННЯ ПРОДУКТИВНИХ ТОВЩ У МЕЖАХ ТИНІВСЬКО-ГРУШІВСЬКОГО НАФТОГАЗОВОГО РОДОВИЩА

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

За результатами геолого-геофізичних досліджень встановлена висока перспективність Крукеницької западини в плані відкриття нових нафтогазоносних об'єктів. Зокрема, виділено продуктивні породи-колектори у неогенових товщах Тинівсько-Грушівського нафтогазового родовища. У цілому газонасиченість у межах родовища пов'язується з нижньодашавськими відкладами, що підтверджується значними дебітами, отриманими у свердловинах раніше відкритих родовищ.

На основі аналізу результатів комплексу геофізичних досліджень свердловин побудовано кореляційну схему поширення перспективних пластів з подальшим визначенням характеру їхнього насичення в межах нижньодашавської підсвіти. У результаті такої побудови встановлено залягання водоносних пластів над газонасиченими породами-колекторами. Особливістю геологічної будови нижньодашавської підсвіти є наявність двохметрової пачки аргілітів і алевролітів, які розмежовують водоносні та продуктивні пласти. Така особливість є основною причиною обводнення продуктивних порід, що підтверджено результатами випробування свердловин. Більш детальні дослідження відкладів дали змогу виділити основні фактори, які впливали на поширення піщаного матеріалу по розрізу сарматського ярусу, а також дозволили встановити співвідношення в продуктивних пластах води та газу.

Ключові слова: продуктивні товщі, родовище, нижньодашавська світа, пісковик, лінза, водоносний горизонт.

Постановка проблеми. Зменшення видобутку вуглеводнів в Україні вимагає нарощування видобувних ресурсів нафти і газу у Східному та Західному регіонах, де виявлено та вже доведено наявність їх скупчень у різному типі пасток. До таких зон належить Крукеницька западина, в межах якої відкрито низку родовищ газу, зокрема: Хідновицьке, Садковицьке, Пинянське, Тинівське, Грушівське, Залужанське та інші, які розміщуються вздовж фронту Самбірського покриву Карпатської споруди. Вищевказані родовища приурочені до антиклінальних структур неогенової системи сарматського, баденського та гельветського ярусів, успадованих і огортаючих підняті ділянки доміоценової основи, ерозійний рельєф якої контролюється гіпсоангідритовим горизонтом. Однак добре виражений підняття на площі Крукеницької западини, в напрямку північного сходу від фронту Самбірського покриву, віднесені до непродуктивних ділянок (площі Шегині, Липники, Чижевичі, Мостиська та інші). Неоднозначність результатів пошукових геолого-геофізичних досліджень знизила пошуковий інтерес до Крукеницької западини в цілому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання глибинної будови осадового покриву та визначення перспектив нафтогазоносності Крукеницької западини висвітлюється, зокрема, у працях Х.Б. Заяць, Р.П. Морошан, Г.Б. Медвідь та інших (Заяць, 2013; Морошан, 1996; Медвідь, 2011). Проведені ними дослідження дозволили виділити нові перспективні площі зі сприятливими структурно-тектонічними та палеогідродинамічними умовами для формування покладів вуглеводнів у відкладах нижньодашавської та верхньодашавської підсвіти. У цілому перспективними є крайня північно-західна частина Крукеницького блоку з ділянками чітко виражених палеогеосинкліналів.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проблема пошуків і розвідки відкладів сармату в межах Тинівської площі, як і на території всієї Більче-Волицької зони, полягає в тому, що геологічний розріз представлений тонкими прошарками тонкозернистих,

середньозернистих та щільних пісковиків, алевролітів і аргілітів. Потужність кожного з прошарків рідко перевищує 1 м, а частіше зустрічається з товщиною 0,4-0,6 м. Методи геофізичних досліджень у таких умовах мають низьку роздільну здатність у процесі діагностики характеру насичення порід-колекторів, а також незначну інформативність при визначенні їх колекторських властивостей.

Формулювання цілей статті. Виявлення продуктивних порід-колекторів у відкладах нижньодашавської підсвіти у межах Тинівсько-Грушівської зони нафтогазонокопичення з подальшим обґрунтуванням закономірності їх поширення та аналізом характеру впливу структурно-тектонічних процесів на формування покладу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведений геолого-геофізичний аналіз ділянок та зон, які розташовані на півночі Більче-Волицької зони поблизу Краковецького розлому, який обмежує границю Крукеницької западини, дозволив відкрити значні поклади газу, зокрема у межах Грушівського родовища. Основні поклади газу відкриті в нижньодашавській підсвіті сарматського ярусу в інтервалі від НД-16 до НД-6 (Федоришин, 1996). Дебіти газу у свердловинах Грушівського родовища досягали 100–200 тис. м³/добу. У деяких свердловинах видобуток газу становить 122,8 млн м³ (св. Грушів-24). Приведені дані вказують на високий потенціал продуктивних нижньодашавських горизонтів у суміжних площах Тинівсько-Грушівської зони нафтогазонокопичення, яка розміщена на північ від Більче-Волицької зони.

При випробуванні горизонтів НД-5, НД-4, НД-3 Тинівської площі в свердловині Тинів-1 отримали промислові притоки газу (до 140 тис. м³/д). Наступна свердловина Тинів-2, яка пробурена на заході території, дала приплив нафти (до 50 т/д) з верхньоюрських карбонатів. Ще одна св. Тинів-4 відкрила газонасний пласт у горизонтах НД-12 і НД-13 (дебіти газу досягали 57,8 м³/д). Таким чином, пошукові свердловини підтвердили значну перспективність на наявність газу та нафти у Крукеницькій западині.

Тинівське родовище характеризується дуже складною тектонічною будовою. У розкритій осадовій товщі виділяється два структурних поверхні: мезозойської та кайнозойської ер (юрський та міоценовий періоди). Основним структуротвірним фактором для обох поверхів є розломи. Найбільшим повздовжнім розломом, який обмежує родовища з південного заходу, є Краковецький. Його амплітуда по розмитій поверхні мезозою становить 1300–1400 м.

Нижньосарматський структурний поверх міоценового періоду характеризується своєрідною тектонікою, для

якої характерне полого залягання порід, а також наявність на загальному фоні Грушівської структури позитивних та від'ємних малоамплітудних складок, однією з яких є Тинівська структура (горизонти НД-2÷НД-5), північно-західного простягання. Вона встановлена за результатами буріння свердловин Тинів-1, -5, -6, -10. Південно-західне крило структури порушене малоамплітудним, повздовжнім скидом, вертикальне зміщення по покрівлі горизонту НД-2 досягає 50 м (рис. 1).

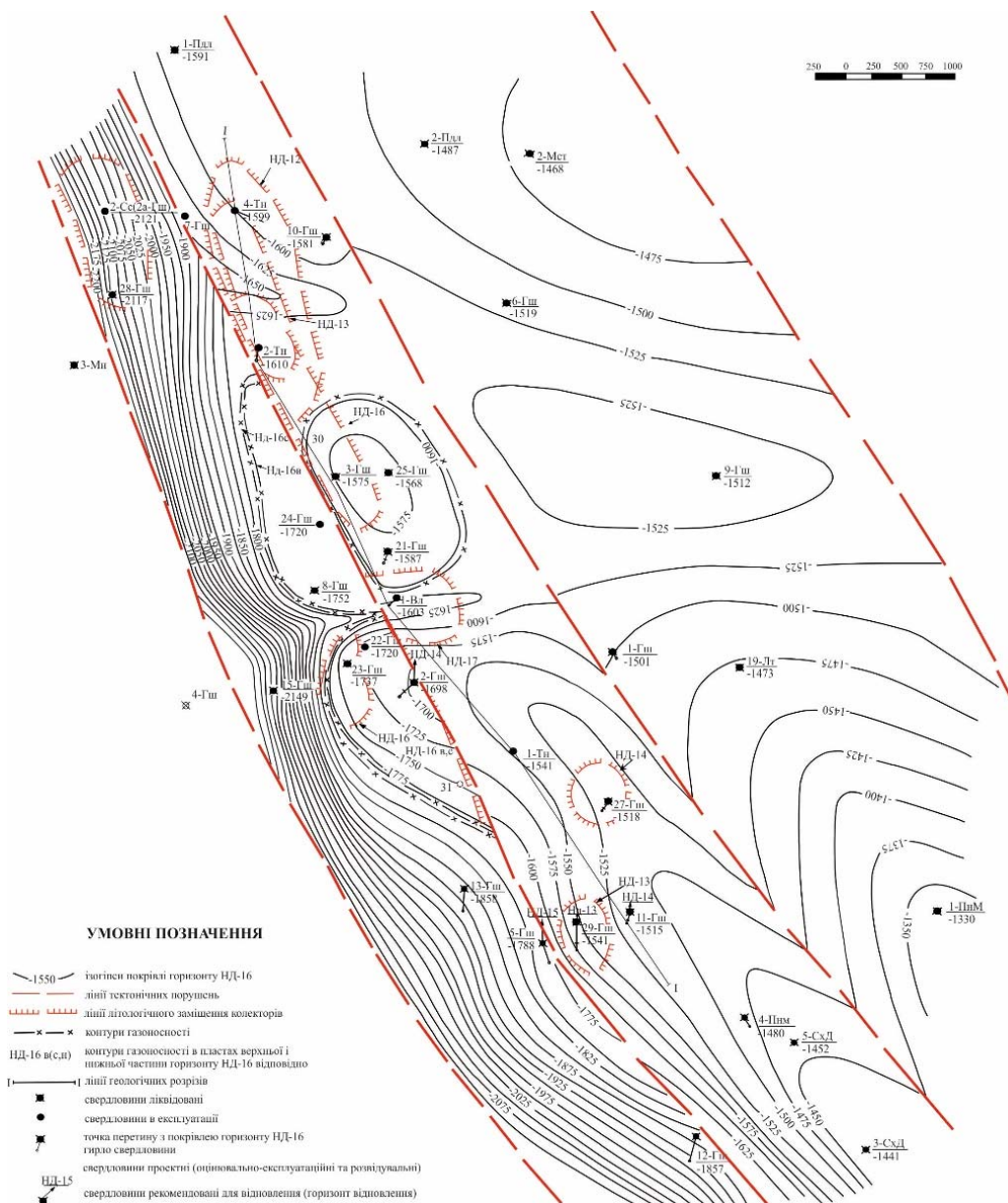


Рис. 1. Тинівсько-Грушівське нафтогазове родовище. Структурна карта покрівлі горизонту НД-16(Н1s) (за даними УкрДГПІ, 2011)

Майже всі горизонти верхньодашавської підсвіти сарматського ярусу в південно-західній частині родовища, а також верхні горизонти нижньодашавської підсвіти зрізані Стебницьким насувом. Його поверхня нахилена на південний захід під кутом 15–20° і поступово зменшує свій нахил у північно-східному напрямку. Відклади Самбірського покриву сильно дислоковані.

Проблема пошуків і розвідки відкладів сармату на Тинівській площі, як і в межах всієї Більче-Волицької зони, полягає в тому, що розріз представлений тонкими прошарками тонкозернистих, середньозернистих, щільних

пісковиків, алевролітів і аргілітів, причому потужність кожного з прошарків рідко перевищує 1 м, а частіше становить 0,4–0,6 м. Геофізичні методи досліджень у таких умовах мають понижено роздільну здатність у процесі діагностики характеру насичення колекторів, а також незначну інформативність при визначенні їх колекторських властивостей.

Дашавська світа нижнього сармату складається з нижньо- та верхньодашавської підсвіти, які поділяються на серію піскувато-глинистих горизонтів. У верхньодашавських відкладах виділено 14 горизонтів (ВД-1–ВД-14), в нижньодашавських – 17 (НД-1–НД-17). Вони представлені глинами,

аргілітами, алевролітами та пісковиками. Геологічною особливістю відкладів сарматського ярусу є тонке перешарування порід та значна фаціальна мінливість їх структури. Піскуваті прошарки в геологічному розрізі часто заміщуються глинистими різновидами. За результатами лабораторних експериментальних досліджень петрофізичні параметри алевролітів і пісковиків нижнього сармату змінюються в широких межах як за площею, так і за розрізом: відкрита пористість – від 6 до 30 %, проникність у межах від $0,01 \times 10^{-15} \text{ м}^2$ до $800 \times 10^{-15} \text{ м}^2$, піскуватість – від 14 до 52 %. Серед газонасичених пісковиків виділяються міцноцементовані (густина $2,3\text{--}2,5 \text{ г/см}^3$) з пористістю 10–18 % і проникністю від сотих часток до десятків мілідарсі та слабкоцементовані (густина $2100\text{--}2300 \text{ кг/м}^3$) з пористістю 15–30 % і проникністю $(18\text{--}600) \times 10^{-15} \text{ м}^2$. Зокрема, середньостатистичні значення коефіцієнта пористості K_p газоносних колекторів нижньодашавської підсвіти на Грушівській площі становлять 17,9 %, а водонасичених – 18,3 %. У зоні аномально високих (надгідростатичних) пластових тисків (АВПТ) породи розущільнюються та мають кращі колекторські властивості. Так, у зоні АВПТ на глибинах понад 2000 м середнє значення K_p продуктивних колекторів становить 20,8 %, а водонасичених – 11,3 %.

За величиною швидкості поширення поздовжніх і поперечних акустичних хвиль та особливостей її зміни з глибиною залягання порід, у нижньосарматських відкладах виділяються дві товщі: верхньо- та нижньодашавську підсвіти до горизонту НД-9. У нижньодашавській

підсвіті впевнено виділяються газопромислові горизонти НД-1–НД-10 за кривими АК. Величина піскуватості літо-типів та їхня товщина в кожному горизонті збільшується вгору за розрізом. Це знаходить відображення на геофізичних кривих швидкостей. Із збільшенням піскуватості порід знизу вгору зростає і швидкість у кожному пошуковому горизонті. При цьому глини, які залягають в основі горизонту, характеризуються мінімальними значеннями швидкостей ($V_{\text{ак}}$) або максимальними значеннями інтервального часу ($\Delta T_{\text{ак}}$). Для горизонтів НД-11–НД-14, у розрізах яких переважають глинисті різновиди порід, швидкість знижується та її величина постійна в межах кожного з горизонтів. У нижньодашавській підсвіті спостерігається також і загальне збільшення швидкості з глибиною, що зумовлено процесом ущільнення порід. У зонах АВПТ (НД-12–НД-16) швидкість суттєво зростає порівняно із швидкістю у вищезалягаючих шарах. Газонасичені пласти в інтервалах нижньодашавської підсвіти відзначаються зменшенням пластових швидкостей на 200–300 м/с порівняно зі швидкістю у водонасичених.

Вивчення фізичних та геофізичних параметрів порід у розрізі нижньодашавської підсвіти за допомогою деталізаційного комплексу геофізичних досліджень свердловин (ГДС) дозволило встановити чітку кореляцію пластів, а також відстежити глибини залягання порід, які більше насичені піщаним матеріалом. По профілю від св. Подольці-2 на заході до Тинів-1 на сході пошукової території наведено на рис. 2.

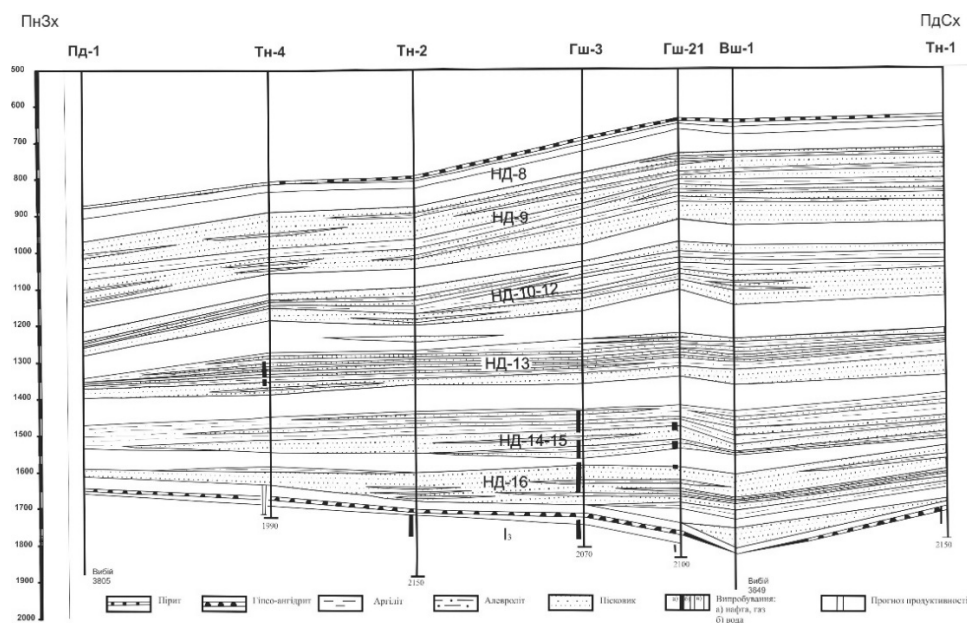


Рис. 2. Літолого-фаціальний профіль Тинівсько-Грушівського нафтогазового родовища

При встановленні характеру насичення піщаних порід у розрізах нижньодашавської підсвіти виявлений факт залягання водонасичених пластів над газонасиченими без явної перемички між ними. У геологічному розрізі це є тонке перешарування пісковиків, аргілітів і алевролітів товщиною не більше ніж 2 м. Так, водонасичена пачка порід, яка залягає над горизонтом НД-13 і відділена від нього двошметровою пачкою аргілітів і алевролітів, простежується майже по всіх свердловинах (рис. 2). Така особливість геологічної будови відкладів дашавської світи в розрізах сармату спостерігалась неодноразово, і в багатьох випадках це було причиною негативних результатів випробувань свердловин, коли водонасичений горизонт не дуже чітко проявлявся на діаграмах ГДС.

Піщані "пачки" літологічних відкладів у перспективних горизонтах від НД-1 до НД-17 насправді являють

собойо скупчення лінзоподібних тіл з підвищеною сумарною кількістю порід-колекторів. Кількість і якість лінз-колекторів змінюється по латералі з глибиною їх залягання. Так, по профілю (рис. 2) кількість піщаних лінз колекторів суттєво збільшується у напрямку від св. Подольці-1 до св. Волоща-1 по всіх горизонтах від НД-16 до НД-10. У кожному пакеті залягання лінз, незалежно від вертикального розташування, є лінзи газонасичені і водонасичені. Так, у св. Тинів-4 у горизонті НД-13 виявлено до трьох лінз (інт. 1655–1620; 1602–1572; 1560–1544 м) із яких верхня характеризується найкращими колекторськими властивостями пісковиків (інт. 1560–1544 м). У напрямку св. Тинів-2 водонасичена лінза виклинюється, а на захід в сторону св. Подольці-1 – вона зберігається. Між покрівлею газонасиченого (випробуваного) пласта і підшоною водонасиченого пласта

залягає 12 м тонкого нашарування аргілітів (сумарна потужність – 8 м) та алевролітів. Виходячи з цього можна зробити висновок, що такі прошарки є достатніми для екранування газоносного горизонту. У напрямку на схід, у св. Грушів-3 виділено три лінзи, які попередньо відмічені в св. Тинів-4, верхня з яких є водонасичена (інт. 1540–1525 м). Однак у розташованій неподалік від неї св. Грушів-21 виявлено вищевказані три лінзи, тільки водонасичена розташована в середині інтервалу горизонту НД-13 поруч з газонасиченими пластами. Ще далі на схід скупчення піщаних тіл у цьому горизонті різко змінюється, лінзи перетворюються в окремі піщані тіла малої потужності, які мають свої форми в літолого-стратиграфічному розрізі,

але їх важко простежити сейсмоакустичними методами (св. Тинів-1 і Грушів-27).

Кожен горизонт нижньодашавської підсвіти проявляє свої закономірності в поширенні піщаних тіл із різним співвідношенням газ-вода (рис. 3). На наш погляд, можна виділити два основних фактори, які впливають на поширення піщаного матеріалу при осадконагромадженні в нижньодашавській підсвіті неогенового періоду:

- це є ерозійні процеси поверхні верхньої юри;
- перерозподіл теригенного матеріалу в прибережній шельфовій зоні під дією морських хвиль у період регресивних процесів.

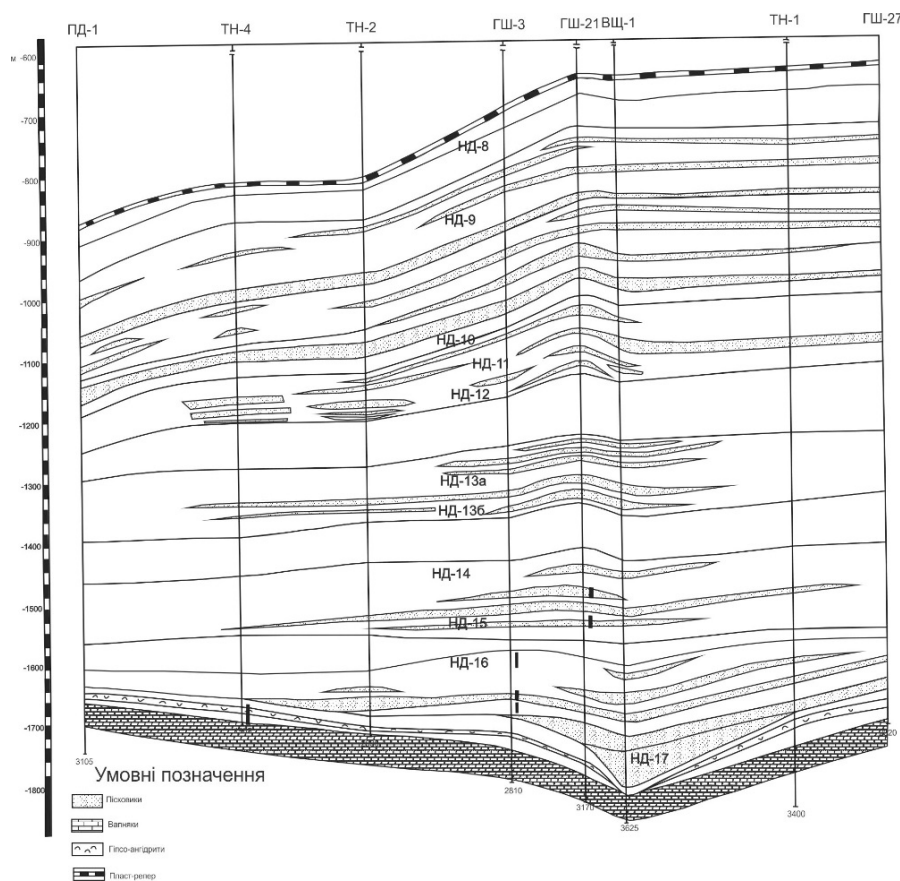


Рис. 3. Схема кореляції піщаних лінз в горизонтах НД-8 – НД-16 Тинівсько-Грушівського нафтогазового родовища за даними ГДС

Дослідження поверхні верхньої юри свідчить про її ерозійний характер не тільки за зміною гіпсометричного рівня поверхні у свердловинах, але і за системою карстування, яке місцями досягає глибини 100 і більше метрів розрізу (рис. 4).

Зміни гіпсометричного рівня поверхні юри більшість дослідників пояснювали тектонічними процесами. Наприклад, опущену на 100–150 м поверхню юри на Волощанській площі відділяють від навколишніх свердловин двома порушеннями. На відміну від вказаного вище, результати геолого-геофізичних досліджень підтверджують ерозійний характер подібних явищ. За результатами сейсмічних та свердловинних досліджень видно, що вздовж Краковецького розлому розташоване ядро верхньоярського рифу (Заяць, 2013; Заяць та ін., 2006; Павлюх, 2009), яке протягом довгого геологічного періоду було на денній поверхні і неодмінно підлягало впливу процесів карстоутворення. Сліди цього процесу спостерігаються також на діаграмах каротажу у вигляді зміни геофізичної характеристики вапняків, а саме: зменшення питомих електричних опорів, величини радіоактивних полів та акустичних характеристик. Глибина

ерозійних процесів за такий довгий геологічний період могла бути суттєвою, ми ж спостерігаємо тільки частину цих процесів, яка свідчить про нерівномірність розмивів, а отже про можливість досить великих перепадів глибин залягання юрської поверхні. Гельветська трансгресія, яка перекрыла поверхню юри, була недовгою, про що свідчать невеликі потужності відкладів гельвету та відкладів баранівської світи. Короткочасний відхід моря сприяв утворенню гіпсо-ангідритової лагуни, також малої потужності. У зв'язку з цим шельфові утворення сармату повністю успадкували ерозійну поверхню юри, утворюючи лінзи в місцях більшого розмиву карста (рис. 4). Подальше утворення лінз підлягало трансгресивно-регресивним процесам, які контролювали перерозподіл теригенного матеріалу згідно з гравітаційними законами. Пастки вуглеводнів у цих відкладах могли утворюватись у місцях скупчення піщаного матеріалу, який перекривався глинисто-алевролітовими компонентами в місцях, де був найбільший розмив юрської поверхні.

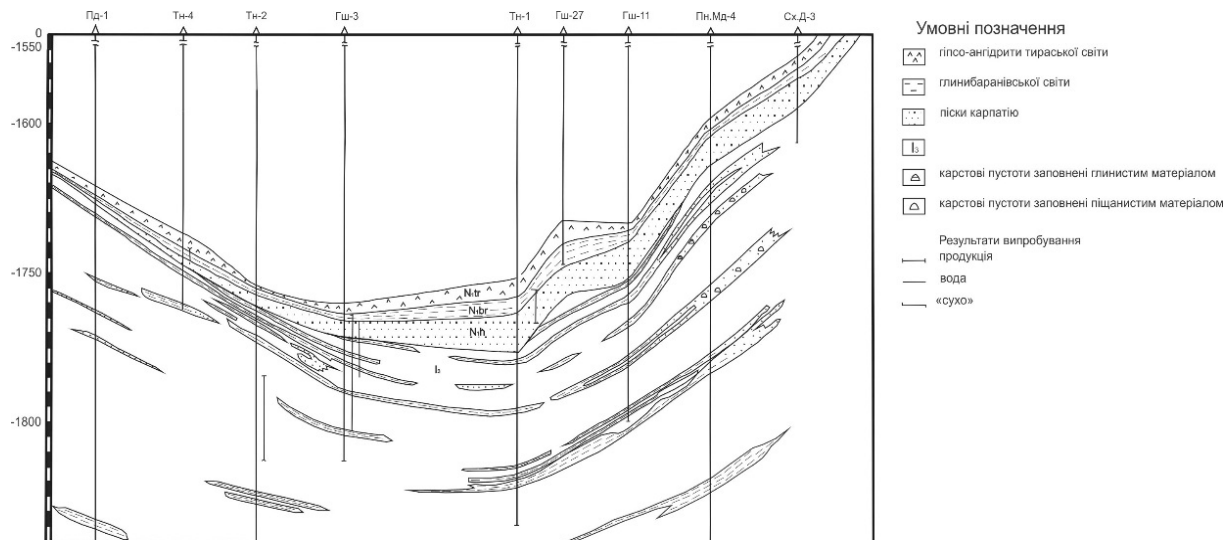


Рис. 4. Схема кореляції карстових зон за даними ГДС

Висновки та завдання подальших досліджень. Незважаючи на значну кількість уже відкритих і розвіданих родовищ, Крукеницька западина залишається потенційним об'єктом для пошуку нових зон нафтогазонагромадження. Однією з таких зон є Тинівсько-Грушівська, де у відкладах нижньодашавської підсвіти вже встановлена наявність покладів нафти та газу й отримані високі дебіти, що є передумовою прогнозування перспектив на нафту і газ у відкладах нижньодашавської підсвіти суміжних площ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину.

Дашавська світа нижнього сармату характеризується наявністю в розрізі тонких прошарків пісковиків та щільних алевролітів і аргілітів з малою потужністю, сильною фаціальною мінливістю та незначним значенням проникності, що спричинює низьку інформативність результатів комплексних геофізичних досліджень отриманих у пошукових свердловинах. За результатами акустичного каротажу виділено та відстежено по латералі газонасичені породи в горизонтах НД-1-НД-10 (рис. 5).

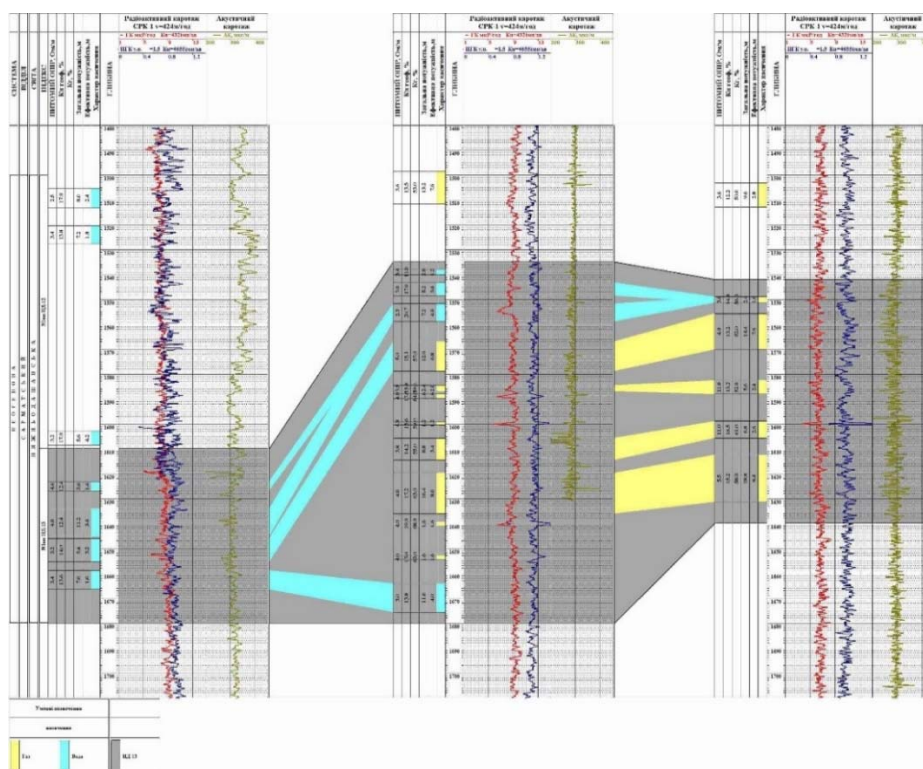


Рис. 5. Схема кореляції продуктивного горизонту НД-13 Тинівсько-Грушівського нафтогазового родовища по свердловинах Пд-1-Тн-4-Тн-2

Встановлено, що основним фактором, який ускладнює пошук нафти і газу в Крукеницькій западині, є наявність водоносного горизонту, який розміщений над газонасиченими пластами. Встановлено, що між покрівлею газонасиченого пласта та підшоною водоносного залягає шар аргілітів і алевролітів, який є достатнім для екранування продуктивного газонасиченого горизонту. Аналізуючи наявні

горизонти нижньодашавської підсвіти, можна виділити два основні фактори, які впливають на поширення піщаного матеріалу в нижньодашавській підсвіті: ерозійна поверхня верхньої юри та перерозподіл теригенного матеріалу в прибережній шельфовій зоні за рахунок дії морських хвиль у період регресивних процесів.

Список використаних джерел

- Заяць, Х.Б. (2013). Глибина будова надр Західного регіону України на основі сейсмічних досліджень і напрямки пошукових робіт на нафту і газ. Львів.
- Заяць, Х.Б., Морощан, Р.П., Гула, О.С., Буцяк, Б.М. (2006). Ерозійний палеореєльєф основи Крукиницької западини як визначальний фактор пошуків нафтогазоперспективних об'єктів в сарматських відкладах. *Нові геофізичні технології прогнозування та моніторингу геологічного середовища, Львів*, 15-16.
- Медвідь, Г.Б. (2011). Палеогідродинамічний чинник у процесі формування покладів вуглеводнів у межах північно-західної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. *Геодинаміка*, 2 (11), 199-201.
- Морощан, Р.П. (1996). Вдосконалення та випробування в нафтогазонасних регіонах України методики прогнозування геологічного розрізу на основі сейсмотімологічного аналізу даних сейсмозвідки та суміжної геолого-геофізичної інформації. *Звіт з НДР (заключний)*. УкрДГРІ.
- Павлюх, О. (2009). Особливості геологічної будови та формування покладів газу в Зовнішній зоні Передкарпатського прогину. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 3, 31-44.
- Федоришин, Д.Д. (1996). Особливості геологічної будови розрізу газових родовищ Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину, як перспектива пошуку енергетичних джерел. *Нетрадиційні енергоресурси та екологія України, Київ*, 85-87.

References

- Fedoryshyn, D.D. (1996). Osoblyvosti heolohichnoi budovy rozrizu hazovykh rodovyskh Bilche-Volytskoi zony Peredkarpatskoho prohynu, yak perspektyva poshuku enerhetychnykh dzherel. *Netradytsiini enerhoresursy ta ekolohiia Ukrainy, Kyiv*, 85-87.
- Medvid, H.B. (2011). Paleohidrodynamicnyi chynnyk u protsesi formuvannya pokladiv vuhlevodniv u mezhakh pivnichno-zakhidnoi chastyny Zovnishnoi zony Peredkarpatskoho prohynu. *Heodynamika*, 2 (11), 199-201.
- Moroshan, R.P. (1996). Vdoskonalennia ta vyprobuvannia v naftohazonosnykh rehionakh Ukrainy metodyky prohnozuvannia heolohichnoho rozrizu na osnovi seismolitmolohichnoho analizu danykh seismorozvidky ta sumizhnoi heoloho-heofizychnoi informatsii. *Zvit z NDR (zakliuchnyi)*. UkrDHR.
- Pavliukh, O. (2009). Osoblyvosti heolohichnoi budovy ta formuvannya pokladiv hazu v Zovnishnii zoni Peredkarpatskoho prohynu. *Heolohiia i heokhimii horiuchykh kopalyn*, 3, 31-44.
- Zaiats, Kh.B. (2013). Hlybynna budova nadr Zakhidnoho rehionu Ukrainy na osnovi seismichnykh doslidzhen i napriamky poshukovykh robot na naftu i haz. *Lviv*.
- Zaiats, Kh.B., Moroshan, R.P., Hula, O.S., Butsiak, B.M. (2006). Eroziyni paleorelief osnovy Krukenytskoi zapadyny yak vyznachalniy faktor poshukiv naftohazoperspektyvnykh ob'ektiv v sarmatskykh vidkladakh. *Novi heofizychni tekhnolohii prohnozuvannia ta monitoryngu heolohichnoho sredovyscha, Lviv*, 15-16.

Надійшла до редколегії 11.03.19

D. Fedoryshyn, Dr. Sci. (Geol.), Prof.
E-mail: geophys@nung.edu.ua;
Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas,
15 Karpatska Str., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine
I. Bagriy, Dr. Sci. (Geol.), Senior researcher
E-mail: bagrid@ukr.net,
Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine
55-b Honchar Str., Kyiv, 01054, Ukraine,
A. Trubenko, Cand.Sci. (Geol.), Assoc. Prof.
E-mail: geotom@nung.edu.ua;
S. Fedoryshyn, Cand.Sci. (Geol.), Assoc. Prof.;
N. Khovanets, Assist. Prof.,
E-mail: nadiia.khovanets@gmail.com;
Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas,
15 Karpatska Str., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine

THE IDENTIFICATION OF THE PRODUCTIVE STRATA WITHIN TYNIV-HRUSHIV OIL AND GAS FIELD

The findings of the geological and geophysical researches reveal the high prospects of Krukenytsi Depression in terms of new deposits discovery. Notably, some productive reservoir rocks have been identified within the Neogene formations of Tyniv-Hrushiv Oil and Gas Field. The major gas capacity is associated with the lower Dashava deposits; that is supported by considerable well rates which were apparent within previously discovered fields.

According to the readings of the geophysical well logging, the correlation pattern of prospective strata distribution has been introduced; as a follow-up, it has been determined what the fluid content is within the lower Dashava age. Consequently, just over the gas-bearing reservoir rocks, the water-bearing strata have been located. The geological structure of the lower Dashava age is featured by the two-meter unit of claystones and siltstones which separate the water-bearing strata from the productive ones. The very feature of the geological structure causes the encroachment of productive horizons; that is proved by the well testing results. The more thorough researches help to define the key factors which influence the distribution of the sand material through the section of the Sarmatian age. Furthermore, it is possible to set up a water and gas ratio within the productive strata.

Keywords: Productive strata, field, the lower Dashava age, sandstone, lens, water-bearing horizon.

Д. Федоришин, д-р геол. наук, проф.
E-mail: geophys@nung.edu.ua;
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа,
ул. Карпатская, 15, г. Ивано-Франковск, 76019, Украина
И. Багрий, д-р геол. наук, ст. науч. сотруд.
E-mail: bagrid@ukr.net,
Институт геологических наук НАН Украины
ул. О. Гончара 55-б, г. Киев, 01054, Украина;
А. Трубенко, канд. геол. наук, доц.
E-mail: geotom@nung.edu.ua;
С. Федоришин, канд. геол. наук, доц.;
Н. Хованец, ассист.
E-mail: nadiia.khovanets@gmail.com;
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа,
ул. Карпатская, 15, г. Ивано-Франковск, 76019, Украина

**ВЫДЕЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНЫХ ТОЛЩ
В ПРЕДЕЛАХ ТЫНИВСКО-ГРУШЕВСКОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

По результатам геолого-геофизических исследований установлена высокая перспективность Крукиницької впадины в плане открытия новых нефтегазовых объектов. В частности, выделены продуктивные породы-коллекторы в неогеновых толщах Тынивско-Грушевского нефтегазового месторождения. В основном газонасыщенность в пределах месторождения связывается с нижнедашавскими отложениями, что подтверждается значительными дебитами, полученными в скважинах ранее открытых месторождений.

На основе анализа результатов комплекса геофизических исследований скважин построена корреляционная схема распространения перспективных пластов с последующим определением характера их насыщения в пределах нижнедашавской подсвисты. В результате построения установлено залегание водоносных пластов над газонасыщенными породами-коллекторами. Особенностью геологического строения нижнедашавской подсвисты является наличие двухметровой пачки аргиллитов и алевролитов, которые разграничивают водоносные и продуктивные пласты. Такая особенность является основной причиной обводнения продуктивных пород, что подтверждено результатами испытания скважин. Более детальные исследования отложений позволили выделить основные факторы, которые влияли на распространение песчаного материала по разрезу сарматского яруса, а также позволили установить соотношение в продуктивных пластах воды и газа.

Ключевые слова: продуктивные толщи, месторождение, нижнедашавская свита, песчаник, линза, водоносный горизонт.

УДК 553.98

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.05>

Е. Чорний, асп.

E-mail: ediachornii@gmail.com,Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна

ЗАЛЕЖНІСТЬ МЕХАНІЧНОЇ ШВИДКОСТІ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН ВІД ВНУТРІШНЬОПОРОВОГО ТИСКУ РОЗКРИТИХ ПОРІД У ПЕРЕДКАРПАТСЬКОМУ ПРОГІНІ

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

Розглянуто залежність механічної швидкості буріння свердловин від розкриття пластів з аномально високими поровими (пластовими) тисками (АВПТ). Прогнозування АВПТ має важливе значення для поліпшення якості розкриття пластів у процесі буріння. У результаті розкриття непередбачуваних зон АВПТ у Передкарпатському прогині часто відбуваються прихвати бурової колони, однією із причин яких є не завжди виправдане профілактичне обважнення бурового розчину. Для регулювання тиску в свердловині під час буріння необхідно вчасно виявити верхню межу зони АВПТ і дати їй обґрунтовану кількісну характеристику. Аналіз даних пробурених свердловин у Передкарпатському прогині та тих, які знаходяться у буринні, дає змогу нам установити, що у разі наближення вибою свердловини до пласта з АВПТ відбувається збільшення механічної швидкості буріння в глинистих породах, це пояснюється наявністю підвищених внутрішньопорових тисків і меншою густиною цих порід. Збільшення механічної швидкості буріння за умов постійних параметрів режиму буріння пояснюється також і неоднорідністю порід і стратиграфічними переходами з однієї складки насуву в іншу. Однак, у разі подвійного збільшення механічної швидкості буріння свердловини в осадових відкладах ідентичних за літологією, можна впевнено пояснити це явище входом вибою свердловини в зону АВПТ. З метою перевірки можливості використання механічного каротажу для прогнозування зон АВПТ безпосередньо під час буріння проведено порівняння зміни механічної швидкості буріння по стовпу свердловини з даними кількісного та якісного визначення зон АВПТ за результатами промислово-геофізичних досліджень. Якій та кількісній оцінці зон АВПТ проведено в основному за даними електрометрії свердловин, із застосуванням методики "кривих нормально ущільнених глин". Для перевірки висновків використано безпосередні заміри пластових тисків глибинними манометрами та дані визначення пластових тисків у разі переливання глинистого розчину із свердловини. Завдяки прогнозуванню порових і пластових тисків за допомогою механічного каротажу в процесі проходки свердловини спостерігаємо зменшення аварійності, підвищення ефективності буріння.

Ключові слова: поровий тиск, пластовий тиск, аномально високий пластовий тиск, механічна швидкість буріння, прогнозування тисків.

Пошуки нафти і газу на великих глибинах за надзвичайно складної складко-насувної тектоніки Передкарпатського прогину пов'язані з великими труднощами. У процесі буріння глибоких і надглибоких свердловин збільшується можливість розкриття зон аномально високого пластового тиску (АВПТ) в осадових товщах, що значно ускладнює процес буріння, сповільнює темпи проходки свердловин, призводить до їх подорожчання, а іноді й до ліквідації за технічними причинами без виконання поставлених геологічних завдань (Чорний та ін., 2015).

Прогнозування АВПТ має важливе значення для поліпшення якості розкриття пластів у процесі буріння. У результаті розкриття непередбачуваних зон АВПТ у Передкарпатському прогині нерідко відбуваються прихвати бурової колони, однією із причин яких є не завжди виправдане профілактичне обважнення бурового розчину. Для регулювання тиску в свердловині під час буріння необхідно вчасно виявити верхню межу зони АВПТ і дати їй обґрунтовану кількісну характеристику (Чорний та ін., 2013).

Практика показала, що у ході буріння свердловини цього можна досягти за допомогою досліджень не одним методом, а цілим комплексом геолого-геофізичних спостережень.

У роботі показано результати досліджень, що проводились нами для вдосконалення методики прогнозування зон АВПТ механічним каротажем. Залежність швидкості механічного буріння від різниці пластового тиску та тиску стовпа промивальної рідини у свердловині не раз відзначалась багатьма дослідниками (Аникієв, 1971; Зильберман, 1977; Кузів та ін., 2018). Вони стверджують, що механічна швидкість проходки збільшується у зонах АВПТ, коли величина тиску промивальної рідини на пласт не перевищує поровий тиск у глинах (3,5 МПа). Так, створення надлишку вибірного тиску в +3,5 МПа знижує механічну швидкість буріння наполовину в разі розбурювання більшості глинистих порід, а створення нестачі тиску в – 3,5 МПа подвоює механічну швидкість буріння. На думку М.А. Мислюка, найраціональніше буріння "на балансний

рівновазі" між тиском флюїдів у порах і гідростатичним тиском промивальної рідини в свердловині.

М.А. Мислюк рекомендує цю величину підтримувати у межах 0-2,5 МПа, посилаючись на досвід буріння свердловин у США. У такому випадку, якщо своєчасно виявити момент входження в зону з АВПТ і, якщо правильно оцінити величину тиску, то з'являється можливість безаварійного буріння свердловини та здійснення контролю за пластовим тиском у процесі буріння і проходки її на мінімально необхідній густині промивальної рідини (Мислюк та Васильченко, 2009).

За умови контролювання постійної ваги долота, частоти обертання, типу долота та гідравліки швидкість буріння у глинистих сланцях рівномірно зменшується з глибиною. Це відбувається у результаті підвищення ущільнення глинистих сланців. Однак у перехідних зонах і в зонах підвищеного тиску швидкість буріння збільшується. Нижчу швидкість буріння часто спостерігають у пласті, який є бар'єром тиску, що перекидає зону зміни тиску. Будь-яка значна літологічна зміна у глинистих сланцях (алевритисті, вапнякові глинисті сланці, аргіліти та т. п.) також вплине на швидкість буріння (Фертль, 1980).

Існує багато способів виявлення зон з аномально високими тисками за даними, які реєструються на поверхні: збільшення швидкості проходки, зменшення крутного моменту на роторі, підвищення навантаження на гаку вище розрахункового, збільшення рівня промивальної рідини у приймальних ємностях, зміни густини вибурюваної породи, наявність газу в промивальній рідині та ін. Першими ознаками можливого зіткнення пластів з АВПТ може бути зменшення питомого опору породи за даними електричного каротажу та збільшення часу проходження звукової хвилі за даними акустичного каротажу (Олексюк та ін., 2011; Тамалянц та ін., 2013; Фертль, 1980).

Але вказані методи не вважають оперативними, оскільки більшість з перелічених чинників проявляється лише після початку розкриття зон з АВПТ. У закордонній практиці буріння, дослідження спрямовані на створення

пристроїв, які записують на вибої свердловини дані про роботу долота, параметри промивальної рідини та властивості гірських порід. Крім цього, розроблено спеціальні види каротажу, які дозволяють прогнозувати зони з АВПТ безпосередньо під час буріння. До них належать: каротаж, який ґрунтується на залежності між густиною порід та пластовим тиском; моментальний каротаж, де використовується дані про вібрацію бурового інструменту; фіксування наявності газу на вибої у промивальній рідині за допомогою спеціального зонда.

Використання будь-якого з цих методів окремо не дає повної гарантії своєчасного виявлення зон з АВПТ, тому отримання достовірних результатів повинно ґрунтуватися на застосуванні всіх можливих засобів та методів.

Аналіз даних пробурених свердловин у Передкарпатському прогині та тих, які знаходяться у бурінні, дав змогу нам установити, що у разі наближення вибою свердловини до пласта з АВПТ відбувається збільшення механічної швидкості буріння в глинистих породах, це пояснюється наявністю підвищених внутрішньопорових тисків і меншою густиною цих порід. Збільшення механічної швидкості буріння за умов постійних параметрів режиму буріння пояснюється також і неоднорідністю порід, і стратиграфічними переходами з однієї складки насуву в іншу. Однак, у разі подвійного збільшення механічної швидкості буріння свердловини в осадових відкладах ідентичних за літологією, можна впевнено пояснити це явище входом вибою свердловини в зону АВПТ.

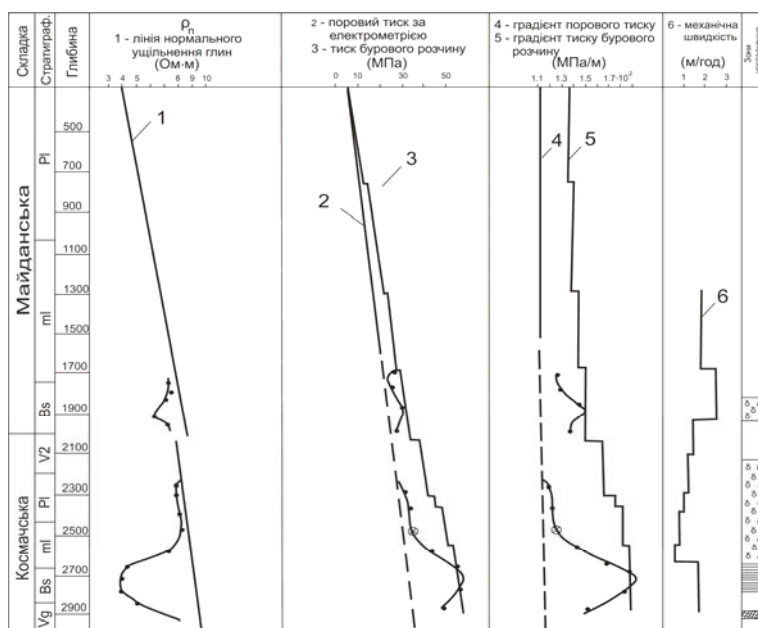
Отже, якщо достатньо відпрацьована методика механічного каротажу, то він може стати одним із надійніших методів прогнозування пластів з АВПТ, причому в

процесі буріння він не потребуватиме проведення спеціальних дорогих робіт.

З метою перевірки можливості використання механічного каротажу для прогнозування зон АВПТ безпосередньо під час буріння, нами проведено порівняння зміни механічної швидкості буріння по стовпу свердловини з даними кількісного та якісного визначення зон АВПТ за результатами промислово-геофізичних досліджень. Якісна та кількісна оцінка зон АВПТ проводилась в основному за даними електрометрії свердловин, застосовуючи методику "кривих нормально ущільнених глин". Для перевірки висновків використовувались безпосередні заміри пластових тисків глибинними манометрами та дані визначення пластових тисків у разі переливання глинистого розчину із свердловини.

Основними об'єктами досліджень обрано свердловини: 28-Космач, 27-Сливки та 14-Космач-Покутський.

Свердловина 28-Космач (рис. 1) розкрила дві насуни одна на другу складки: Космацьку і Майданську. Кожна із цих складок характеризується своєю лінією нормального ущільнення глин. За даними електрометричних досліджень у розрізі цієї свердловини виділяються дві зони з АВПТ, а саме, в інтервалах 1700–2000 м і 2300–2900 м. Поровий тиск у цих зонах обчислено за методикою "кривих нормально ущільнених глин" (Добрынин и Серебряков, 1989). Проведено порівняння обчислених порових тисків із прямими замірами глибинним манометром. Так, на глибині 2500 м пластовий тиск у породах дорівнював 29,1 МПа, що повністю відповідає даним геофізичних досліджень. Градієнти порових тисків у розкритих свердловиною зонах з АВПТ досягають у верхній складці $1,5 \cdot 10^{-2}$ МПа/м і у нижній – $1,9 \cdot 10^{-2}$ МПа/м.



Умовні позначення:



- Розгазування глинистого розчину



- поглинання



- Прихвати бурильної колони



- пластові тиски заміряні манометром

Рис. 1. Оцінка зон АВПТ у свердловині № 28-Космач за даними електрометрії та механічної швидкості буріння

Порівняння даних механічної швидкості буріння з даними обчисленими за електрометричними дослідженнями свердловини 28-Космач показують, що в зонах аномально високих пластових тисків збільшилась швидкість проходки свердловини у верхній складці від

1,8 м/год до 2,5 м/год і в нижній складці від 0,3 м/год до 1,4 м/год. Слід зазначити, що механічна швидкість буріння у вказаних інтервалах збільшилась, незважаючи на збільшення питомої ваги глинистого розчину для запобігання аварійному фонтануванню свердловини.

У процесі проводки свердловини 28-Космач фіксувались ускладнення, починаючи з глибини 1800 м у вигляді розгазування глинистого розчину. В інтервалі 2379–2574 м відбулося розгазування глинистого розчину та зменшення його питомої ваги з $1,78\text{--}1,82 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ до $1,5\text{--}1,55 \text{ кг/м}^3$. На глибині 2650 м стався прихват бурильної колони. Під час ліквідації прихвату спостерігалось розгазування промивальної рідини та зменшення її густини до $1,56 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Отже, з отриманих результатів аналізу механічної швидкості буріння під час проводки свердловини 28-Космач видно, що зони АВПТ, виділені у розрізі цієї свердловини промислово-геофізичними та іншими методами, повністю збігаються з параметрами механічного каротажу.

Свердловина 27-Сливки (рис. 2) розкрила також дві насунуті одна на іншу складки: Луквинську та Багрівську. Збільшення порового тиску, обчисленого за даними електрометрії та густини (шламу) вибуреної породи, фіксується з глибини 1400 м. Порові тиски, обчислені за даними електрометрії та шламу, збігаються. Градієнти порового тиску в розкритих породах у розрізі свердловини на глибині 1500 м наближаються до $1,62 \cdot 10^{-2} \text{ МПа/м}$ і на глибині 2300 м дорівнюють $1,85 \cdot 10^{-2} \text{ МПа/м}$. Свердловина в зонах підвищених порових тисків бурилась при вибійному тиску нижчому, ніж поровий і, незважаючи на збільшення густини промивальної рідини в зонах АВПТ, також спостерігалось збільшення механічної швидкості буріння.

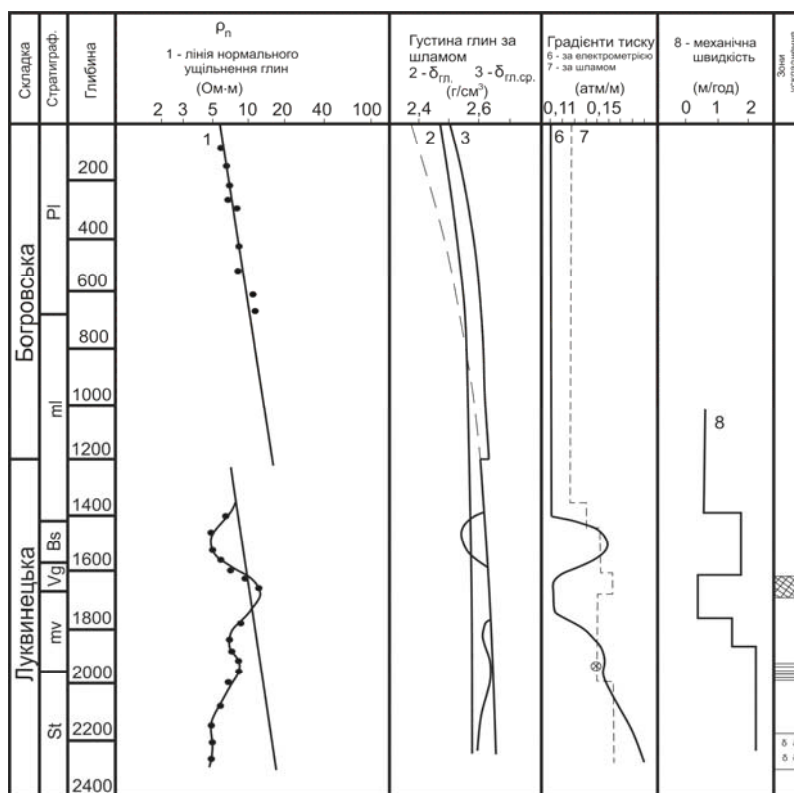


Рис. 2. Оцінка зон АВПТ у свердловині № 27-Сливки за даними електрометрії, густиною глинистих порід за шламом та даними механічної швидкості буріння. Умовні позначення: див. рис. 1

Аналогічні результати отримані при порівнянні механічної швидкості буріння з даними геофізичних досліджень і спостережень у процесі проводки свердловини 14-Космач-Покутський (рис. 3). У цій свердловині також спостерігалось збільшення механічної швидкості буріння в зонах АВПТ, причому більше ніж у два рази: від 0,6 м/год до 2,0 м/год. Особливо наочно видно збіг зони підвищених порових тисків, обчислених за електрометричними дослідженнями, з даними збільшення механічної швидкості буріння та результатами спостережень у процесі проводки свердловини в інтервалах 1900–2150 м, 2230–2440 м, 2650–2850 м. У цих інтервалах спостерігалось значне перевищення порових тисків над вибійними, про що свідчать інтенсивні осипи стінок свердловини у процесі проводки, а також збільшення механічної швидкості буріння. Результати проведених досліджень глибоких і надглибоких свердловин: 1-Шевченково, 1-Луги, 814-Пасічна, 3-Рожнятів, 1-Битля, 2, 3-Бориня, 50-Битків та інших, дають можливість зробити висновок, що механічна швидкість буріння перебуває у прямій залежності від внутрішньопорових тисків пробурених порід. На це вказують результати порівняння кривих механічного каротажу

з комплексом кривих, побудованих за даними геофізичних досліджень, це підтверджується прямими замірами пластових тисків або результатами спостережень у процесі проводки свердловини.

Збіг зон збільшення швидкостей буріння в розрізах свердловин з товщами з АВПТ фіксується перевіреною у цьому регіоні методикою "кривих нормально ущільнених глин" і переконує нас у тому, що механічний каротаж є досить ефективним методом прогнозування та оцінки зон АВПТ. Подальше вдосконалення методики прогнозування АВПТ механічним каротажем необхідно розглядати як високоефективне дослідження, оскільки проведення цього виду каротажу не потребує зупинки буріння свердловини і додаткових витрат на виконання спеціальних робіт.

Збіг інтервалів самочинного збільшення швидкості буріння в однорідних глинистих пластах із зонами АВПТ у Передкарпатському прогині дає змогу стверджувати, що спільний аналіз даних механічного та електричного каротажу точно визначає місцезнаходження зони підвищеного тиску та попереджає газопрояви і відкриті викиди.

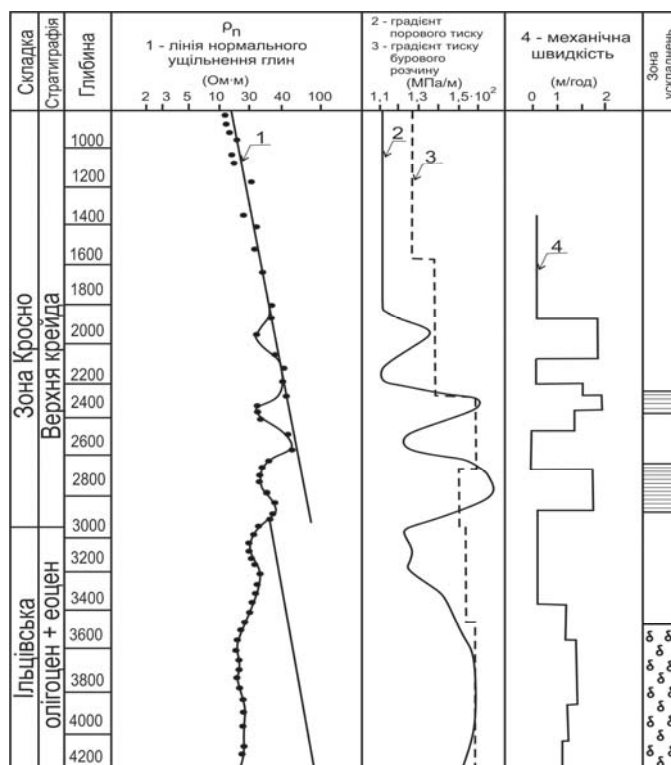


Рис. 3. Оцінка зон АВПТ у свердловині № 14-Космач-Покутський за даними електрометрії та механічної швидкості буріння. Умовні позначення: див. рис. 1

Список використаних джерел

- Аникиев, К.А. (1971). Прогноз сверхвысоких пластовых давлений и совершенствование глубокого бурения на нефть и газ. Ленинград: Недра.
- Добрынин, В.М., Серебряков, В.А. (1989). Геолого-геофизические методы прогнозирования аномальных пластовых давлений. Москва: Недра.
- Зильберман, В.И. (1977). Управление пластовым давлением при бурении скважин – кардинальный путь повышения геологической эффективности буровых работ на нефть и газ. *Труды ВНИГРИ*, 150-158.
- Кузів, І.М., Левицька, Г.М., Чорний, Е.О., Чорний, О.М. (2018). Вплив надгідростатичних пластових тисків (НГПТ) на формування газових покладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Нафтогазова галузь: Перспективи нарощування ресурсної бази"*, 23-25 травня 2018 р., Івано-Франківськ, 77-79.
- Мислюк, М. А., Васильченко, А.О. (2009). Попередження забруднення продуктивних пластів під час їх розкриття. *Нафтова і газова промисловість*, 1, 23-25.
- Олексюк, М. П., Юрич, А.Р., Різничук, А.І. (2011). Прогнозування аномально високих пластових тисків (АВПТ) у процесі буріння методом d-експоненти в реальному часі буріння свердловин з використанням ЕОМ. *Наукові праці ДонНТУ. Серія "Гірничо-геологічна"*, 13 (178), 40-43.
- Тамамянц, Т.Л., Лях, М.М., Федоляк, Н.В., Вакалюк, В.М., Бандура, А.І. (2013). Аналіз стану технології буріння свердловини із заданим вибітним тиском. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*, 3, 23-32.
- Фертль, У.Х. (1980). Аномальные пластовые давления. Москва: Недра.
- Чорний, М.І., Чорний, О.М., Метослоп, І.М., Кузів, І.М. (2013). Геологічні основи розкриття і випробування продуктивних пластів. Навчальний посібник. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ.
- Чорний, О.М., Левицька, Г.М., Кузів І.М., Чорний, Е.О. (2015). Технологія розкриття пластів на рівновазі пластового та вибітного тисків при бурінні свердловин Передкарпаття. *Нафтогазова галузь України*, 3, 14-17.

References

- Anikiev, K.A. (1971). Prognostication of superhigh formation pressures and improvement of deep drilling for oil and gas. Leningrad: Nedra. [in Russian]
- Dobrynin, V.M., Serebryakov, V.A. (1989). Geologo-geophysical methods of forecasting anomalous formation pressures. Moscow: Nedra. [in Russian]
- Zil'berman, V.I. (1977). Control of formation pressure during well drilling – a cardinal way of increasing the geological efficiency of oil and gas drilling work. *Trudy VNIIGRI*, 150-158. [in Russian]
- Kuziv, I.M., Levytska, H.M., Chorniy, E.O., Chorniy, O.M. (2018). Vplyv nadhidrostatychnykh plastovykh tyskiv (NHPT) na formuvannya hazovykh pokladiv Zovnishnoi zony Peredkarpatskoho prohynu. *International Scientific and Technical Conference "Oil and gas industry: Prospects for building up resource base"*, May 23-25, 2018, Ivano-Frankivsk, 77-79. [in Ukrainian]
- Mysliuk, M.A., Vasylychenko, A.O. (2009). Poperedzhennia zabrudnennia produktyvnykh plastiv pid chas yikh rozkryttia. *Naftova i hazova promyslovist*, 1, 23-25. [in Ukrainian]
- Oleksyuk, M. P., Yurich, A.R., Riznychuk, A.I. (2011). Prohnozuvannya anomalno vysokyykh plastovykh tyskiv (AVPT) u protsesi burinnia metodom d-ekspONENTY v realnomu chasi burinnia sverdlodyn z vykorystanniam EOM. *Naukovyi pratsi DonNTU. Seriya "Hirnycho-geologichna"*, 13 (178), 40-43. [in Ukrainian]
- Tamamiants, T.L., Liakh, M.M., Fedoliak, N.V., Vakaliuk, V.M., Bandura, A.I. (2013). Analiz stanu tekhnolohii burinnia sverdlodynny iz zadanyim vybitnym tyskom. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovysch*, 3, 23-32. [in Ukrainian]
- Fertl, U.H. (1980). Anomalous formation pressures. Moscow: Nedra. [in Russian]
- Chorniy, M.I., Chorniy, O.M., Metoshop, I.M., Kuziv, I.M. (2013). Heolohichni osnovy rozkryttia i vyprobuвання produktyvnykh plastiv. Navchalnyi posibnyk. Ivano-Frankivsk: IFNTUNH. [in Ukrainian]
- Chorniy, O.M., Levytska, H.M., Kuziv, I.M., Chorniy, E.O. (2015). Tekhnolohiia rozkryttia plastiv na rinvovazi plastovoho ta vybiinoho tyskiv pry burinni sverdlodyn Peredkarpattia. *Naftohazova haluz Ukrainy*, 3, 14-17. [in Ukrainian]

Надійшла до редколегії 04.02.19

E. Chorniy, PhD student
E-mail: ediachornii@gmail.com
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
15 Karpatska Str., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine

DEPENDENCE OF MECHANICAL SPEED OF WELL DRILLING ON THE PORE PRESSURE OF PENETRATED BEDS WITHIN THE PRE-CARPATHIAN FIELD

The paper considers the dependence of the mechanical speed of wells drilling on the seams with abnormally high spatial (reservoir) pressures. Forecasting of AHRP is important for improving the degree of completion of layers in process of drilling. As a result of the drilling in of unpredictable areas of AHRP in the Pre-Carpathian region the drill columns often get stuck, one of the reasons for which is not often a justified preventive weighting of the drilling mud. To regulate the pressure in the well during drilling, it is necessary to identify the upper limit of the AHRP zone in time and give it a reasonably quantified characteristics. After analysing the data of wells in the Pre-Carpathian region and those that are being drilled now, it was possible for us to establish that in the case of approaching the well bore to the formation of AHRP, there is an increase in the mechanical speed of drilling in clay rocks, due to the presence of increased internal pressure and a lower density of these rocks. Increasing

of the mechanical speed of drilling under the condition of constant parameters of the drilling regime is also due to heterogeneity of rocks, and stratigraphic transitions from one fold to the other. However, in the case of a double increase of the mechanical speed of drilling in sedimentary layers which are identical in lithology, it is possible to confidently explain this phenomenon by the entrance of the borehole into the AHRP zone. In order to verify the possibility of using mechanical logging to predict the areas of AHRP directly during drilling, we compared the change in the mechanical speed of drilling along the well bore with the data of quantitative and qualitative determination of the areas of AHRP on the results of industrial-geophysical research. Qualitative and quantitative estimation of AHRP zones was carried out, basically, according to the data of electrometry of wells, using the technique of "curves of normally densified clay". For the verification of the findings, direct measurements of the formation pressure with the pressure gauges were used and the data of determination of the formation pressures in the case of transfer of clay solution from the well. Due to the prediction of spatial and reservoir pressures by means of mechanical logging in the process of well laying, we observe a decrease in accidents rate, and an increase in the efficiency of drilling.

Keywords: pore pressure, reservoir pressure, abnormally high reservoir pressure, mechanical speed of drilling, pressure forecasting.

Э. Чорный, асп.

E-mail: ediachornii@gmail.com

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа,
ул. Карпатская, 15, г. Ивано-Франковск, 76019, Украина

ЗАВИСИМОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ОТ ВНУТРИПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ ВСКРЫТЫХ ПОРОД В ПРЕДКАРПАТСКОМ ПРОГИБЕ

Рассматривается зависимость механической скорости бурения скважин при вскрытии пластов с аномально высокими поровыми (пластовыми) давлениями (АВПД). Прогнозирование АВПД имеет большое значение для улучшения качества вскрытия пластов в процессе бурения. В результате вскрытия непредвиденных зон АВПД в Предкарпатском прогибе часто происходят прихваты буровой колонны, одной из причин которых является не всегда оправданное профилактическое утяжеление бурового раствора. Для регулирования давления в скважине во время бурения необходимо своевременно обнаружить верхнюю границу зоны АВПД и дать ей обоснованную количественную характеристику. Анализ данных пробуренных и находящихся в бурении скважин в Предкарпатском прогибе дает возможность установить, что при приближении забоя скважины к пласту с АВПД происходит увеличение механической скорости бурения в глинистых породах, что объясняется наличием повышенных внутрипоровых давлений и уменьшением плотности этих пород. Увеличение механической скорости бурения при постоянных параметрах режима бурения объясняется также и неоднородностью пород, и стратиграфическими переходами с одной складки надвига в другую. В случае двойного увеличения механической скорости бурения скважины в осадочных отложениях, идентичных по литологии, это явление можно объяснить входом забоя скважины в зону АВПД. С целью проверки возможности использования механического каротажа для прогнозирования зон АВПД непосредственно во время бурения, нами проведено сравнение изменения механической скорости бурения по столбу скважины с данными количественного и качественного определения зон АВПД по результатам промыслово-геофизических исследований. Качественная и количественная оценка зон АВПД проводилась в основном по данным электрометрии скважин, с использованием методики "кривых нормально уплотнённых глин". Для проверки результатов использовались непосредственные замеры пластовых давлений глубинными манометрами и данные определения пластовых давлений в случае переливания глинистого раствора из скважины. Прогнозирование поровых и пластовых давлений при помощи механического каротажа в процессе проводки скважины способствует уменьшению аварийности, повышению эффективности бурения.

Ключевые слова: поровое давление, пластовое давление, аномально высокое пластовое давление, механическая скорость бурения, повышение эффективности бурения.

ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 553:332.122.5(477)

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.06>

В. Волков, д-р техн. наук, проф.

E-mail: volkovvp49@gmail.com;

Л. Горошкова, д-р екон. наук, проф.

E-mail: goroshkova69@gmail.com

Запорізький національний університет,

вул. Жуковського, 66, м. Запоріжжя, 69600, Україна;

Є. Хлобистов, д-р екон. наук, проф.

E-mail: ievgen.khlobystov@ukr.net

Національний університет "Києво-Могилянська академія",

вул. Григорія Сковороди, 2, м. Київ, 04655, Україна

УПРАВЛІННЯ РАЦІОНАЛЬНИМ ВИДОБУВАННЯМ ВУГІЛЬНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. В.М. Загнітком)

Проаналізовано динаміку видобутку вугільних ресурсів України. Доведено, що впродовж 10 років відбувалися коливання показників як за обсягами видобутку, так і за темпами їх зростання. Здійснено апроксимацію показників темпів зростання обсягів видобутку вугільних ресурсів поліноміальною функцією з використанням лінії тренду. Встановлено, що коливання досліджених показників мають циклічний характер, вони корелюються між собою та залежать від загальноекономічного та політичного стану країни.

Запропоновано прогнозування обсягів видобутку здійснювати з урахуванням циклічності економічного розвитку країни. Доведено, що вирішити проблему раціонального використання корисних копалин можливо більш збалансованим їх видобутком.

Запропоновано використати захищену патентом авторську методику прогнозування розвитку складних систем для управління раціональним видобутком вугільних ресурсів України. Розроблена модель дозволить управляти обсягами видобутку технологічно споріднених корисних копалин у взаємозалежності від обсягів використання.

Ключові слова: мінерально-сировинна база, паливно-енергетичні ресурси, вугілля кам'яне, вугілля коксівне, антрацит, прогнозування, моделювання, управління.

Постановка проблеми. Паливно-енергетичні ресурси є важливими факторами розвитку економіки держави оскільки вони забезпечують функціонування підприємств провідних галузей національного господарства та енергетичну безпеку країни. Саме тому у Загальнодержавній програмі розвитку мінерально-сировинної бази (МСБ) України на період до 2030 р. разом з відтворенням запасів корисних копалин, передбачено проведення геологічних досліджень спрямованих на їх приріст (Закон України, 2011). Одним із вагомих чинників подолання кризового становища в економіці України є належне забезпечення потреб економіки в мінерально-сировинних ресурсах та ефективне їх використання. Вугілля в Україні – єдина енергетична сировина, запасів якої потенційно достатньо для забезпечення енергетичної безпеки держави, але його видобуток останніми роками у країні суттєво знижується з політичних та економічних причин. Саме тому існує необхідність формування системи управління забезпечення країни вугіллям за умови ощадливого ставлення до його видобування та використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам геологічного вивчення надр, надрокористування, зокрема економічним аспектам, присвячені роботи І. Андрієвського, А. Бодюка, С. Довгого, М. Коржнева, М. Костенко, М. Красножона, Є. Куліша, М. Курила, О. Лисенка, В. Матюха, В. Михайлова, В. Міщенко та ін. (Андрієвський та ін., 2013; Бодюк, 2013; Довгий та ін., 2007; Коржнев та ін., 2006; Красножон, 2014, 2015; Лисенко та ін., 2017; Михайлов та ін., 2006). Дискусійним залишається питання щодо критеріїв визначення та ознак класифікації та ресурсів у вітчизняній та міжнародній практиці (Рудько та ін., 2016). У публікаціях, присвячених геолого-економічній оцінці вугільних родовищ, розглядаються умови утворення та будови вугільних пластів і вугленосних формацій, природні типи, якість та властивості вугілля, наводяться відомості про геологічну будову, вугленосність, якість вугілля, гірничо-геологічні умови розробки і ресурси вугільних басейнів та родовищ України (Нагорний, 2005); оцінюються ризики освоєння родовищ вугілля на прикладі вітчизняних об'єктів з незначними запасами (Рудько та Бала, 2017; Рудько та

ін., 2011), розглядаються проблеми обґрунтування ціни товарної продукції при геолого-економічній оцінці вугільних родовищ (Рудько та ін., 2018).

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. З урахуванням важливості вугільних ресурсів для безпеки країни, в межах економічної геології, доцільно більш глибоко та системно досліджувати проблеми управління ефективним використанням та відтворенням мінерально-сировинної бази країни. Саме тому, на нашу думку, доцільно здійснювати планування та прогнозування не тільки процесу відтворення ресурсів на основі геолого-економічної оцінки родовищ, але й видобутку з урахуванням наявності технологічної спорідненості між ресурсами, що використовуються у різних технологічних процесах.

Формулювання цілей статті. Метою статті є розробка моделі планування та прогнозування видобутку вугільних ресурсів України як складової системи управління мінерально-сировинною базою країни.

Виклад основного матеріалу дослідження. Горючі корисні копалини зустрічаються у природі в газоподібному, рідкому та твердому стані. До газоподібних належить газ природний, гелій, етан, пропан, бутани та газ (метан) вугільних родовищ; до рідких – нафта, конденсат газовий та бітум нафтовий; до твердих – вугілля буре, бітум (у бурому бітумовмісному вугіллі), вугілля кам'яне, торф.

Вугілля – тверда горюча осадова порода рослинного походження. Україна володіє значними запасами вугілля всіх генетичних стадій вуглефікації – від бурих до антрацитів.

Загальні ресурси вугілля України становлять: 112,3 млрд т, розвідані запаси – 51,9 млрд т; з них коксівного вугілля – 17,1 млрд т (30,5 %), антрацитів – 7,6 млрд т (13,5 %). Запаси вугілля коксівного та антрацитів складають, відповідно, 31,5 % та 14,3 % від запасів кам'яного вугілля України (Примушко, 2018).

Балансові запаси кам'яного вугілля підраховані в основному до глибин 1200–1400 м, іноді 1600–1700 м. Прогнозні та перспективні ресурси кам'яного вугілля підраховані до глибин 1800–2000 м.

Кам'яне вугілля зосереджене у двох басейнах: Донецькому та Львівсько-Волинському. Вугленосність басейнів приурочена до відкладів карбонівського віку.

Донецький басейн займає територію Дніпропетровської, Донецької, Луганської і Харківської областей України, а також Ростовської області Росії. Загальна кількість робочих пластів басейну досягає 120, з них експлуатуються 65. Глибина залягання вугільних пластів збільшується в північно-східному напрямку від 60–70 до 1500–1700 м. Вугільні пласти басейну віднесені до тонких, потужність яких майже не перевищує 1,2 м.

Вугілля різноманітне за якістю: від довгополум'яного до антрациту згідно з ДСТУ 3472-96. Глибина розробки вугільних пластів у басейні коливається від 200 до 1350 м і сягає в середньому 730 м.

Львівсько-Волинський басейн територіально розташований у Львівській і Волинській областях і є південно-східним продовженням Люблінського басейну Польщі. Потужність кам'яновугільних відкладів закономірно збільшується від 600 м на північному сході, до 1200 м на південному заході. Найбільш значна промислова вугленосність приурочена до відкладів серпухівського ярусу, що вміщує 50 вугільних пластів і прошарків. Робочу потужність мають від трьох (на сході) до дев'яти (на заході) вугільних пластів. Пласти характеризуються як тонкі, мають потужність 0,7–1,2 м, дуже рідко досягають середньої потужності 1,2–1,5 м. У відкладах башкірського ярусу виявлено понад десять вугільних пластів; з них чотири мають промислове значення. За маркуванням вугілля довгополум'яне газове, газове, жирне, коксівне (Примушко, 2017).

Щодо кількості шахт, що здійснюють видобуток вугілля кам'яного, існують певні розбіжності між даними, наведеними ДНВП "Державний інформаційний геологічний фонд України" (Примушко, 2017, 2018) та у Матеріалах слухань Спеціальної контрольної комісії ВРУ України з питань приватизації від 17 травня 2018 р. Так, згідно з даними ДНВП "Державний інформаційний геологічний фонд України", у 2013 р. експлуатували 505 шахт з видобутку кам'яного вугілля, з них 97 шахт були державними підприємствами, а 408 шахт мали різні форми недержавної власності (коксівне вугілля добували у 100 шахтах, антрацити – у 295). У 2016 р. кількість шахт скоротилась: експлуатували 482 шахт з видобутку кам'яного вугілля, з них 95 шахт це державні підприємства, а 387 шахт мали різні форми недержавної власності. У 2017 р. загальна кількість шахт скоротилась до 481 за рахунок зменшення на 1 шахту державної форми власності. Відповідно до матеріалів слухань Спеціальної контрольної комісії ВРУ України з питань приватизації станом на 1.07.2015 експлуатуються 150 шахт, з яких 69 не працюють через бойові дії, 7 зруйновані. Станом на 01.01.2018 кількість шахт скоротилась до 148.

З 90 шахт, підпорядкованих Міністерству енергетики та вугільної промисловості України, лише 35 розташовані на контрольованій Україною території, тоді як інші 55 (у т.ч. шахти, що видобувають вугілля антрацитової

групи) перебувають на непідконтрольній території Донецької та Луганської областей. Із 35 контрольованих Україною шахт (які розташовані поза зоною ведення бойових дій) працюють 24 шахти (видобувають близько 21 тис. т на добу), 2 шахти працюють у режимі підтримання життєдіяльності (у режимі водовідливу). Загалом, за даними Міненерговугілля, на непідконтрольній території Донецької та Луганської областей налічується 85 шахт всіх форм власності, що становить 57 % від їх загальної кількості по Україні. З них на 60 шахтах видобувалося енергетичне вугілля, у т.ч. майже 100 % антрациту (Бобро, 2018).

Усі недержавні підприємства галузі є рентабельними (не отримують державних дотацій), рівень використання виробничих потужностей на них у середньому перевищує 90 %, продуктивність праці при видобутку вугілля є в 2–3 рази більшою, а заробітна плата на 20–25 % вищою, ніж на державних шахтах.

Більшість вугледобувних підприємств приватного сектору входять до складу вертикально інтегрованих структур металургії або електроенергетики (ТОВ "Метінвест холдинг" – 7 шахт; Донбаська паливно-енергетична компанія (ДТЕК) – 28 шахт; ПрАТ "Донецький металургійний завод" – 1 шахта) та однієї горизонтально інтегрованої структури – НВО "Механік" (6 шахт) (Бобро, 2018).

Крім цього, у приватному секторі функціонують понад 10 незалежних вугледобувних підприємств різних організаційно-правових форм, серед яких ПрАТ "Шахта ім. О.Ф. Засядька"; ПрАТ "Шахта "Жданівська"; ТОВ "Краснолиманське"; "Шахтоуправління ім. В.І. Чапаєва"; ПрАТ "Укрвуглебуд" та ін.

Більшість державних вугледобувних підприємств, значну частку яких становлять малопотужні шахти зі складними гірничо-геологічними умовами, працюють не ефективно та перебувають на державній дотації. При цьому при зменшенні видобутку у 2005–2013 рр. майже вдвічі (з 46,1 млн тонн до 24,1 млн тонн) обсяг державних дотацій державним підприємствам вугільної галузі за цей період зріс більш, ніж у 4 рази й у 2013 р. досяг рівня 13,3 млрд грн., що склало 4,4 % сукупних державних видатків України.

З метою аналізу динаміки видобутку вугілля в Україні нами були проаналізовані офіційні дані, наведені ДНВП "Державний інформаційний геологічний фонд України" (Примушко, 2018), Міністерством енергетики та вугільної промисловості України (Інформаційна довідка ..., 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015; 2016; 2017; 2018) та Державною службою статистики України (Статистичний щорічник України, 2014; 2018). У результаті їх зіставлення виявлені розбіжності, що ускладнюють процес аналізу та знижують точність розрахунків (табл. 1). Отже, для подальшого аналізу нами використані дані ДНВП "Державний інформаційний геологічний фонд України".

Таблиця 1

Обсяги видобутку вугілля в Україні впродовж 2007–2018 років

Рік	ДНВП "Державний інформаційний геологічний фонд України"			Міністерство енергетики та вугільної промисловості України			Державна служба статистики України
	Кам'яне вугілля, млн т	Коксівне вугілля, млн т	Антрацит та інше кам'яне вугілля, млн т	Кам'яне вугілля, млн т	Коксівне вугілля, млн т	Енергетичне вугілля, млн т	Кам'яне вугілля, млн т
2007	73,309	23,118	50,191	н/д	н/д	н/д	55,00
2008	72,912	21,952	50,960	н/д	н/д	н/д	62,70
2009	69,982	21,949	48,033	н/д	н/д	н/д	65,50
2010	71,365	22,075	49,290	75,231	24,1821	51,0489	64,40
2011	77,390	23,010	54,380	81,9914	25,0221	56,9693	45,90
2012	79,537	23,984	55,553	85,946	24,8235	61,1225	30,20
2013	77,659	23,791	53,868	83,6975	23,7245	59,973	31,60
2014	57,467	18,332	39,135	64,9953	16,1393	48,856	24,20
2015	37,000	12,251	24,749	39,7447	8,3251	31,4196	55,00
2016	39,929	13,091	26,838	40,90	8,40	32,80	62,70
2017	30,954	11,819	19,135	34,961	6,8073	28,108	65,50
2018	н/д	н/д	н/д	33,29	5,81	27,48	64,40

Результати аналізу офіційних статистичних даних (Гришко, 2018) щодо обсягів видобутку вугілля кам'яного, коксівного вугілля та антрациту наведено на рис. 1, а на рис. 2 – темпи зростання обсягів видобутку корисних копалин впродовж 2007–2017 рр. На рисунках наведено також результати апроксимації та згладжування кривих показників темпів зростання обсягів видобутку досліджуваних корисних копалин поліноміальною функцією (з використанням

лінії тренду). Крім того, на рис. 2 отримані результати зіставлені з офіційними статистичними даними щодо індексу промислового виробництва з видобутку кам'яного та бурого вугілля (Статистичний щорічник України, 2014; 2018). Як бачимо, отримано збіг тенденцій щодо темпів зростання обсягів видобутку. На рисунках видно, що впродовж дослідженого періоду відбувалися коливання показників як обсягів видобутку, так і темпів їх зростання.

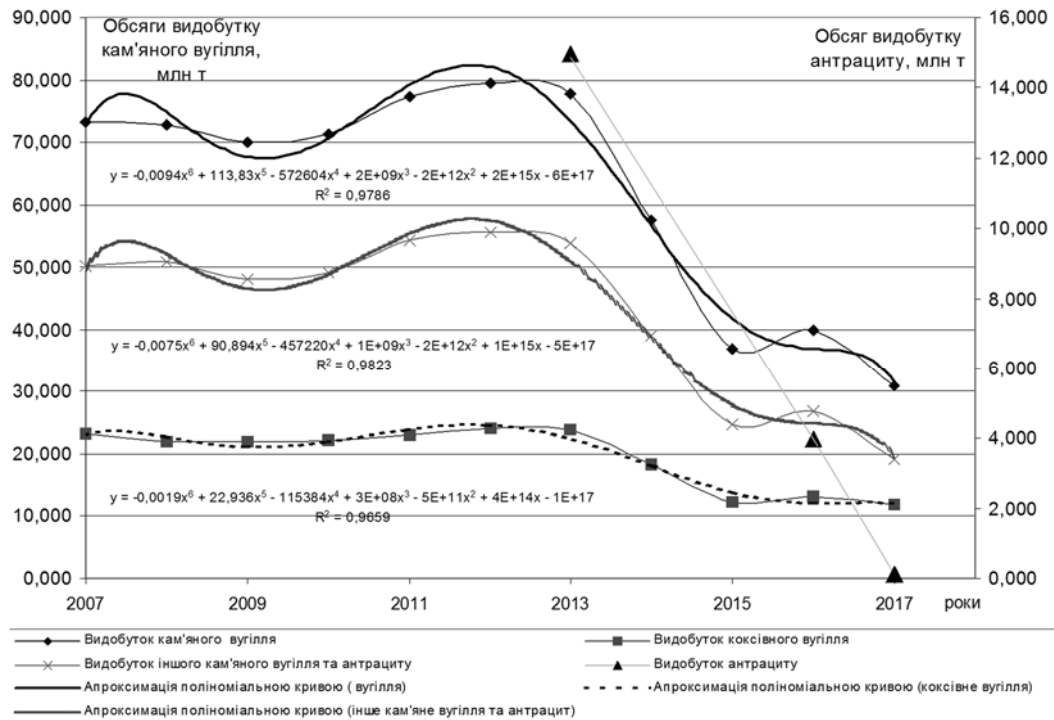


Рис. 1. Динаміка обсягів видобутку вугілля кам'яного, коксівного вугілля і антрациту в 2007–2017 рр. та відповідні апроксимуючі криві

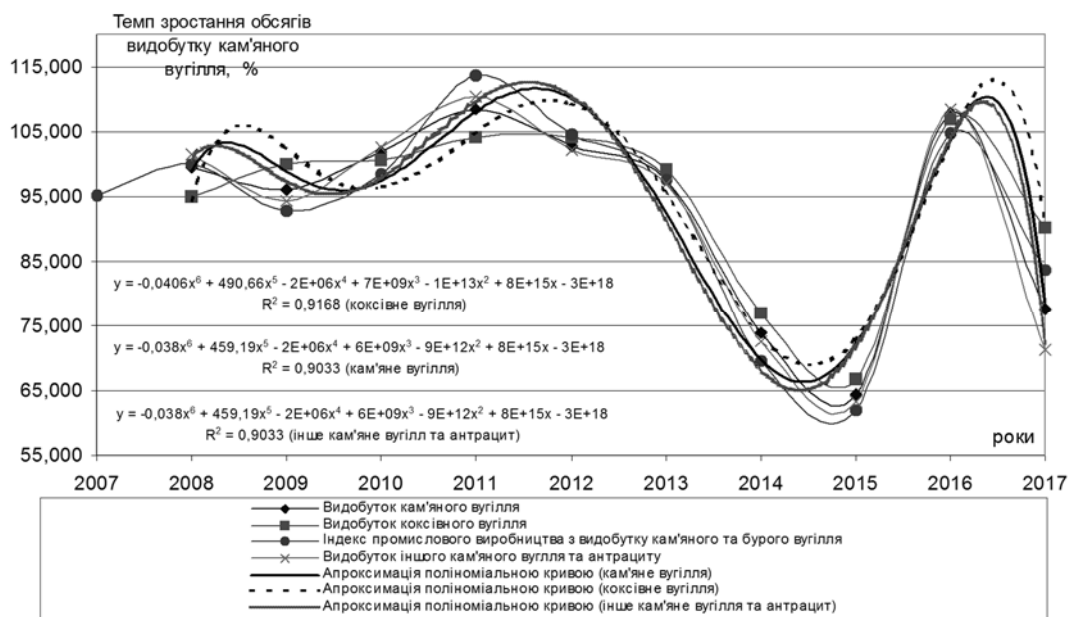


Рис. 2. Темпи зміни обсягів видобутку вугілля кам'яного, коксівного вугілля і антрациту в 2007–2017 рр. та відповідні апроксимуючі криві

аналіз отриманих результатів показав, що наведені залежності мають максимуми у 2006–2007, 2011–2012 рр.; мінімуми – у 2009 та у 2014 рр. Крім того, коливання досліджуваних показників видобутку вугілля кам'яного мають періодичний, циклічний характер. Такі

коливання, на наш погляд, віддзеркалюють малі цикли економічного розвитку, тривалість яких сягає 4–5 років. (Горошкова, 2011a; 2011b; Волков та Горошкова, 2013a; 2013b; 2018). Якщо зіставити отримані результати із загальною економічною ситуацією у країні, то

максимуми обсягів видобутку та їх темпів зростання збігаються з періодами зростання економіки України. Так впродовж 2006–2007 рр. в економіці країни спостерігалось стійке зростання, активізувалась діяльність галузей національного господарства, що є основними споживачами вугілля. Внаслідок цього збільшилися обсяги видобутку як коксівного вугілля, так і енергетичного. Подібна ситуація була характерною для 2011–2012 рр. У 2009–2010 рр., навпаки, була економічна криза, відповідно, показники обсягів видобутку вугілля кам'яного та темпів його зростання уповільнились. Наступний спад у видобутку кам'яного вугілля спостерігався у 2014 р. Він був наслідком початку бойових дій на території Донецької та Луганської областей. З початку бойових дій 69 з 148 українських шахт вимушені були припинити видобуток вугілля, 7 шахт було зруйновано в ході бойових дій, інші ж функціонують у режимі підтримки життєдіяльності. На шахти, які зараз не функціонують, у 2013 р. припадало 40 % видобутку вугілля в цілому по Україні (Бобро, 2018). Наступне збільшення видобутку вугілля кам'яного спостерігалось у 2016 р.

Зменшення виробництва вугілля на Донбасі, пошкодження та знищення шахтного фонду, захоплення терористами шахт, цілеспрямована руйнація ними залізничної інфраструктури призвели до розриву виробничих ланцюгів "вугілля-електроенергія" (Шевченко, 2018). Останніми роками запаси вугілля на підприємствах теплової електрогенерації недостатні, що загрожує стабільності функціонування всієї об'єднаної енергетичної системи України. Майже половина теплових електростанцій в Україні відчувають гострий дефіцит вугілля, у той час як на складах шахт, які зосереджені на окупованій території, лежить до 3–4 млн тонн вугілля, вивіз якого проблематичний (Гончар та ін., 2018).

З урахуванням стратегічного значення енергетичної безпеки країни та розвитку однієї з провідних галузей її національного господарства – металургійної, на нашу думку, необхідно досягти збалансованості обсягів видобутку та використання корисних копалин. Такий підхід забезпечить, з одного боку, більш раціональне, ощадливе ставлення до запасів корисних копалин, з іншого – підвищить економічну ефективність видобутку, оскільки в разі, корелювання обсягів та темпів зростання видобутку і використання, зменшаться непродуктивні витрати на зберігання та транспортування запасів копалин.

З урахуванням того, що окрім періодичності, спостерігається кореляція між дослідженими показниками щодо камінного вугілля, коксівного вугілля антрациту та іншого кам'яного вугілля доцільним буде здійснювати

прогнозування обсягів видобутку з урахуванням наявності взаємозв'язку. Традиційними методами апроксимації та згладжування можливо моделювати ситуацію щодо кожної із корисних копалин окремо, без урахування їх взаємозв'язку. Саме тому доцільним буде використати багатофакторну економіко-математичну модель прогнозування розвитку складних систем (Волков та Горошкова, 2013а).

Для опису взаємозалежних процесів циклічного розвитку видобутку корисних копалин з урахуванням наявності взаємозв'язку між ними можливо запропонувати систему диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = N_1(\varepsilon_1 + \gamma_1 N_2), \\ \frac{dN_2}{dt} = N_2(\varepsilon_2 + \gamma_2 N_1), \\ \frac{dN_i}{dt} = N_i(\varepsilon_i + \gamma_i N_{i-1}) \end{cases} \quad (1)$$

де i – кількість підсистем у складній системі; N – обсяги видобутку корисних копалин; ε – коефіцієнт приросту обсягів видобутку корисної копалини за умов, що не існує взаємозв'язку з іншими обсягами (це коефіцієнт пропорційності, що виражає відношення швидкості приросту обсягів видобутку $\frac{dN}{dt}$ до N), γ – коефіцієнт приросту потреби у корисній копалині.

З урахуванням того, що для аналізу обрані три корисні копалини: вугілля кам'яне (взагалі), вугілля коксівне й антрацит та інше кам'яне вугілля, система (1) містить три рівняння (по кількості копалин). У подальшому аналізі та прогнозування будуть використані такі показники, як базисний темп зростання (n) та середнє значення обсягів видобутку (K). Взаємозв'язок між ними є таким:

$$n = N/K, K = \varepsilon / \gamma; \varepsilon = \frac{\ln \frac{N}{N_0}}{t - t_0}.$$

Розрахунок здійснюємо таким чином:

$$n_1 = N_1/K_1 = 73,31 / 62,5004 = 1,1729;$$

$$n'_1 = N'_1/K'_1 = 23,12 / 19,5793 = 1,1807;$$

$$n_2 = N_2/K_2 = 50,19 / 42,9211 = 1,1694.$$

У табл. 2 наведено результати розрахунків базисних темпів зростання обсягів видобутку корисних копалин впродовж 2007–2017 рр. За базис вважається середнє значення обсягів видобутку за досліджений період.

У табл. 3 наведено результати розрахунків коефіцієнтів приросту видобутку корисних копалин та потреби у їх видобутку впродовж 2008–2017 рр.

Таблиця 2

Розрахунок базисних темпів зростання обсягів видобутку корисних копалин впродовж 2007–2017 років

Рік	Обсяги видобутку			Базисні темпи зростання		
	Кам'яне вугілля, млн т	Коксівне вугілля, млн т	Антрацит та інше кам'яне вугілля, млн т	$n_1 = N_1/K_1$	$n'_1 = N'_1/K'_1$	$n_2 = N_2/K_2$
2007	73,31	23,12	50,19	1,1729	1,1807	1,1694
2008	72,91	21,95	50,96	1,1666	1,1211	1,1873
2009	69,98	21,95	48,03	1,1197	1,1210	1,1191
2010	71,37	22,08	49,29	1,1418	1,1274	1,1484
2011	77,39	23,01	54,38	1,2382	1,1752	1,2670
2012	79,54	23,98	55,55	1,2726	1,2249	1,2943
2013	77,66	23,79	53,87	1,2425	1,2151	1,2551
2014	57,47	18,33	39,14	0,9195	0,9363	0,9118
2015	37,00	12,25	24,75	0,5920	0,6257	0,5766
2016	39,93	13,09	26,84	0,6389	0,6686	0,6253
2017	30,95	11,82	19,14	0,4953	0,6036	0,4458

Таблиця 3

Розрахунок коефіцієнтів приросту видобутку корисних копалин та потреби у їх видобутку впродовж 2008–2017 років

Рік	Коефіцієнт приросту видобутку вугілля кам'яного $\varepsilon_1(t)$	Коефіцієнт приросту видобутку вугілля коксівного $\varepsilon'_1(t)$	Коефіцієнт приросту видобутку антрациту та іншого кам'яного вугілля $\varepsilon_2(t)$	Коефіцієнт приросту потреби у видобутку вугілля кам'яного $\gamma_1(t)$	Коефіцієнт приросту потреби у видобутку коксівного вугілля $\gamma'_1(t)$	Коефіцієнт приросту потреби у видобутку антрациту та іншого кам'яного вугілля залежно від кам'яного вугілля $\gamma_2(t)$	Коефіцієнт приросту потреби у видобутку антрациту та іншого кам'яного вугілля залежно від коксівного вугілля $\gamma'_2(t)$
2008	-0,0054	-0,0518	0,0152	0,0002	0,0008	0,0004	-0,0012
2009	-0,0410	-0,0001	-0,0592	-0,0009	-0,0030	-0,0014	0,0000
2010	0,0196	0,0057	0,0258	0,0004	0,0013	0,0006	0,0001
2011	0,0811	0,0415	0,0983	0,0016	0,0050	0,0023	0,0010
2012	0,0274	0,0415	0,0213	0,0003	0,0011	0,0005	0,0010
2013	-0,0239	-0,0081	-0,0308	-0,0005	-0,0016	-0,0007	-0,0002
2014	-0,3011	-0,2607	-0,3195	-0,0051	-0,0163	-0,0074	-0,0061
2015	-0,4403	-0,4030	-0,4582	-0,0073	-0,0234	-0,0107	-0,0094
2016	0,0762	0,0663	0,0810	0,0013	0,0041	0,0019	0,0015
2017	-0,2546	-0,1022	-0,3383	-0,0054	-0,0173	-0,0079	-0,0024

Розрахунок здійснюємо таким чином: коефіцієнт приросту видобутку вугілля кам'яного $\varepsilon_1(t) = \ln(N_1/N_0) = 72,91 / 73,31 = -0,0054$; коефіцієнт приросту видобутку вугілля коксівного $\varepsilon'_1(t) = \ln(N'_1/N_0) = 21,95/23,12 = -0,0518$; коефіцієнт приросту видобутку антрациту та іншого кам'яного вугілля $\varepsilon_2(t) = \ln(N_2/N_0) = 50,96 / 50,19 = 0,0152$; коефіцієнт приросту потреби у видобутку вугілля кам'яного $\gamma_1(t) = (n_1 * \varepsilon_2) / N_1 = (1,1666 * 0,0152) / 21,95 = 0,0002$; коефіцієнт приросту потреби у видобутку коксівного вугілля $\gamma'_1(t) = (n'_1 * \varepsilon'_2) / N_1 = (1,1212 * 0,0002) / 21,95 =$

$= 0,0008$; коефіцієнт приросту потреби у видобутку антрациту та іншого кам'яного вугілля залежно від кам'яного вугілля $\gamma_2(t) = (n_2 * \varepsilon_2) / N_2 = (1,1873 * 0,0152) / 50,96 = 0,0004$; коефіцієнт приросту потреби у видобутку антрациту та іншого кам'яного вугілля залежно від коксівного вугілля $\gamma'_2(t) = (n'_2 * \varepsilon'_1) / N_2 = (1,1873 * -0,0518) / 50,96 = -0,0012$.

У табл. 4 наведено результати розрахунку коефіцієнтів приросту видобутку вугілля кам'яного, коксівного вугілля і антрациту й іншого кам'яного вугілля в 2007–2017 рр. за наявності взаємозв'язку видобутку копалин.

Таблиця 4

Розрахунок коефіцієнтів приросту видобутку вугілля кам'яного, коксівного вугілля і антрациту й іншого кам'яного вугілля в 2007–2017 роках за наявності взаємозв'язку видобутку копалин

Рік	Коефіцієнт приросту видобутку вугілля кам'яного $\varepsilon_1(t)$	Коефіцієнт приросту видобутку вугілля коксівного $\varepsilon'_1(t)$	Коефіцієнт приросту видобутку антрациту та іншого кам'яного вугілля залежно від кам'яного вугілля $\varepsilon_2(t)$	Коефіцієнт приросту видобутку антрациту та іншого кам'яного вугілля залежно від коксівного вугілля $\varepsilon'_2(t)$
2008	0,006968	-0,012179	0,041036	0,022982
2009	-0,086476	-0,145248	-0,155603	-0,089403
2010	0,039942	0,070755	0,068787	0,03912
2011	0,166557	0,314425	0,275477	0,150962
2012	0,046334	0,102008	0,060889	0,033267
2013	-0,050442	-0,092818	-0,086532	-0,047874
2014	-0,501187	-0,89929	-0,747334	-0,455993
2015	-0,621746	-0,982243	-0,85326	-0,589029
2016	0,110981	0,177389	0,15642	0,10575
2017	-0,358174	-0,432828	-0,582282	-0,431458

Розрахунок здійснюємо таким чином: коефіцієнт приросту видобутку вугілля кам'яного $\varepsilon_1(t) = -0,0054 + 0,0008 * 50,96 = 0,006968$; коефіцієнт приросту видобутку вугілля коксівного $\varepsilon'_1(t) = -0,0518 + 0,0008 * 50,96 = -0,012179$; коефіцієнт приросту видобутку антрациту та іншого кам'яного вугілля залежно від кам'яного вугілля $\varepsilon_2(t) = 0,0152 + 0,0004 * 72,91 = 0,041036$; коефіцієнт приросту видобутку антрациту та іншого кам'яного вугілля залежно від коксівного вугілля $\varepsilon'_2(t) = 0,0152 + 0,0004 * 21,95$.

На рис. 3–6 графічно представлено результати проведених розрахунків.

На рис. 3 наведено отримані залежності коефіцієнтів приросту видобутку вугілля кам'яного $\varepsilon_1(t)$, вугілля коксівного $\varepsilon'_1(t)$ і антрациту та іншого кам'яного вугілля $\varepsilon_2(t)$. Залежності коефіцієнтів приросту $\varepsilon_1(t)$, $\varepsilon'_1(t)$ і $\varepsilon_2(t)$ характеризують динаміку видобутку кожної корисної копалини окремо, самостійно.

На рис. 4 наведено криві знайдених значень коефіцієнтів приросту потреби у зазначених копалинах:

$$\gamma_1 = \frac{n_1 \varepsilon_2}{N_1}, \gamma'_1 = \frac{n'_1 \varepsilon'_2}{N_1}, \gamma_2 = \frac{n_2 \varepsilon_1}{N_2}, \gamma'_2 = \frac{n'_2 \varepsilon'_1}{N_2}$$

і їх залежність від часу t .

Представлена на рис. 5 динаміка залежностей для коефіцієнтів $\gamma_1(t)$, $\gamma'_1(t)$, $\gamma_2(t)$ і $\gamma'_2(t)$ свідчить, що вони корелюють між собою у часі, що є цілком закономірним, оскільки при побудові моделі ми вважали, що коефіцієнти γ_1 , γ'_1 , γ_2 і γ'_2 – це величини, які відображають потреби галузей національного господарства у видобутку вугілля кам'яного, потреби виробництва товарного кам'яного вугілля та коксівного вугілля у видобутку сировини, потреби у видобутку антрациту та іншого вугілля в залежності від потреб у видобутку кам'яного вугілля та коксівного відповідно. Ці величини і повинні повністю корелювати, оскільки впродовж досліджуваного періоду не відбувалося зміни технології виробництва.

Вирішенням системи рівнянь (1) знайдено залежності коефіцієнта приросту видобутку коксівного кам'яного вугілля $\lambda'_1(t) = \varepsilon'_1(t) + \gamma'_1(t) N_2(t)$, коефіцієнта приросту видобутку антрациту та іншого кам'яного вугілля в залежності від обсягів видобутку коксівного кам'яного вугілля $\lambda_2(t) = \varepsilon_2(t) + \gamma_2(t) N_1(t)$, коефіцієнта приросту видобутку вугілля кам'яного $\lambda_1(t) = \varepsilon_1(t) + \gamma_1(t) N_2(t)$, коефіцієнта приросту видобутку антрациту й іншого кам'яного вугілля від обсягів видобутку вугілля кам'яного $\lambda_2(t) = \varepsilon_2(t) + \gamma_2(t) N_1(t)$ за умови наявності взаємозв'язку показників видобутку копалин (рис. 6).

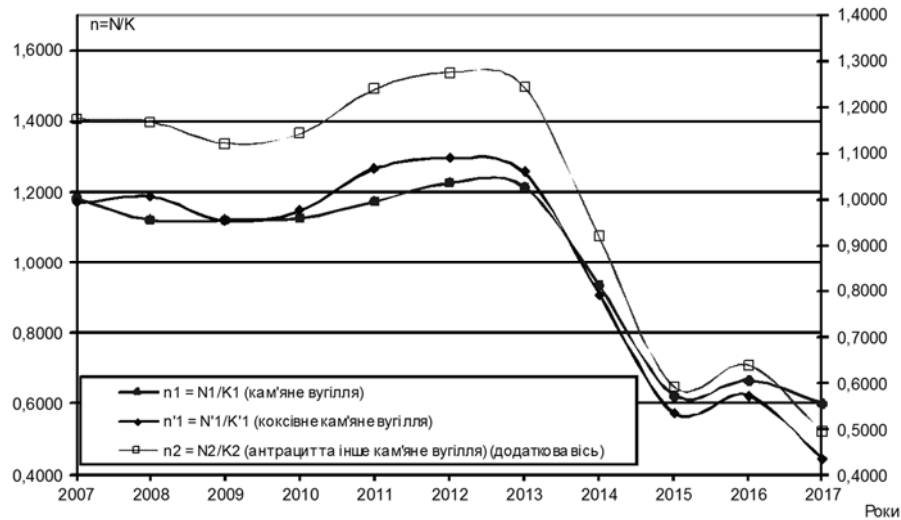


Рис. 3. Динаміка базисних темпів зростання обсягів видобутку вугілля кам'яного, коксівного вугілля і антрациту й іншого кам'яного вугілля в 2007–2017 рр.

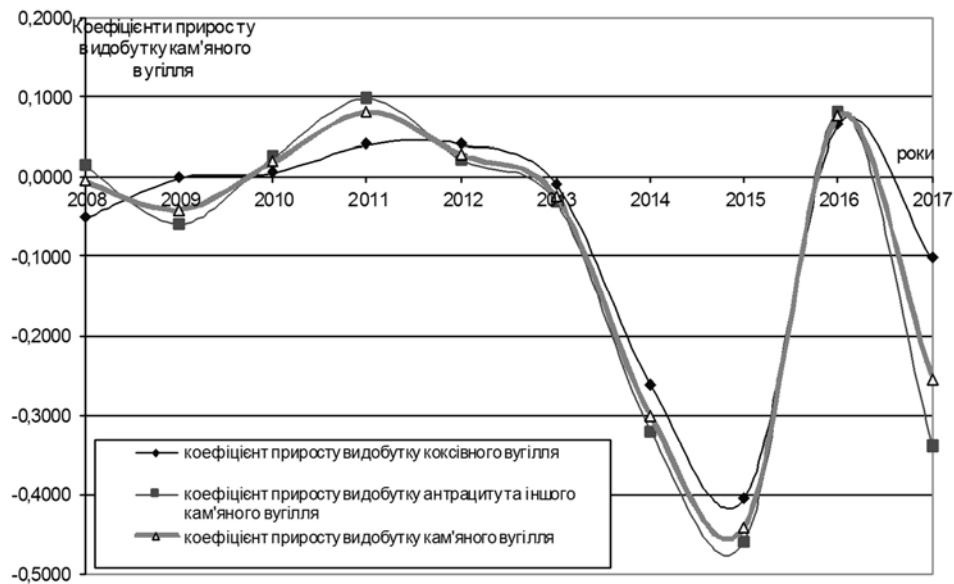


Рис. 4. Динаміка коефіцієнтів приросту видобутку вугілля кам'яного, коксівного вугілля та антрациту й іншого кам'яного вугілля в 2007–2017 рр. за умови відсутності взаємозв'язку

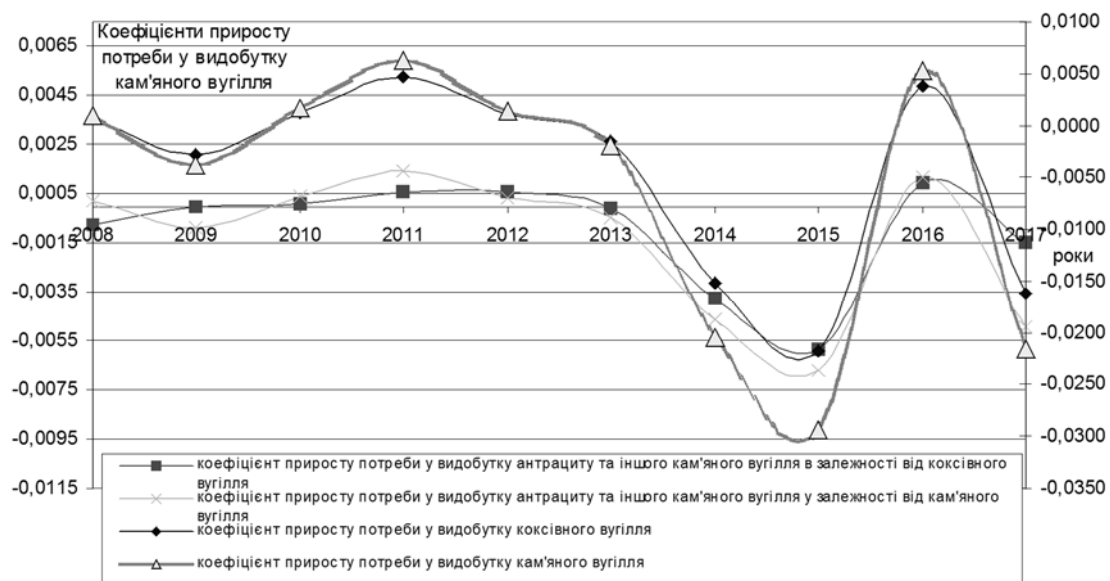


Рис. 5. Динаміка коефіцієнтів потреби у видобутку вугілля кам'яного, коксівного вугілля та антрациту та іншого кам'яного вугілля в 2007–2017 рр.

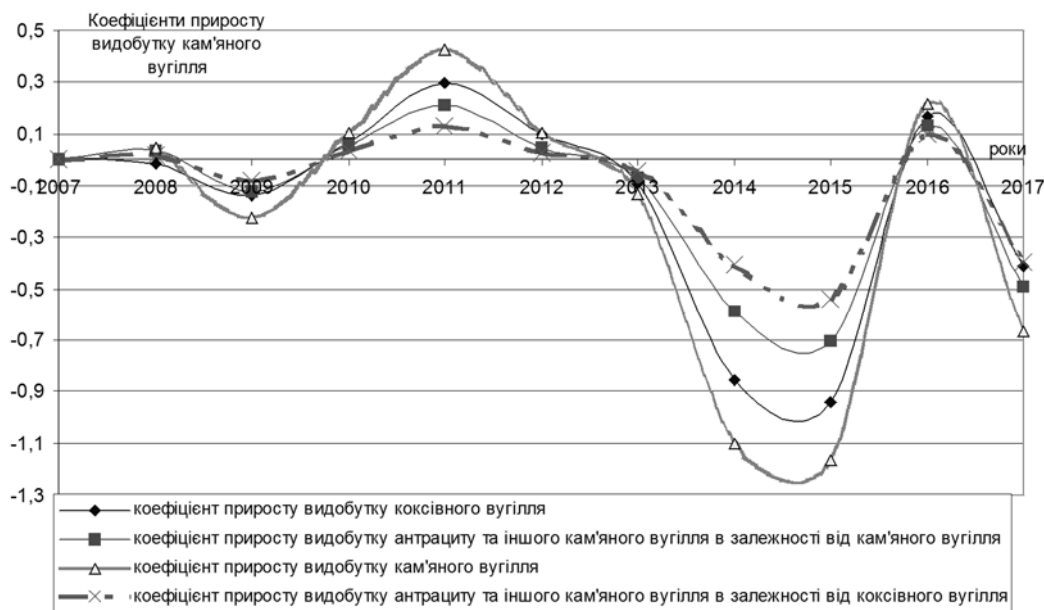


Рис. 6. Динаміка коефіцієнтів приросту видобутку вугілля кам'яного, коксівного вугілля і антрациту та іншого кам'яного вугілля в 2007–2017 рр. за наявності взаємозв'язку видобутку копалин

Залежності $\lambda_1'(t) = \varepsilon_1'(t) + \gamma_1'(t) N_2(t)$, $\lambda_2'(t) = \varepsilon_2'(t) + \gamma_2'(t) N_1(t)$, $\lambda_1(t) = \varepsilon_1(t) + \gamma_1(t) N_2(t)$, $\lambda_2(t) = \varepsilon_2(t) + \gamma_2(t) N_1(t)$ (рис. 6) корелюють одна з одною у часі в більшому ступені, чим відповідні залежності коефіцієнтів $\varepsilon_1(t)$, $\varepsilon_1'(t)$, $\varepsilon_2(t)$ і $\varepsilon_2'(t)$ (рис. 3). Це зумовлено тим, що наведені на рис. 6 зміни коефіцієнтів приросту у часі побудовані за умови взаємозв'язку у видобутку усіх трьох корисних копалин.

Висновки і рекомендації. У результаті проведених досліджень розроблено модель планування та прогнозування використання та видобутку вугільних ресурсів України як складової системи управління мінерально-сировинною базою країни.

Аналіз офіційних статистичних даних щодо обсягів видобутку вугілля кам'яного, коксівного вугілля та антрациту й іншого кам'яного вугілля показав, що впродовж дослідженого періоду відбувалися коливання показників як за обсягами видобутку, так і за темпами їх зростання.

Аналіз отриманих результатів показав, що коливання досліджуваних показників видобутку вугілля кам'яного, коксівного вугілля та антрациту й іншого кам'яного вугілля мають циклічний характер, корелюють між собою і залежать від загальноекономічної та політичної ситуації у країні.

З метою вирішення проблеми системного управління видобутком вугільних ресурсів країни запропоновано збалансувати обсяги видобутку взаємопов'язаних корисних копалин. Доведено доцільність планування та прогнозування обсягів видобутку з урахуванням циклічності розвитку економічних процесів. Як інструментарій запропоновано використати багатофакторну економіко-математичну модель прогнозування розвитку складних систем.

За такого підходу проблема прогнозування видобутку та використання корисних копалин з урахуванням експортно-імпортних потоків та у взаємозв'язку з обсягами споживання ресурсів провідними галузями національного господарства потребує подальших досліджень.

Список використаних джерел

- Андріївський, І.Д., Матюха, В.В., Мовчан, В.В. (2011). Сучасний стан і перспективи розвитку добувної промисловості України. *Мінеральні ресурси України*, 3, 8-14.
- Бобро Д.Г. (2018). Вугільна промисловість України в умовах гібридної війни. Аналітична записка: Національний інститут стратегічних досліджень. Отримано з <http://www.niss.gov.ua/articles/1890/>
- Бодюк, А.В. (2013). Економіко-ресурсний аспект досліджень корисних копалин. *Формування ринкових відносин в Україні*, 12(151), 176-179.

Волков, В.П., Горошкова, Л.А. (2013а). Спосіб прогнозування розвитку складних систем. *Патент 82983, МПК (2013.01) G06Q90/00; G06Q10/06 (2012.01)*. Опубл. 27.08.2013 р., *Бюлетень*, 16.

Волков, В.П., Горошкова, Л.А. (2013b). Прогнозування розвитку складних техніко-економічних систем мезорівня. *Економічний вісник університету: Збірник наукових праць учених та аспірантів*, 20/2, 257-263.

Волков, В.П., Горошкова, Л.А. (2014). Малі економічні цикли: теорія та вітчизняна практика. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія "Економіка": Збірник наукових праць*, 1, 270-276.

Волков, В.П., Горошкова, Л.А. (2018). Управління раціональним видобуванням та використанням мінерально-сировинних ресурсів України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 3(82), 60-66.

Гончар, М., Чубук, А., Ішук, О. (2018). Гібридна війна в Східній Європі. Невозможний вимір. Енергетичний компонент. Центр глобалістики "Стратегія XXI". Отримано з <http://geostrategy.org.ua>

Горошкова, Л.А. (2011а). Економічна циклічність розвитку металургійної та забезпечуючих галузей. *Економічний вісник університету: Збірник наукових праць учених та аспірантів*, 17/2, 47-54.

Горошкова, Л.А. (2011b). Моделирование цикличности развития черной металлургии и обеспечивающих отраслей в условиях трансформации экономики. *Економічний вісник науково-дослідницького економічного інституту Міністерства економіки Республіки Беларусь*, 10, 37-42.

Гошовський, С.В., Красножон, М.Д., Люта, Н.Г., Василенко, А.П., Костенко, М.М. (2014). Мінерально-сировинна база України. Стаття 1. Щодо необхідності внесення змін до Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року. *Мінеральні ресурси України*, 4, 4-7.

Довгий, С.О., Шестопапов, В.М., Коржнев, М.М. та ін. (2007). Реструктуризація мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення. К.: Наукова думка.

Закон України "Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року". (2011). №4731-VI від 17.05.2012 р. *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*, 44, 457.

Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за 12 місяців 2010 року. (2010). Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Отримано з http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6

Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за 12 місяців 2011 року. (2011). Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Отримано з http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6

Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за 12 місяців 2012 року. (2012). Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Отримано з http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6

Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за 12 місяців 2013 року. (2013). Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. (н. д.). http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6

Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за 12 місяців 2014 року. (2014). Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Отримано з http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6

Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за 12 місяців 2015 року. (2015). Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Отримано з http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6

Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за 12 місяців 2016 року. (2016). Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Отримано з http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6

Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за 12 місяців 2017 року. (2017). Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Отримано з http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6

Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за 12 місяців 2018 року. (2018). Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. Отримано з http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6

Коржнев, М.М., Михайлов, В.А., Міщенко, В.С. та ін. (2006). Основи економічної геології. К.: Логос.

Костенко, М.М. (2014). Мінерально-сировинна база України. Стаття 3. Стан мінерально-сировинної бази неметалічних корисних копалин України та основні напрями геологорозвідувальних робіт. *Мінеральні ресурси України*, 4, 6 – 13.

Красножон, М.Д. (2015). Мінерально-сировинна база України. Стаття 4. Паливно-енергетичні ресурси й перспективи їх нагромадження. *Мінеральні ресурси України*, 4, 1-6.

Лисенко, О.А. (2017). Геолого-економічна оцінка корисних копалин (актуальні питання й методичні аспекти). *Мінеральні ресурси України*, 3, 22-26.

Лисенко, О.А., Василенко, А.П., Костенко, М.М. (2017) Геологія рудних і нерудних корисних копалин – важливий напрям наукових досліджень Українського державного геологорозвідувального інституту. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*, 2, 20-32.

Матеріали слухань Спеціальної контрольної комісії ВРУ України з питань приватизації 17 травня 2018 року. (2018). Отримано з <http://scpp.rada.gov.ua/uploads/documents/29302.pdf>

Нагорний, Ю.М., Нагорний, В.М., Приходченко, В.Ф. (2005). Геологія вугільних родовищ. Дніпропетровськ: НГУ.

Примуско, С.І., Білошапська, Т.Д., Величко, В.Ф. (Ред.) (2018). Мінеральні ресурси України. К.: ДНВП "Державний інформаційний геологічний фонд України". Отримано з <http://geoinf.kiev.ua/horyuchi-korysni-kopalyny/tverdi-horyuchi-korysni-kopalyny/>

Рудько, Г.І., Курило, М.М., Бала, В.В., Маковський, Ю.С. (2018). Методи визначення (обґрунтування) ціни товарної продукції при геолого-економічній оцінці вугільних родовищ. *Мінеральні ресурси України*, 4, 45-48.

Рудько, Г.І., Бала, В.В., Курило, М.М. (2017). Оцінка ризиків освоєння родовищ вугілля на прикладі вітчизняних об'єктів з незначними запасами. *Мінеральні ресурси України*, 3, 19-21.

Рудько, Г.І., Курило, М.М., Радованов, С.В. (2016). Співставлення критеріїв визначення та ознак класифікації запасів і ресурсів у вітчизняній та міжнародній практиці. геолого-економічної оцінки на прикладі родовищ вугілля. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 1(72), 76-81.

Рудько, Г.І., Курило, М.М., Радованов, С.В. (2011). Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин. Київ: АДЕФ-Україна.

Статистичний щорічник України за 2013 рік: [довідкове видання] (2014). Державна служба статистики України; під ред. І.Є.Вернера. Київ.

Статистичний щорічник України за 2017 рік: [довідкове видання] (2018). Державна служба статистики України; під ред. І.Є.Вернера. Київ. Шевченко, А.В., Воробйов, С.Л. (2018). Пріоритети та важелі модернізації вугільної галузі в Україні. Аналітична записка. Отримано з <http://www.niss.gov.ua/articles/1495/>

References

Andriivskiy, I.D., Matiukha, V.V., Movchan, V.V. (2011) Modern state and prospects of development of extractive industry of Ukraine. *Mineral resources of Ukraine*, 3, 8-14. [in Ukrainian]

Bobro D.H. (2018). Coal industry of Ukraine is in the conditions of hybrid war". Analytical message: the National institute of strategic researches. Retrieved from <http://www.niss.gov.ua/articles/1890/>. [in Ukrainian]

Bodiuk A.B. (2013). Economical-recourse aspect of researches of minerals. *Forming of market relations in Ukraine*, 12 (151), 176-179. [in Ukrainian]

Dovhyi, O.V., Shestopalov, V.M., Korzhnev M.M. et al. (2007). Restructuring of raw mineral-material base of Ukraine and her dataware. K.: Naukova dumka. [in Ukrainian]

Informative certificate about the basic indexes of development of industries of fuel and energy complex of Ukraine for 12 months in 2010. (2010). Official web-site of Ministry of energy and coal industry of Ukraine. Retrieved from http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6. [in Ukrainian]

Informative certificate about the basic indexes of development of industries of fuel and energy complex of Ukraine for 12 months in 2011. (2011). Official web-site of Ministry of energy and coal industry of Ukraine. Retrieved from http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6. [in Ukrainian]

Informative certificate about the basic indexes of development of industries of fuel and energy complex of Ukraine for 12 months in 2012. (2012). Official web-site of Ministry of energy and coal industry of Ukraine. Retrieved from http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6. [in Ukrainian]

Informative certificate about the basic indexes of development of industries of fuel and energy complex of Ukraine for 12 months in 2013. (2013). Official web-site of Ministry of energy and coal industry of Ukraine. Retrieved from http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6. [in Ukrainian]

Informative certificate about the basic indexes of development of industries of fuel and energy complex of Ukraine for 12 months in 2014. (2014). Official web-site of Ministry of energy and coal industry of Ukraine. Retrieved from http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6. [in Ukrainian]

Informative certificate about the basic indexes of development of industries of fuel and energy complex of Ukraine for 12 months in 2015. (2015). Retrieved from http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6. [in Ukrainian]

Informative certificate about the basic indexes of development of industries of fuel and energy complex of Ukraine for 12 months in 2016. (2016). Official web-site of Ministry of energy and coal industry of Ukraine. Retrieved from http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6. [in Ukrainian]

Informative certificate about the basic indexes of development of industries of fuel and energy complex of Ukraine for 12 months in 2017. (2017). Official web-site of Ministry of energy and coal industry of Ukraine. Retrieved from http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6. [in Ukrainian]

Informative certificate about the basic indexes of development of industries of fuel and energy complex of Ukraine for 12 months in 2018. (2018). Official web-site of Ministry of energy and coal industry of Ukraine. Retrieved from http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/archive?cat_id=35081&page=6. [in Ukrainian]

Honchar, M., Chubuk, A., Ishchuk, O. (2018). Hybrid war is in East Євponi. Nonmilitary measuring. Power component. A center of globalistic "Strategy XXI". Retrieved from <http://geostrategy.org.ua>. [in Ukrainian]

Horoshkova, L.A. (2011a). An economic recurrence of development of metallurgical and provide industries. *Economic announer of university: Collection of scientific works of scientists and graduate students of Pereyaslav-Khmelnitsky State pedagogical University*, 17/2, 47-54. [in Ukrainian]

Horoshkova, L.A. (2011b). Modeling of recurrence of development of ferrous metallurgy and providing industries in the conditions of transformation of economy. *Economic bulletin of research economic institute of Ministry of economy of Republic of Belarus. Minsk: NIEI*, 10, 37-42. [in Russian]

Hoshovskiy, S.V., Krasnozhan, M.D., Liuta, N.H., Vasylenko, A.P., Kostenko, M.M. (2014). Raw Mineral-material base of Ukraine. Article 1. In relation to the necessity of making alteration to the National program of development of raw mineral-material base of Ukraine on a period 2030 to. *Mineral resources of Ukraine*, 4, 4-7.

Korzhnev, M.M., Mykhailov, V.A., Mischenko, B.S. et al. (2006). Bases of economic geology. K.: Logos. [in Ukrainian]

Kostenko, M.M. (2014). A raw Mineral-material base of Ukraine. Article 3. State of raw mineral-material base of non-metal minerals of Ukraine and basic directions of geological survey works. *Mineral resources of Ukraine*, 4, 6-13. [in Ukrainian]

Krasnozhan, M.D. (2015). Raw Mineral-material base of Ukraine. Article 4. Fuel and energy resources and prospects of their increase. *Mineral resources of Ukraine*, 4, 1-6. [in Ukrainian]

Law of Ukraine "On claim of the National program of development of raw mineral-material base of Ukraine on a period to 2030". (2011). № 4731-VI from 17.05.2012 *List of Supreme Soviet of Ukraine*, 44, 457. [in Ukrainian]

Lysenko, O.A. (2017). Geology-economical estimation of minerals (pressing questions and methodical aspects). *Mineral resources of Ukraine*, 3, 22-26. [in Ukrainian]

Lysenko, O.A., Vasylenko, A.P., Kostenko, M.M. (2017). Geology of ore and non-metallic minerals is important direction of scientific researches of the Ukrainian state geological survey institute. *Collection of scientific works of UkrSGRI*, 1-2, 20-32. [in Ukrainian]

Materials of listening of the Special control commission of BPY of Ukraine on questions privatizing on May, 17, 2018. (2018). Retrieved from <http://scpp.rada.gov.ua/uploads/documents/29302.pdf> [in Ukrainian]

Primushko, S.I., Biloshapskoi, T.D., Velychka, V.F. (Red.) (2017). Mineral resources of Ukraine. K.: State scientific and production enterprise the "State informative geological fund of Ukraine". [in Ukrainian]

Nagorniy, Yu.M., Nagorniy, V.M., Prihodchenko, V.F. (2005). Geology of coal deposits. Dnipropetrovsk: HFY.

Rudko, H. I., Kurylo, M. M., Radovanov, S.V. (2011). Geological and economic evaluation of mineral deposits. Kyiv: ADEF-Ukraine. Retrieved from <http://geoinf.kiev.ua/horyuchi-korysni-kopalyny/tverdi-horyuchi-korysni-kopalyny/> [in Ukrainian]

Rudko, H.I., Kurylo, M.M., Bala, V.V., Makovskyi, Yu.S. (2018). Methods of determination (ground) of cost of commodity products are at the reonoro-економічний estimation of coal deposits. *Mineral resources of Ukraine*, 4, 45-48. [in Ukrainian]

Rudko, H.I., Kurylo, M.M., Bala, V.V. (2016). Comparison of criteria of determination and signs of classification of supplies and resources is in home and international practice. Geological-economy estimation on the example of deposits of coal. *Visnyk Taras Shevchenko national university of Kyiv. Geology*, 1 (72), 76-81. [in Ukrainian]

Rudko, H.I., Bala, V.V., Kurylo, M.M. (2017). An estimation of risks of mastering of deposits of coal is on the example of home objects with insignificant supplies. *Mineral resources of Ukraine*, 3, 19-21. [in Ukrainian]

Statistical annual of Ukraine for 2013: [certificate edition] (2014). Government service of statistics of Ukraine; edited by I.Ye. Verner. Kyiv. [in Ukrainian]

Statistical annual of Ukraine for 2017: [certificate edition] (2018). Government service of statistics of Ukraine; edited by I.Ye. Verner. Kyiv. [in Ukrainian]

Shevchenko, A.V., Vorobyov, S.L. (2018). Priorities and levers of modernisation of coal industry are in Ukraine. Analytical message. Retrieved from <http://www.niss.gov.ua/articles/1495/>. [in Ukrainian]

Volkov, V.P., Horoshkova, L.A. (2013b). Prognostication of development of the difficult technical-economical systems of mezolevel. *Economic announcer of university: Collection of scientific works of scientists and graduate students of Pereyaslav-Khmelnytsky State pedagogical University*, 20/2, 257-263. [in Ukrainian]

Volkov, V.P., Horoshkova, L.A. (2014). Small economic cycles: theory and home practice. *Scientific announcer of the Uzhhorod University. Series "Economy": Collection of scientific works Uzhhorod University*, 1 (42), 270-276. [in Ukrainian]

Volkov, V.P., Horoshkova, L.A. (2013a). Method of prognostication of development of the difficult systems. *The patent 82983, MPK (2013.01) G06Q90/00; G06Q10/06 (2012.01)*. Published 27.08.2013, *Bulletin*, 16. [in Ukrainian]

Volkov, V.P., Horoshkova, L.A. (2018). Management a rational booty and use of raw mineral-material resources of Ukraine. *Visnyk Taras Shevchenko national university of Kyiv. Geology*, 3(82), 60-66. [in Ukrainian]

Надійшла до редколегії 05.06.19

V. Volkov, Dr. Sci. (Techn.), Prof.

E-mail: volkovvp49@gmail.com;

L. Horoshkova, Dr. Sci. (Econ.), Prof.

E-mail: goroshkova69@gmail.com

Zaporizhzhya National University,

66 Zhukovskogo Str., Zaporizhzhya, 69600, Ukraine;

Y. Khlobystov, Dr. Sci. (Econ.), Prof.

E-mail: ievgen.khlobystov@ukr.net

National University of "Kyiv-Mohyla Academy",

2 Skovorody Str., Kyiv, 04655, Ukraine

MANAGEMENT OF SUSTAINABLE MINING OF COAL RESOURCES IN UKRAINE

The dynamics of coal resources mining in Ukraine are analyzed in the article. It is proved that there were indices fluctuations, i.e. volumes of extraction, and growth rates during 10 years. The approximation of growth rates of coal mining resources by polynomial function using the trend line is made. It is determined that studied indices fluctuation have cyclical pattern, correlate to each other and depend on country's economic and political situation.

It is proposed to make forecasts of the extraction volumes based on national cyclical economic development. It is proved that balanced mining should solve the problem of mineral deposits sustainable exploitation.

It is proposed to use the patent-protected author's methodology to forecast the development of complex systems to manage sustainable mining of coal resources in Ukraine. The developed model will allow managing volumes of extraction of technologically related minerals in correlation with the volumes of exploitation.

Keywords: mineral and raw materials base, fuel and energy resources, hard coal, coking coal, anthracite, forecasting, modeling, management.

В. Волков, д-р техн. наук, проф.

E-mail: volkovvp49@gmail.com;

Л. Горошкова, д-р экон. наук, проф.

E-mail: goroshkova69@gmail.com

Запорожский национальный университет,

ул. Жуковського, 66, г. Запорожье, 69600, Украина;

Е. Хлобыстов, д-р экон. наук, проф.

E-mail: ievgen.khlobystov@ukr.net

Национальный университет "Киево-Могилянская академия",

ул. Григория Сковороды, 2, г. Киев, 04655, Украина

УПРАВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ДОБЫЧЕЙ УГОЛЬНЫХ РЕСУРСОВ УКРАИНЫ

Проанализирована динамика добычи угольных ресурсов Украины. Доказано, что на протяжении 10 лет происходили колебания показателей, как по объемам добычи, так и по темпам их роста. Осуществлена аппроксимация показателей темпов роста объемов добычи угольных ресурсов полиномиальной функцией с использованием линии тренда. Установлено, что колебания исследованных показателей имеют циклический характер, они коррелируют между собой и зависят от общеэкономического и политического состояния страны.

Предложено прогнозирование объемов добычи осуществлять с учетом цикличности экономического развития страны. Доказано, что решить проблему рационального использования полезных ископаемых возможно более сбалансированной их добычей.

Предложено использовать защищенную патентом авторскую методику прогнозирования развития сложных систем для управления рациональной добычей угольных ресурсов Украины. Разработанная модель позволит управлять объемами добычи технологически родственными полезными ископаемыми во взаимозависимости от объемов использования.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база, топливно-энергетические ресурсы, уголь каменный, уголь коксующийся, антрацит, прогнозирование, моделирование, управление.

УДК 341.64

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.07>

О. Юлдашев, д-р юрид. наук, проф.
Міжрегіональна академія управління персоналом;
М. Смокович, д-р юрид. наук
Голова Касаційного адміністративного суду
у складі Верховного Суду України;
О. Юлдашев, канд. юрид. наук, доц.,
Міжрегіональна академія управління персоналом;
С. Юлдашев, д-р юрид. наук
ORCID ID 0000-0002-2033-4820,
Національний авіаційний університет

ПРО СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНОГО АНТИКОРУПЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ НАДРОКОРИСТУВАННЯ

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

Обґрунтовано, що проблеми розвитку мінерально-сировинної бази України (їх, виходячи з важливості, можна віднести до фундаментальних геологічних проблем Східної Європи) є проблемами вдосконалення управління цією галуззю економіки, за провадження в ній сучасних ефективних форм господарювання. Це забезпечить енергетичну незалежність країни, її економічний розвиток, створення додаткових робочих місць на підприємствах мінерально-сировинного комплексу і в суміжних галузях, а у підсумку – високі стандарти життя громадян. Доведено, що реалізація потенційних можливостей подальшого приросту наявних запасів і розвідки родовищ нових для України видів корисних копалин, з видобутком яких пов'язані потенційні можливості досягнення енергетичної і економічної безпеки держави, нарощування її експортного потенціалу, залежить від розв'язання низки проблем, серед яких доцільно виділити відомчу корупцію (корупцію у видобувній галузі), недостатні обсяги проведення геологорозвідувальних робіт, а також дефіцит новітніх технологій у видобуванні. Зазначається, що вказані проблеми пов'язані з неякісністю, неефективністю управління відповідними галузями геології і видобування (як і управління економікою країни в цілому). Вирішення зазначених проблем потребує якісно інших підходів, засобів управління, принципово відмінних від традиційних методів удосконалення управління.

Запропоновано виділяти три види таких принципів (складових інноваційно-інвестиційного антикорупційного механізму надрокористування). По-перше – це максимальне зменшення питомої ваги людського фактору, передача якомога більше функцій управління машині, комп'ютеру, перехід до нових інформаційних технологій в управлінні. По-друге – це створення (для нейтралізації корупційних ризиків з боку тієї частини держапарату, яку неможливо поки що замінити ЕОМ) таких організаційних умов, за яких зловживання використанням бюджетних коштів стане неможливим. По-третє – це застосування у державному управлінні принципу субсидіарності. Зазначено, що розроблені одним з авторів цієї публікації проєкт бажаної системи управління галуззю та модель переходу від чинної до пропонованої системи управління, перебуває на етапі реєстрації авторського права на корисну модель. Підкреслено, що особливо великий ефект, у вигляді додаткових надходжень до бюджету, а також відповідних соціальних перетворень дасть широкомасштабне застосування підходу, що пропонується, у реформуванні всього державного управління економікою.

Ключові слова: мінерально-сировинна база; енергетична незалежність країни; новітні технології у видобуванні; корупція у видобувній галузі; розвідка родовищ; інноваційно-інвестиційний антикорупційний механізм надрокористування; методи, принципи, моделі вдосконалення управління.

Постановка проблеми. Національні інтереси України, її політична незалежність повинні базуватися на економічній і енергетичній незалежності, високих стандартах життя громадян. Надзвичайно велику роль у становленні економічної і енергетичної незалежності, як свідчить сьогодні, відіграє забезпечення країни мінерально-сировинними ресурсами власного видобутку. Загальновідомо, що саме з власним видобуванням і використанням корисних копалин пов'язується і енергетична безпека України, і функціонування близько половини її промислового потенціалу, в якому задіяно до 20 % трудових ресурсів країни. Свідченням усвідомлення виняткової ролі власного видобування і використання корисних копалин є затвердження на законодавчому рівні Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази (МСБ) України на період до 2030 року (Закон України "Про затвердження...", 2012).

Дослідники зазначають, що за запасами і видобутком мінерально-сировинних ресурсів, зокрема залізних, марганцевих, титан-цирконієвих руд і багатьох видів неметалевої сировини, наша держава донедавна посідала провідне місце серед країн світу. Видобуток корисних копалин і продуктів їхньої переробки в Україні сягав близько 5 % світового – на суму понад 20 млрд дол США (Гошовський та ін., 2014).

Успішне виконання завдань програми подальшого розвитку геології, як умови функціонування МСБ України, залежить від розв'язання низки проблем управлінського характеру. Серед цих проблем доцільно виділити недостатність обсягів проведення геологорозвідувальних робіт (ГРР), відсутність належного контролю за видобуванням корисних копалин, неналежна організація

ГРР, що включає питання і управління, і підготовки кадрів, і багато інших, вкрай актуальних для управління геологічною галуззю та використанням надр.

Недостатність обсягів проведення ГРР пояснюється недостатністю їх фінансування, що, у свою чергу, спричинює дефіцит новітніх технологій у видобуванні, суттєво знижує ефективність управління галуззю. Крім того, недостатність обсягів проведення ГРР ставить під загрозу нормальне функціонування мінерально-сировинного комплексу, призводить до зниження престижності професії геолога. Це, як правильно вважають працівники ННІ "Інститут геології" Київського національного університету імені Тараса Шевченка, відчувається не тільки у скороченні об'єму ГРР, а й у падінні престижності професії геолога, і, як наслідок, набору студентів на геологічні спеціальності. Зменшення кількості студентів, а отже і фахівців вищої кваліфікації, незважаючи на велику роботу, що ведеться в Інституті з їх підготовки (відкрита спеціалізація магістратури "Економічна геологія", функціонує спеціалізована вчена рада із захисту дисертацій), призводить, у свою чергу, до подальшого скорочення геологічної розвідки, можливостей переходу до наукоємних передових методів у видобуванні тощо.

Проблеми розвитку МСБ України є значною мірою проблемами збільшення обсягів проведення ГРР, вдосконалення організації управління видобувної галузі економіки, запровадження в ній новітніх технологій, а також сучасних ефективних форм господарювання. Вирішення зазначених (і інших) проблем забезпечить енергетичну незалежність країни, її економічний розвиток, створення додаткових робочих місць на підприємствах мінерально-

сировинного комплексу і в суміжних галузях, а в підсумку – високі стандарти життя громадян.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, пов'язані з управлінням геологією та використанням надр, розвитком видобувної галузі, досліджувались у роботах Г. Башмакова, А. Василенка, С. Гошовського, А. Євстігнеєва, М. Жикаляка, М. Костенка, М. Красножона, Н. Лютої, Н. Мухитдинова, Н. Сиродоева, І. Хохлової та ін. (Башмаков, 1974; Гошовський та ін., 2014; Мухитдинов, 1972; Сиродоев, 1969). Робота О. Сурілової присвячена проблемам управління геологічним виченням надр (Сурілова, 2016); у докторській дисертації Н.О. Максименцевої "Публічне адміністрування у галузі використання і охорони надр в Україні" розглядаються питання управління у сфері охорони надр в Україні.

Серед науковців-іноземців з дальнього зарубіжжя, що займалися проблемами управління, слід назвати Ю. Бріггема та Дж. Х'юстона, які досліджували проблеми контролю в галузі фінансового менеджменту (Brigham, Houston, 2015), фахівців у сфері аудиту Дж. Робертсона, Б. Селоса та ін. (Робертсон, 1993; Селос, 1996). Аналіз наявних публікацій свідчить про відсутність у сфері геологічного вивчення і раціонального використання надр досліджень системного характеру, в яких би виявлялися і конструктивно вирішувалися, з використанням потужних наукових методів, основні проблеми відповідної сфери життєдіяльності.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. За допомогою системного аналізу виявлено основні проблеми у сфері управління розвідкою і раціонального використання надр. Це проблеми вдосконалення організації і розвитку видобувної галузі, а також суттєве збільшення обсягів проведення ГРП, залучення потужних інвестицій, усунення дефіциту новітніх технологій у видобуванні.

Метою даної статті є виявлення за допомогою системного аналізу вищезазначених основних проблем та підготовка конструктивних (практично результативних) пропозицій щодо суттєвого збільшення обсягів проведення ГРП, застосування новітніх технологій у видобуванні, а також удосконалення організації управління галуззю.

Виклад основного матеріалу. Методологічною базою дослідження, результати якого викладаються у цій статті, покладено положення системного аналізу. Згідно з його методологією, на першому етапі дослідження виявляються бажані показники (характеристики) об'єкта дослідження; на другому – фактичні показники (характеристики) цього об'єкта, порівняння їх з бажаними і виявлення відхилень; на третьому етапі проводиться аналіз, виявляються причини наявності згаданих відхилень і, нарешті, на четвертому етапі – готуються альтернативи нейтралізації, усунення виявлених причин і обирається найкраща.

Об'єктом дослідження виступає МСБ України, точніше, відносини, які складаються при її формуванні та розвитку. Згідно із Законом України "Про державну геологічну службу" (ст. 2) під мінерально-сировинною базою розуміють родовища корисних копалин, а також відходи від видобування та переробки корисних копалин, які можна використати у промисловості (Закон України "Про державну геологічну службу України", 1999).

Протягом останніх 10 років, як зазначалось у спеціальній літературі (Гошовський та ін., 2014), було підтверджено реальні можливості подальшого приросту запасів вуглеводнів, відкриття і розвідки родовищ нових для України видів корисних копалин – золота, хрому, міді, свинцю, цинку, молібдену, рідкісних і рідкісноземельних елементів, з видобутком яких пов'язані потенційні можливості досягнення енергетичної і економічної безпеки держави, нарощування її експортного потенціалу. Таким

чином, бажані показники об'єкта дослідження визначаються потенціалом розвитку МСБ, а фактичні – сьогоднішнім рівнем видобування корисних копалин. Реалізація зазначених потенційних можливостей залежить від вирішення низки проблем, серед яких, як зазначалось, доцільно виділити неналежну організацію управління у видобувній галузі, що призводить до суттєвого зниження її потенціалу і створює умови для засилля відомчої корупції, недостатні обсяги проведення ГРП, а також дефіцит новітніх технологій у видобуванні.

Недостатність обсягів проведення ГРП може бути підтверджена результатами детального аналізу, проведеного авторами дослідження організаційно-управлінських проблем галузі, відповідними цифрами, фактами і т. ін. Саме результати такого аналізу і стали підґрунтям зроблених висновків. Однак, виходячи з обмеженості розмірів публікації і необхідності приділити більше уваги саме конструктивній частині дослідження, ми не можемо повністю викласти всі цифри, факти. Наведемо лише окремі дані. Проаналізуємо бюджетний запит Держгеонадра на 2017–2019 рр. (Бюджетний запит..., н.д.). У запиті визначено мету бюджетної програми, строки її реалізації та завдання бюджетної програми.

Основною метою виконання бюджетної програми є забезпечення потреб національної економіки у мінеральних ресурсах власного видобутку, зменшення залежності України від імпорту мінеральних ресурсів та збільшення експортного потенціалу країни за рахунок власного видобутку корисних копалин, що мають великий попит на світовому ринку. Строки реалізації бюджетної програми – 2011–2030 рр.

У програмі визначено завдання програми та підстави її реалізації. Головними завданнями визначено пріоритетне стале забезпечення зростаючих потреб національної економіки у мінеральній сировині, одержання приросту перспективних ресурсів та запасів корисних копалин, у тому числі: паливно-енергетичних, металічних та неметалічних; проведення геологічних та еколого-геологічних досліджень території України з метою нарощування МСБ та попередження виникнення небезпечних природних процесів; забезпечення робіт з інших досліджень території України; науковий супровід та забезпечення робіт, спрямованих на розбудову МСБ, виконання робіт з технічного переоснащення галузі.

Щодо підстав реалізації бюджетної програми, то це Закон України "Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку МСБ України на період до 2030 року" (Закон України "Про затвердження...", 2012), постанови Кабінету Міністрів України від 25.01.1999 № 83 "Про затвердження Порядку проведення ГРП за рахунок коштів державного бюджету" (Про затвердження Порядку проведення..., 1999) та від 28.02.2011 № 301 "Про затвердження Порядку використання коштів, передбачених у державному бюджеті для розвитку МСБ, в тому числі проведення робіт з буріння артезіанських свердловин, та внесення змін до Порядку проведення ГРП за рахунок коштів державного бюджету" (Про затвердження Порядку використання..., 2011).

Вищезазначені документи передбачають програму, порядок проведення певних робіт, обсяги їх фінансування та результати виконання. У термінах системного аналізу (СА), положення якого, на наше переконання, обов'язково повинні використовуватися як в управлінні тим чи іншим об'єктом, так і в будь-якому дослідженні, це показники бажаного стану об'єкта управління (дослідження). Звіти про виконання фінансових планів (результативні показники бюджетної програми) містять показники фактичного стану об'єкта управління (дослідження).

У вищезазначених програмі та порядку виконання йдеться про проведення пошукових і розвідувальних робіт (крім дорозвідки та експлуатаційної розвідки) на нафту і газ, на інші паливно-енергетичні ресурси, на металічні та неметалічні корисні копалини, складення та ведення кадастру родовищ і проявів корисних копалин, балансів запасів корисних копалин, проведення науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на забезпечення ефективного геологічного вивчення надр, створення і супроводження функціонування банків даних геологічної інформації, буріння артезіанських свердловин тощо.

Наступні етапи СА – це здійснення контролю і аналізу – порівняння показників бажаного стану з фактичними, виявлення відхилень (проблем) показників фактичного стану об'єкта управління від показників бажаного стану, встановлення причин цих відхилень (проведення діагностики). Далі – підготовка альтернатив (по суті, проєктів) рішень та вибір найкращої альтернативи.

Стосовно планів та виконання бюджетної програми у 2018–2019 рр. (п. 7.2. Бюджетного запиту). Аналіз показує, що фактичне спрямування коштів у розмірі 100 % мало місце лише щодо буріння свердловин. Планувалося виділення 6 296 тис. грн і фактично спрямовано 6 296 тис. грн. Стосовно інших видів робіт картина зовсім інша. Так, на проведення пошукових і розвідувальних робіт (крім дорозвідки та експлуатаційної розвідки) на неметалічні корисні копалини планувалося виділення 3 233,5 тис. грн, а фактично спрямовано 2 177,5 тис. грн (виконання – 67,3 %); на складання та ведення кадастру родовищ і проявів корисних копалин, балансів запасів корисних копалин, проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, спрямованих на забезпечення ефективного геологічного вивчення надр, створення і супроводження функціонування банків даних геологічної інформації планувалося 6 462,6 тис. грн, а фактично спрямовано 4 920,0 тис. грн (76,1 %) і т. ін.

Щодо результативних показників бюджетної програми, то треба відзначити, що у програмі містяться показники ефективності (вартість приростів запасів і ресурсів мінеральної сировини у надрах на 1 гривню вкладених бюджетних коштів) та якості (відповідність виконання робіт вимогам інструкцій) бюджетної програми. Зауважимо, що про ефективність використання виділених коштів в проаналізованих документах взагалі не йдеться. Це свідчить про недостатню повноту аналізу, що не дозволяє якісно здійснити інші етапи СА.

Стосовно контролю, аналізу та діагностики – виявлення проблем (відхилень показників фактичного стану об'єкта управління від показників бажаного стану) та встановлення причин їх виникнення. Ці етапи СА виконані неповністю. У бюджетному запиті називаються лише деякі з причин виявлених проблем, зокрема, несвоєчасне затвердження Міністерством фінансів України паспорта бюджетної програми і неодноразові проведення процедур конкурсних торгів згідно з чинним законодавством, внаслідок чого відбувається запізнення відкриття бюджетного фінансування ГРР.

У той же час у різноманітних експертних середовищах називаються й інші причини згаданих відхилень, зокрема недостатність обсягів проведення ГРР. Щоб отримати прибуток із підземного українського багатства, зазначає професор Р. Яремійчук, потрібно знайти кошти на розробку копалин. Найбільшою проблемою він вважає недопугу українську інвестиційну політику. Інвестори некладають кошти у розробку українських родовищ, бо не мають гарантій уряду. Крім того, професор пропонує полегшити податкове законодавство. Як приклад він наводить досвід деяких країн, де розробку корисних копалин звільнили на 15 років

від податків. Такі ж думки висловлюють і інші фахівці (*Експерти: в Україні... 2010*).

Проведений аналіз засвідчив, що у даному випадку (як і в інших) головною проблемою є неефективність управління. Свідченням неефективного управління геологією і використанням надр, неналежної організації управління, є не тільки відсутність новітніх технологій у видобуванні, а й навіть неякісність, неконструктивність постановки завдань розвитку галузі. Зокрема, вищезгадана Загальнодержавна програма розвитку МСБ на період до 2030 року, містить низку положень, що носять декларативний характер. А цю Програму готувала, у свій час, Державна служба геології та надр України, що є центральним органом виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра екології та природних ресурсів, який формує та реалізує державну політику у сфері геологічного вивчення і раціонального використання надр.

На нашу думку, потрібні подальший розвиток геологічної галузі, вдосконалення організації управління геологічним вивченням надр, його законодавчої бази. Вдосконалення організації управління пропонуємо здійснювати шляхом повного та ефективного виконання всіх етапів СА. Щодо законодавчої бази. Бюджетна програма розвитку МСБ, нормативні акти, що забезпечують реалізацію бюджетної програми, акти управління (рішення) суб'єкта владних повноважень (у нашому випадку – Держгеонадра) – є відповідно до законодавства про регуляторну політику (*Закон України "Про засади..."*, 2019) регуляторними актами.

Законодавством про регуляторну політику передбачені цілі, певні вимоги до них, принципи та етапи цієї політики, дотримання яких забезпечує підготовку якісних актів. Як відомо, цілями, головним призначенням регуляторної політики держави є підвищення якості державного управління, якості управлінських нормативно-правових, регуляторних актів шляхом впорядкування нормотворчого процесу, регламентації етапів, процедур розробки, моніторингу дії регуляторного акту, включення до цього процесу таких важливих етапів як моніторинг дії, аналіз, оцінка ефективності правового акту тощо.

Серед головних проблем неналежної організації управління геологічною галуззю називають розкрадання корисних копалин, відомчу корупцію. При розгляді цього питання автори виходять з того, що офіційно, юридично, факти розкрадання корисних копалин, відомчої корупції в установленому порядку не доведені. Тому **ми не стверджуємо про наявність або відсутність корупції в галузі, що досліджується. Автори наполягають на даному уточненні позиції, щоб у подальшому до нього не повертатися.**

Ми лише стверджуємо, що: 1) за нинішніх організаційних умов управління геологією (як і іншими галузями економіки) корупційні ризики є надзвичайно високими; 2) цілком можливо створити таку організацію управління, в якій ніхто не зможе завдати системі великої шкоди.

У той же час на сьогодні є достатньо багато публікацій, зокрема і в закордонних виданнях, в яких йдеться про те, що нині у добувній галузі працює організоване розкрадання корисних копалин, побудоване на координації та протиправних діях, у т. ч. посадових осіб (*Поширення корупції..., н.д.*). Доводиться, що це розкрадання – результат відсутності дієвого контролю з боку влади і правоохоронних органів. Як наслідок – місцеві бюджети зазнають чималих втрат. За оцінками заступника голови Тернопільської облдержадміністрації 80 % ринку будівельних матеріалів області перебуває в тіні, "кришується" корупціонерами правоохоронних органів та органів центральної і місцевої влади. Незаконне

використання лише одного родовища на Тернопільщині призвело до втрат ресурсів на суму 30 млн грн (прямі збитки, без урахування втрат на рекультивацію, збитків від недоотриманих податків, зарплати, легальних робочих місць тощо). Якщо ж врахувати, що в області подібних родовищ є сотні, то втрати бюджетів області, за оцінкою чиновника, становитимуть близько 1 млрд грн (*Поширення корупції...*, н.д.).

У Конгресі відбулися слухання про ситуацію у нафтогазовому секторі України та реалізацію плану досягнення Україною енергонеалежності. За інформацією *Wschochnik*, допомога, що пропонується США на забезпечення енергонеалежності України, може бути заблокована Конгресом США до усунення корупційних дій у профільних відомствах (*USA zaniepokojone...*, 2017). Зокрема, конгресмени вказали на корупцію у Державній службі геології та надр України, а також попросили правоохоронні та антикорупційні органи розслідувати факти порушень, що стали публічними у діяльності керівництва Держгеонадра. Через так звані офіційні розцінки на отримання необхідних дозволів Держгеонадра назвали у США однією з найбільш корумпованих державних служб в Україні. Корупційні схеми, зазначалося далі, покриваються керівництвом служби і вже давно вийшли на міжнародний рівень, але так і залишаються поза увагою антикорупційних органів, оскільки кінцевими бенефіціарами подібних дій були близькі до минулої влади люди (*Коваль, 2018*).

Державна служба геології та надр під колишнім керівництвом стала осередком корупції, зазначає прем'єр-міністр України Олексій Гончарук. "Поки ми на минулому тижні не звільнили керівника Держгеонадра, там процвітали групи впливу, "смотрящі"... Нам треба нарощувати видобуток газу. Але що потрібно зрозуміти? Нафтогазова сфера – це глибоко корупційна схема, яку слід припинити", – сказав він (*Прем'єр звинуватив...*, 2019).

Держгеонадра є єдиним органом, який видає ліцензії на розробку та видобуток надр, у т. ч. нафти і газу. Само собою, подібні повноваження автоматично переводять цю службу у зону підвищеного інтересу з боку не чистих на руку ділків. Як зазначалося у ЗМІ, за останні роки діяльності Держгеонадра створено та легалізовано так званий інститут смотрящих за природними ресурсами, що привласнювали левову долю надходжень від їх видобутку (*Корупція у Держгеонадра...*, 2017). *Wschochnik* повідомляє, що, за підрахунками експертів, втрати для держави від подібних дій минулого керівництва Держгеонадра вимірюються у 5–7 млрд грн щорічно. Крім фінансової складової, Україна втрачає свої запаси корисних копалин, обсяги яких значно скоротилися через нелегальний видобуток. При цьому Генеральна прокуратура України, Національне антикорупційне бюро України та інші державні органи, зазначається у публікації, створюють видимість відсутності будь-яких проблем у даній галузі. На проблему корупції в українській нафтогазовій галузі ще раніше неодноразово вказували Спеціалізований антикорупційний прокуратури та НАБУ у Держдепі США та просили провести розслідування (*Коваль, 2018*).

Наступна проблема – це недостатні обсяги проведення геологорозвідувальних робіт. Наявність цієї проблеми пояснюється мізерністю їх фінансування. За оцінками експертів (*Експерти: в Україні...*, 2010), за обсягами видобування низки корисних копалин (нафта, природний газ, вугілля, залізна, марганцева руда) Україна ще у минулому сторіччі подолала пік Хабера (максимальний видобуток, після якого починається зниження видобутку корисної копалини). Багато розвіданих за радянських часів родовищ вже відпрацьовані. У той же час вищезазначене зниження видобутку майже по всіх видах

корисних копалин зумовлено не тільки скороченням запасів копалин, а й значною мірою монополізацією галузі.

Щодо георозвідки. Кошти, що вкладаються в пошуки й розвідку нових родовищ, давно вже оцінювались як вкрай недостатні. Зараз же, через складне становище економіки держави, обсяги проведення ГРП ще більше скоротилися, відтворення власної МСБ майже не відбувається. Це не тільки не відповідає потребам країни, а й становить загрозу її національним інтересам, не кажучи вже про занепад сфери екологічної безпеки георозвідки і видобування, що також загрожує національній безпеці країни. Варто також зазначити, що нині, коли більшість родовищ, які лежали "на поверхні", відпрацьовані, багато які з видів мінеральної сировини є важковидобувними і важкозбагачувальними, тобто потребують застосування нових методів розвідки і розробки, а також впровадження принципово нових технологій видобутку і вилучення корисних копалин. А це ще одна проблема, новий виклик, який потребує адекватної відповіді. Надзвичайно актуальним питанням є підвищення ролі як геологічної науки (відкриття нових родовищ потребує залучення комплексу найсучасніших, науково обґрунтованих методів пошуку), так і розроблення досконаліших технічних засобів, що використовуються у видобуванні мінеральної сировини. Отже, нарощування МСБ у країні, підвищення ефективності її створення, потребує наукового супроводу всіх стадій відповідних робіт. Складність вирішення цієї проблеми полягає в тому, що скорочення фінансування наукового супроводження, зокрема ГРП, за останні роки призвело до знищення наукових підрозділів і, навіть, відповідних напрямів галузевої геологічної науки.

Неважко довести, що: 1) зазначені й інші проблеми пов'язані з неякісністю, неефективністю управління відповідними галузями геології і видобування (як і управління економікою країни у цілому). При цьому мається на увазі неефективність управління з позицій суспільних інтересів, бо з позицій тих, хто "приватизував" і експлуатує засоби державного впливу на відповідні галузі на свою власну користь таке управління є надзвичайно ефективним; 2) зазначені вище проблеми пов'язані одна з одною; 3) вирішення названих проблем потребує якісно інших підходів, засобів управління, принципово відрізняються від тих, традиційних методів вдосконалення управління, що застосовуються в нашій країні протягом останніх 100 років.

До традиційних засобів удосконалення управління ми відносимо ті засоби, які використовувалися старою радянською бюрократією для вирішення тих чи інших проблем. Як правило, чи не у кожному випадку при виникненні проблем практикувалося використання організаційно-структурних засобів – створення (реорганізація) того чи іншого державного організаційно-розпорядчого органу управління типу міністерства, відомства (в нашому випадку, це Держгеонадра України) або кадрові зміни, або прийняття нового законодавчого акта, інших адміністративно-організаційних заходів.

У нових (ринкових, а точніше, перехідних) умовах ці традиційні засоби управління аж ніяк не спрацьовують. Підтвердженням цьому можуть бути численні пошуки адекватної форми організаційно-розпорядчого органу управління. Українська геологічна служба неодноразово зазнавала структурних змін – від Державного Комітету України по геології та використанню надр, Державної геологічної служби до Державної служби геології та надр України. Держгеонадра України є центральним органом виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра екології та природних ресурсів України. Однак, незважа-

ючи на це "реформований" держорган, як і раніше, не вирішує проблеми, а створює їх (*Голова Держгеонадра...*, 2017). Зокрема, це проблеми корупції, неефективності управління. Слід зазначити, що проблема корупційних ризиків не є виключно проблемою Держгеонадра. Ці ризики однаковою мірою стосуються практично всіх органів виконавчої влади, до системи яких входить Держгеонадра, яка мала б забезпечувати реалізацію державної політики у сфері геологічного вивчення та раціонального використання надр.

Щодо кадрових змін. Вважається, що у разі виявлення корупції у керівництві – достатньо замінити діючих керівників, які могли б бути причетними до корупційних злочинів, на "чесних" або змінити процедуру їх призначення (зробити, наприклад, її конкурсною) і проблема вирішиться. Нічого подібного. Про це свідчить хоча б досвід останніх років. У результаті Помаранчевої революції 2004 р. та революції 2014 р. до влади мали б прийти чесні люди. У той же час у закордонних ЗМІ відзначалось, що через три роки після Революції гідності, за масштабами розкрадання державних коштів, рівнем корупції, зокрема у видобувній сфері, Україна навіть перевищила аналогічні показники, що мали місце за часів президента-втікача (*Голова Держгеонадра...*, 2017). При цьому чинна адміністративно-розпорядча система всіляко імітує, симулює активну діяльність у боротьбі з корупцією – розробляються відповідні (адміністративно-бюрократичні) заходи (плани) антикорупційної діяльності, створюються спеціальні структури для її здійснення, подаються звіти про успішне виконання відповідних заходів тощо.

Окрім маніпулювання організаційними формами виконавчо-розпорядчих органів і новими кадровими призначеннями (на конкурсних засадах або в адміністративному порядку), видаються різноманітні законодавчі акти щодо тої чи іншої сфери економіки. Відносно геологічної розвідки та використання надр можна назвати закон "Про забезпечення прозорості у видобувних галузях" (18 вересня 2018 року № 2545-VIII), Загальнодержавну програму розвитку МСБ України на період до 2030 року, затверджену Законом України від 21 квітня 2011 року № 3268-VI тощо (*Вінокуров, 2018*).

Ці документи також значною мірою є бюрократичними та декларативними, а отже і неефективними. Про декларативність, формалізм низки положень Програми свідчить, наприклад, те, що кризові явища в геологічному вивченні надр загострилися у 2011–2013 роках, саме після її затвердження. Постійно пропонується внесення змін до даного документа (*Гошовський та ін., 2014*) і це також є ознакою його неякісності.

Не призводять до зменшення корупційних ризиків, а отже і не є ефективними (як і інші адміністративно-бюрократичні заходи) структурна реорганізація державних організаційно-розпорядчих органів, а також зміни кадрового складу. Зазначена структурна реорганізація завжди була бюрократичною за своєю суттю сукупністю заходів, що становили її зміст. Так, ще за часів перебування України у складі СРСР у 1941 р. Геологічне управління УРСР перейменовується на Українське геологічне управління. У 1957 р. рішенням Ради Міністрів УРСР від 22 липня створено Головне управління геології та охорони надр при Раді Міністрів СРСР – Головгеологія УРСР. На початку 1965 р. Указом Президії Верховної Ради УРСР від 18 лютого Головгеологію реорганізовано в Державний геологічний комітет при Раді Міністрів УРСР. А вже наприкінці того ж року його було перейменовано у Міністерство геології УРСР. Далі відбулося ще декілька перейменувань: з 1 січня 1988 р. Міністерство геології УРСР реорганізовано у Геологічне виробниче об'єднання "Укргеологія"

Міністерства геології СРСР. А з 1 вересня 1988 р. зазначене об'єднання стало Головним координаційним геологічним управлінням Міністерства геології СРСР.

За роки незалежності українська геологічна служба теж неодноразово зазнавала структурних змін – від Державного Комітету України по геології та використанню надр, Державної геологічної служби до Державної служби геології та надр України (Держгеонадра України), яка, як зазначалось, входить до системи органів виконавчої влади і має забезпечувати реалізацію державної політики у сфері геологічного вивчення та раціонального використання надр. Але, незважаючи на постійні реорганізації, організація управління геологією продовжує залишатися неефективною, такою, де відомча корупція не виключається. Сьогоднішня організація управління не спроможна забезпечити створення потужної МСБ, яка б сприяла оздоровленню національної економіки, підвищенню добробуту українського народу.

Розглянемо зарубіжний досвід управління геологорозвідкою та використанням надр у розвинених країнах, з низьким рівнем корупції. У США діє схоже за призначенням Бюро із землеустрою, що є структурним підрозділом міністерства внутрішніх справ країни (яке у США не виконує поліцейських функцій). Основними функціями Бюро є:

- ведення земельних інформаційних систем; проведення кадастрових зйомок;
- ведення земельного архіву;
- підготовка конкретних планів регіонального розвитку;
- проведення земельної зйомки;
- випуск ліцензій та інших дозволів на використання земель і корисних копалин;
- інспектування правильності використання виданих ліцензій та дозволів;
- проектування і будівництво доріг, інших комунікацій та будівель; моніторинг ресурсів;
- продаж федеральних земель і покупка земель у федеральну власність.

Робота бюро із землеустрою у США є одним з джерел грошових надходжень до федерального бюджету – щорічно близько 800 млн доларів. Головні статті доходу: продаж деревини і громадських земель, оренда пасовищ, доріг для проїзду до власності, надання послуг з навчання кадрів, проведення досліджень, оцінки проектів, проведення закупівель, а також продаж дозволів на розробку корисних копалин (*U.S. Geological Survey, н.д.*). Як результат, це відомство не спричиняє шкоди державі (як це має місце у нас), а, навпаки, збагачує бюджет.

Одними з головних чинників некорупційності функціонування Бюро із землеустрою, міністерства внутрішніх справ у цілому, надання дозволів на розробку корисних копалин є насамперед наявність стабільного чіткого законодавства, що діє в зазначеній сфері. Мається на увазі гнучке законодавство, яке чітко визначає права власності громадян на корисні копалини, які містяться в надрах, а отже і їх видобування. Як результат – діє закон. Саме наявність такого законодавства усуває необхідність прийняття суб'єктивних, волюнтаристських, нерідко злочинних рішень стосовно надання спецдозволів на видобування.

Слід зазначити, що гнучке законодавство у США, використовуючи принципи англосаксонської права, розвивалося досить самостійно. Діє єдиний принцип: власник землі був і власником надр. Звідси на приватних землях власником надр і ресурсів надр був землевласник, на державних, федеральних - держава.

Відповідно до американської інтерпретації, англосаксонська доктрина права власності на природні ресурси передбачала можливість надання землевласнику право власності на землю і все, що з нею безпосередньо пов'язано, тобто на все, що перебуває над і під нею "від неба

до пекла". Вона діяла у США з часів перших поселенців. Однак уже на початку XX ст. у США були прийняті закони: Coal Lands Act (1909), Agricultural Entry Act (1914) та Stock-Raising Homestead Act (1916) (*U.S. Geological Survey, n.d.*), що встановлюють, а точніше, зберігають право власності на надра (ресурси надр) за урядом при передачі федеральних земель у приватну власність на основі надання заявнику так званого земельного патенту.

Це ж положення було повторено у Законі США 1976 р. "Про Федеральну політику з управління землями" (запаси газу) (*Закон США..., 2001*). Цей закон регулює права володіння, користування і розпорядження федеральними земельними ділянками. Його метою є забезпечення раціонального використання як самих земельних ділянок, так і відповідних ділянок надр, що містять корисні копалини. Відповідно до цього закону власник землі отримав право на придбання так званого повного земельного патенту, що об'єднує права як на поверхню, так і на надра землі. При цьому потенційний надрокористувач зобов'язаний був виконати певний комплекс ГРП, з тим, щоб можна було досить обґрунтовано встановити цінність ділянки надр і розмір платежів за користування надрами.

Суди різних штатів по-різному підходили до питання про власність на корисні копалини, що містяться в надрах. У даній області сформувалися два напрями: власності та невласності. У теорії власності, у свою чергу, виділялося два підходи: абсолютної власності та кваліфікованої власності. Законодавство штатів Техас, Пенсільванія і Арканзас є прикладом першого підходу, який слідує доктрині "сі jus est solum, е jus est usque ad column et ad inferos" (землевласник володіє всім від неба до пекла над і під межами своєї землі). Дана теорія в застосуванні до власності на сиру нафту, що міститься в надрах, була потім модифікована за допомогою введення "права заволодіння". Теорія кваліфікованої власності, розроблена в штатах Каліфорнія, Оклахома, Луїзіана і Індіана, характеризує право щодо нафти швидше як "profit а prendre" (з французької — означає право зайняти землю і взяти частину її або те, що вона виробляє). Різниця між цими двома теоріями очевидна: відповідно до першої теорії вся нафта є власністю землевласника доти, поки він не буде позбавлений її в результаті задіяння "права заволодіння". Згідно з другою теорією, землевласник наділений правом власності, але виникає вона тільки тоді, коли зведена до володіння за допомогою "заволодіння". Відповідно до другого напрямку, корисні копалини не є ні чимею власністю доти, поки вони не будуть добыті. У даний час США залишаються єдиною західною країною, де практикується такий унікальний підхід до питань власності. У багатьох державах, наприклад у Великій Британії, діє "вотчина" (доманальна) система, коли держава заявляє свої суверенні права на корисні копалини, що містяться в надрах, а землевласники отримують прибуток, давши дозвіл на використання своєї землі для видобутку. У деяких випадках коріння цієї системи йдуть в епоху феодалізму. Сучасні держави забезпечують її дію зазвичай конституційним законодавством (*Перчик, 2002*).

Управління за допомогою закону завжди вважалось і вважається кращим порівняно з так званим ручним, нерідко суб'єктивним, волюнтаристським. У той же час неправильно було б вважати, що достатньо прийняти хороший закон, наприклад, запозичивши його в тій країні, де успішно здійснюється управління розвідкою і експлуатацією надр і всі проблеми вирішуються одночасно. Наприклад, запозичити, прийняти законодавство, яке діє у США, Великій Британії. Нічого подібного. Перелічені вище проблеми не вирішуються. Чому? Однією з причин є правовий нігілізм, який вважається іманентною складо-

вою українського менталітету. Між тим не дарма вважається, що головна філософія життя успішних країн — це повага до людини, її прав і свобод, шанобливе ставлення до закону і законності, підтримання правопорядку. Саме ці чинники вважаються запорукою успіху і незалежного управління країною.

Оскільки вирішити наявні проблеми управління розвідкою і експлуатацією надр шляхом прийняття законодавства, на жаль практично неможливо, запропонуємо більш складний підхід — створення таких організаційних умов, за яких службовці, підприємці та інші учасники відповідних відносин не зможуть діяти в інший спосіб, відмінний від того, який передбачено законом. Сукупність таких умов назвемо інноваційно-інвестиційним антикорупційним механізмом надрокористування. Оскільки побудова, проектування такої організації діяльності, такого механізму є достатньо складною задачею, то для її вирішення необхідно застосовувати потужний науковий інструментарій, зокрема системний аналіз, теорію систем. Згідно з останньою, під системою розуміється множинність елементів, на якому реалізується відношення із задалегідь заданими властивостями. Розглядаючи інноваційно-інвестиційний антикорупційний механізм як систему, що має складатися з певних елементів — організаційних засобів, властивостями яких є здатність забезпечувати інноваційність, привабливість умов для інвестицій, нейтралізацію корупційних викликів. Крім того, цей механізм спрямований на прийняття найефективніших рішень. Як це зробити? Про це скажемо нижче.

Щодо засобів, які нейтралізують, наприклад, корупційні виклики, то, зокрема, у США, на відміну від України, прийняття рішення стосовно надання дозволу на видобуток, відбувається за прозорою, відкритою процедурою, на конкурсних засадах (шляхом проведення аукціону) або, виходячи з критерію державних (суспільних) інтересів, як це впливає з низки статей Закону США "Про Федеральне землекористування" 1976 р. (*Закон США..., 2001*). При цьому однією з умов одержання дозволу на розробку корисних копалин у багатьох країнах визначається проведення претендентом ГРП, застосування нових методів розвідки, а також розробки і впровадження принципово нових технологій видобутку і вилучення корисних копалин. Тобто за таких умов складаються можливості для вирішення другої і третьої проблем — залучення комплексу найсучасніших, науково обґрунтованих методів пошуку, розробки і застосування інноваційних проектів, досконаліших технічних засобів, що використовуються у видобуванні мінеральної сировини. Впровадження нових технологічних процесів з використанням нових типів сировини і матеріалів, вдосконалення організації, технічне переоснащення гірничого виробництва є в Україні важливою задачею національного значення щодо раціонального, екологічно ощадливого природо- і ресурсокористування. Вирішення цих проблем забезпечить сталий розвиток МСБ України, підвищення рівня її енергетичної безпеки.

Хочемо також запропонувати єдині (як для геологічної розвідки та використання надр, так і для державного апарату економічного управління в цілому) підходи до вирішення проблеми корупційних ризиків, а також вдосконалення його функціонування. Зупинимось коротко на цих підходах, фактично, принципах побудови некорупційної конкурентної ефективної системи управління. Вони достатньо прості і більшість їх давно застосовується у всьому цивілізаційному світі. Ми виділяємо три види таких принципів. По-перше — це максимальне зменшення питомої ваги людського фактору, тобто передача якомога більше функцій управління машині, комп'ютеру, перехід до нових інформаційних технологій в управлінні,

а саме, автоматизованих перевірок, розподілів; прийняття, в автоматичному режимі, рішень (електронне урядування); встановлення веб-камер, запровадження відеоспостережень (наприклад, на таможні) і т. ін. По-друге, створення (для нейтралізації корупційних ризиків з боку тієї частини держапарату, яку неможливо поки що замінити ЕОМ) таких організаційних умов, за яких вкрати, а також скористатися вкраденим стає неможливим. У американців прийнято вважати ту організаційну систему хорошою, у якій навіть самий запеклий зловмисник не зміг би завдати їй великої шкоди.

Щодо неможливості скористатися вкраденим, то це, наприклад, неформальні: перевірка, встановлення і покарання у разі незаконного збагачення держслужбовця; застосування в державному управлінні принципу субсидіарності, згідно з яким держава, (державні органи) виконує лише ті функції, які пов'язані з національною безпекою, а також ті, від виконання яких відмовляються недержавні (комерційні та некомерційні) структури. Залучення таких структур до виконання управлінських функцій (при цьому попереднє проводиться їх аналіз, виявляються і залишаються лише дійсно об'єктивно необхідні) відбувається прозоро, на конкурсних, договірних засадах. При цьому ці структури (як правило, колективи) є, по-перше, тимчасовими: їх діяльність припиняється по досягненню цілей, закінченню договору, що робить виконання відповідних функцій значно (на порядки) економічнішим (порівняно зі штатним персоналом держслужбовців). По-друге, зазначені колективи є творчими, що припускає застосування у вирішенні проблем новітніх, нестандартних підходів і робить управління більш якісним та ефективним. Отже, мова йде про перехід від діючої системи економічного управління (корупційної, громіздкої, неконкурентної, бюрократичної, неефективної), до некоорупційної, конкурентної, ефективної. Для цього одним з авторів цієї публікації розроблено вищевикладену стратегію такого переходу, а також дві моделі – бажану (проект системи управління галуззю, що засновується на вищезначених принципах) і модель по переходу від діючої системи економічного управління до бажаної. Проект бажаної системи перебуває зараз на етапі реєстрації авторського права на корисну модель одного з авторів цієї статті. Цей проект може бути запроваджений і реалізований в управлінні геологічною розвідкою та видобуванням надр, тобто використаний у заміщенні Держгеонадра.

Особливо великий ефект у вигляді додаткових надходжень до бюджету, а також відповідних соціальних перетворень надасть широкомасштабне застосування підходу, що пропонується, у реформуванні всього державного управління економікою. Така реформа могла б забезпечити настання українського економічного дива, як у свій час це відбулося в Японії, Німеччині, Південній Кореї. Тільки наше чудо могло б бути ще більш дивовижним, привести до бажаних результатів за більш короткий час і мати набагато вищий ефект. І не тільки тому, що стартові умови у нас ще гірше, ніж були, наприклад, у зруйнованій Німеччині. Ефект від реформування, що пропонується, матиме величезний економічний і соціальний вимір. Щодо економічного виміру, то він включатиме три складові у вигляді додаткових надходжень до державного бюджету: 1) додаткові надходження, які розкрадаються зараз з бюджету чиновниками (за деякими оцінками, у державі щорічно розкрадається 40–60 % від витратної частини бюджету, що становить десятки мільярдів доларів на рік); 2) надходження, що будуть отримані в результаті реалізації принципу субсидіарності і різкого скорочення чисельності держапарату, а також суттєвого зменшення витрат на різного роду соціальні пакети для держслужбовців, включаючи спеціальні пенсії. Такі надходження дорівнюватимуть орієнтовано декільком мільярдам доларів; 3) додаткові надходження, що поступлять

внаслідок суттєвого підвищення рівня якості та ефективності економічних управлінських рішень. Ці надходження складуть також десятки мільярдів доларів на рік.

Соціальне значення від запровадження авторської моделі в управління економікою. У результаті реалізації проекту буде забезпечено пріоритет державних, суспільних потреб, замість інтересів олігархічних кланів. Високопосадовці вже не зможуть використовувати державні фінансові потоки для власного збагачення. Як наслідок, система економічного управління, економічна влада перестане бути такою привабливою і жаданою. Все стане на свої місця і вкладення у владу припинять бути найбільш рентабельними і втратять сенс. Тоді бізнес і влада відокремляться, держава за своєю суттю перестане бути олігархічною. А це матиме величезне економічне значення: з'явиться здорова економічна конкуренція, виникнуть передумови до подолання монополізму, підуть реальні інвестиції у бізнес. Це означатиме різке пожвавлення економіки, що приведе, у свою чергу, до підняття добробуту пересічних громадян, збільшення споживання, а отже й до подальшого розвитку економіки, і так по колу. Зростання економіки, стандартів життя, інтенсифікації відповідних політичних процесів – поверненню втрачених територій. Перед Україною розкриються двері всіх міжнародних об'єднань, оновиться втрачений її суверенітет.

Висновки. Проблеми МСБ України є надзвичайно важливими для розвитку країни та її енергетичної незалежності. За значущістю їх можна віднести до фундаментальних геологічних проблем Східної Європи. За своєю сутністю це проблеми вдосконалення управління цією галуззю економіки, запровадження в ній сучасних ефективних форм господарювання. Реалізація потенційних можливостей подальшого приросту наявних запасів і розвідки родовищ нових для України видів корисних копалин, з видобутком яких пов'язані потенційні можливості досягнення енергетичної і економічної безпеки держави, нарощування її експортного потенціалу, залежить від подолання відомчої корупції (корупції у видобувній галузі), збільшення обсягів проведення ГРП, а також запровадження новітніх технологій у видобуванні. Розв'язання вказаних проблем потребує якісно інших підходів, засобів управління, принципово відмінних від традиційних методів вдосконалення управління.

Запропоновано вдосконалити регуляторну політику Держгеонадра, розглядати бюджетну програму розвитку МСБ, нормативні акти, що забезпечують її реалізацію як регуляторні акти. Відповідно до законодавства про регуляторну політику, потрібно виконати передбачені до цих актів вимоги (включення до цього процесу таких важливих етапів, як моніторинг дії, аналіз, оцінка ефективності правового акту та ін.

Додільно запозичити досвід США – розробки чіткого законодавства у сфері видобування, надання права на придбання так званого повного земельного патенту, що об'єднує права як на поверхню, так і на надра землі. Корисним для використання може бути також і досвід у частині функціонування Бюро із землеустрою та надання дозволів на розробку корисних копалин. Саме наявність цих факторів усуває можливість прийняття суб'єктивних, нерідко злочинних рішень стосовно надання спецдозволів на видобування.

Пропонується побудова інноваційно-інвестиційного антикорупційного механізму надрокористування на основі виділення декількох принципів, складових цього механізму. По-перше – це максимальне зменшення питомої ваги людського фактору, перехід до нових інформаційних технологій в управлінні. По-друге – це створення таких організаційних умов, за яких зловживання використанням бюджетних коштів стане неможливим. По-третє – це застосування в державному управлінні принципу субсидіарності. Розроблені одним з авторів

цієї публікації проєкт бажаної системи управління галузю та модель переходу від чинної до пропонованої системи управління перебуває на етапі реєстрації авторського права на корисну модель. Особливо великий ефект у вигляді додаткових надходжень до бюджету, а також відповідних соціальних перетворень дасть широкомасштабне застосування підходу, що пропонується, у реформуванні усього державного управління економікою.

Список використаних джерел

- Башмаков, Г.С. (1974). Право пользования недрами в СССР. Москва: Наука.
- Бюджетний запит на 2017-2019 роки. Індивідуальний, Форма 2017-2. (н. д.). Архів Міністерства екології та природних ресурсів України за 2019 р.
- Вінокуров, Я. (2018). Рада ухвалила закон, що відкриває інформацію про видобувну діяльність. Отримано із <https://hromadske.ua/posts/rada-ukhvalyla-zakon-shcho-vidkryvaie-informatsiiu-pro-vydobuvnu-dialnist>
- Голова Держгеонадра зібрав журжурядову програму енергонебезпечності на \$5 млрд – Конгрес США. (2017). Отримано із <https://www.5.ua/suspilstvo/holova-derzhgeonadra-zirvav-mizhuriadovu-prohramu-enerhoneyezalezhnosti-na>
- Гощовський, С. В., Красножон, М. Д., Люта, Н. Г., Василенко, А. П., Костенко, М.М. (2014). Мінерально-сировинна база України. Стаття 1. Щодо необхідності внесення змін до загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року. *Мінеральні ресурси України*, 2, 5-8.
- Експерти: в Україні запаси газу та нафти більші, ніж в Росії. (2010). Отримано із <http://tsn.ua/groshi/eksperti-v-ukrayini-zapasi-gazu-ta-nafti-bilshi-nizh-v-rosiyi.html>
- Закон США "О Федеральном землепользовании" 1976 г. (2001). Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование, 4 (9), 43. Получено с http://dpr.ru/journal/journal_7_9.htm
- Закон України "Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року" (2012). № 4731-VI від 17.05.2012 р. Отримано із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/3268-17>
- Закон України "Про державну геологічну службу України". (1999). *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*, 51, ст. 456.
- Закон України "Про засади державної регуляторної політики у сфері господарської діяльності". (2019). Отримано із <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1160-15>
- Коваль, І. (2018). Мільйон за ліцензію: хто і як отримує дозволи на газовидобуток в Україні. Отримано із <https://mind.ua/publications/20182281-miljon-za-licenziyu-hto-i-yak-otrimue-dozvoli-na-gazovidobutok-v-ukrayini>
- Корупція у Держгеонадра блокує енергонебезпечність України, – міжнародні ЗМІ. (2017). Отримано із <http://nikorupcii.org/2017/12/22/korupsiya-u-derzhgeonadra-blokuje-enerhoneyezalezhnist-ukrayiny-mizhnarodni-zmi/>
- Мухитдинов, Н.Б. (1972). Правовые проблемы пользования недрами. Алма-Ата: Наука Каз.ССР.
- Нерозвідані запаси газу в Україні найбільші у світі – експерти. (2010). Отримано із <https://www.epravda.com.ua/news/2010/06/2/237050/>
- Перчик, А. И. (2002). Горное право. Учеб. для вузов. Москва: Изд. Дом. "Филология три".
- Поширення корупції у сфері надкористування та напрямки мінімізації. (н.д.). *Навчальні матеріали онлайн*. Отримано із <https://pidruchniki.com/84025/finansii/poshirennya>
- Прем'єр звинуватив попереднє керівництво Держгеонадр у корупції. (2019). Отримано 1 жовтня 2019 із <http://oilreview.kiev.ua/2019/10/01/premyer-zvinuvativ-poperednye-kerivnictvo-derzhgeonadr-u-korupcii%D1%97/>
- Про затвердження Порядку використання коштів, передбачених у державному бюджеті для розвитку мінерально-сировинної бази та внесення змін до Порядку проведення геологорозвідувальних робіт за рахунок коштів державного бюджету. (2017). Постанова Кабінету Міністрів України від 28.02.2011 № 301. Отримано із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/301-2011-%D0%BF>
- Про затвердження Порядку проведення геологорозвідувальних робіт за рахунок коштів державного бюджету (із змінами та доповненнями). (2017). Постанова Кабінету Міністрів України від 25.01.1999 № 83. Отримано із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/83-99-%D0%BF>
- Робертсон, Дж. (1993). Аудит. Пер. с англ. М.: Контакт.
- Селос, Б. (1996). Институт Генерального аудитора Норвегии: его место в государственной структуре. *EUROSAI*, 3, 25.
- Суріпова, О. (2016). Управління геологічним вивченням надр. *Екологічне право*, 8, 88-92.
- Сыродоев, Н.А. (1969). Правовой режим недр. М.: Юридическая литература.
- Brigham, E. F., Houston, J.F. (2015). *Fundamentals of Financial Management*. 14th Edition. Amazon Kindle.
- Economy of Ukraine. (н.д.). Отримано із <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/250214>
- U.S. Geological Survey. (н.д.). Official site. Отримано із <https://www.usgs.gov/>
- USA zaniepokojone wysokim poziomem powszechnej korupcji w ukraińskich instytucjach państwowych związanych z ropą naftową i gazem. (2017). *Wschodnik. czwartek, 21 grudnia 2017*. Retrieved January 5, 2018 from wschodnik.pl/publicystyka/itemlist/tag...
- References**
- Bashmakov, H.S. (1974). *Pravo pol'zovanyya nedramy v SSSR*. Moskva: Nauka. [in Russian]
- Brigham, E. F., Houston, J.F. (2015). *Fundamentals of Financial Management*. 14th Edition. Amazon Kindle.
- Byudzhetyy zapyt na 2017-2019 roky. Indyvidual'nyy, Forma 2017-2. (n. d.). Arkhiv Ministerstva ekolohiyi ta pryrodnykh resursiv Ukrayiny za 2019 r. [in Ukrainian]
- Economy of Ukraine. (н.д.). Retrieved from <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/250214>
- Eksperty: v Ukraini zapasy hazu ta nafty bil'shi, nizh v Rosiyi. (2010). Retrieved from <https://tsn.ua/groshi/eksperti-v-ukrayini-zapasi-gazu-ta-nafti-bilshi-nizh-v-rosiyi.html> [in Ukrainian]
- Holova Derzhheonadra zirvav mizhuriadovu prohramu enerhoneyezalezhnosti na \$5 mlrd – Konhres SSHA. (2017). Retrieved from <https://www.5.ua/suspilstvo/holova-derzhheonadra-zirvav-mizhuriadovu-prohramu-enerhoneyezalezhnosti-na> [in Ukrainian]
- Hoshovskyy, S. V., Krasnozhen, M. D., Lyuta, N. H., Vasylenko, A. P., Kostenko, M.M. (2014). *Mineral'no-syrovynna baza Ukrayiny*. Stat'ya 1. Shchodo neobkhdnosti vnesennya zmin do zahal'noderzhavnoyi prohramy rozvytku mineral'nosyrovynnoyi bazy Ukrayiny na period do 2030 roku. *Mineral'ni resursy Ukrayiny*, 2, 5-8. [in Ukrainian]
- Korupsiya u Derzhheonadra blokuje enerhoneyezalezhnist' Ukrayiny, – mizhnarodni ZMI. (2017). Retrieved from <http://nikorupcii.org/2017/12/22/korupsiya-u-derzhheonadra-blokuje-enerhoneyezalezhnist-ukrayiny-mizhnarodni-zmi/> [in Ukrainian]
- Koval', I. (2018). Mil'yon za litsenziyu: khto i yak otrymuye dozvolu na hazovydobutok v Ukraini. Retrieved from <https://mind.ua/publications/20182281-miljon-za-licenziyu-hto-i-yak-otrimue-dozvolu-na-gazovidobutok-v-ukrayini> [in Ukrainian]
- Mukhytdynov, N.B. (1972). *Pravovye problemy pol'zovanyya nedramy*. Alma-Ata: Nauka Kaz. SSR. [in Russian]
- Nerovizdani zapasy hazu v Ukraini naybil'shi u svi'ti – eksperty. (2010). Retrieved from <https://www.epravda.com.ua/news/2010/06/2/237050/> [in Ukrainian]
- Perchik, A. Y. (2002). *Hornoe pravo*. Ucheb. dlya vuzov. Moskva: Yzd. Dom. "Fylolohiya try". [in Russian]
- Poshyrennya korupsiyi u sferi nadkorystuvannya ta napryamky minimizatsiyi. (н.д.). *Navchal'ni materialy onlayn*. Retrieved from <https://pidruchniki.com/84025/finansii/poshirennya> [in Ukrainian]
- Prem'yer zvinuvatyv poperednye kerivnytstvo Derzhheonadr u korupsiyi. (2019). Retrieved November 1, 2019 from <http://oilreview.kiev.ua/2019/10/01/premyer-zvinuvatyv-poperednye-kerivnytstvo-derzhgeonadr-u-korupcii%D1%97/> [in Ukrainian]
- Pro zatverdzhennya Poryadku provedennya heolohorozviduval'nykh rob it za rakhunok koshtiv derzhavnogo byudzhetu (iz zminamy ta dopovnyennamy). (2017). *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 25.01.1999 № 83*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/83-99-%D0%BF> [in Ukrainian]
- Pro zatverdzhennya Poryadku vykorystannya koshtiv, peredbachenykh u derzhavnomu byudzheti dlya rozvytku mineral'no-syrovynnoyi bazy ta vnesennya zmin do Poryadku provedennya heolohorozviduval'nykh rob it za rakhunok koshtiv derzhavnogo byudzhetu. (2017). *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 28.02.2011 № 301*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/301-2011-%D0%BF> [in Ukrainian]
- Robertson, Dzh. (1993). *Audit*. Per. s anhl. M.: Kontakt. [in Russian]
- Selos, B. (1996). *Ynstytut Heneral'noho audytora Norvehyi: eho mesto v hosudarstvennoy strukture*. *EUROSAI*, 3, 25. [in Russian]
- Surllova, O. (2016). *Upravlinnya heolohichnym vyvchennym nadr*. *Ekolohichne pravo*, 8, 88-92. [in Ukrainian]
- Syrodov, N.A. (1969). *Pravovoy rezhym neдр*. M.: Yurydycheskaya lyteratura. [in Russian]
- U.S. Geological Survey. (н.д.). Official site. Retrieved from <https://www.usgs.gov/>
- USA zaniepokojone wysokim poziomem powszechnej korupcji w ukraińskich instytucjach państwowych związanych z ropą naftową i gazem. (2017). *Wschodnik. czwartek, 21 grudnia 2017*. Retrieved January 5, 2018 from wschodnik.pl/publicystyka/itemlist/tag...
- Vinokurov, Ya. (2018). *Rada ukhvalyla zakon, shcho vidkryvaye informatsiyu pro vydobuvnu diyalnist*. Retrieved from <https://hromadske.ua/posts/rada-ukhvalyla-zakon-shcho-vidkryvaie-informatsiiu-pro-vydobuvnu-dialnist> [in Ukrainian]
- Zakon SSHA "O Federal'nom zemlepol'zovanyy" 1976 h. (2001). *Nedvyzhymost' y ynvestytsyy. Pravovoe rehulyrovanye*, 4 (9), 43. Retrieved from http://dpr.ru/journal/journal_7_9.htm [in Russian]
- Zakon Ukrayiny "Pro zatverdzhennya Zahal'noderzhavnoyi prohramy rozvytku mineral'no-syrovynnoyi bazy Ukrayiny na period do 2030 roku" (2012). № 4731-VI від 17.05.2012 r. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/3268-17> [in Ukrainian]
- Zakon Ukrayiny "Pro derzhavnu heolohichnu sluzhbu Ukrayiny". (1999). *Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny (VVR)*, 51, st. 456. [in Ukrainian]
- Zakon Ukrayiny "Pro zasady derzhavnoyi rehulyatornoyi polityky u sferi hospodars'koyi diyal'nosti". (2019). Retrieved from <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1160-15> [in Ukrainian]

O. Yuldashev, Dr. Sci. (Legal.), Prof.
Interregional Academy of Personnel Management;
M. Smokovich, Dr. Sci. (Legal.)
President of the Administrative Court of Cassation
within the Supreme Court of Ukraine;
O. Yuldashev, Cand.Sci. (Legal), Assoc. Prof.
Interregional Academy of Personnel Management;
S. Yuldashev, Dr. Sci. (Legal.),
ORCID ID 0000-0002-2033-4820
National Aviation University

INNOVATION AND INVESTMENT ANTI-CORRUPTION MECHANISM FOR ECONOMIC DEVELOPMENT

It is substantiated that problems of the development of the mineral-raw material base of Ukraine (which, taking into account their importance, can be attributed to the fundamental geological problems of Eastern Europe), are problems of improving the management of this branch of the economy, the introduction of modern effective forms of management. This will ensure the energy independence of the country, its economic development, creation of additional jobs at the enterprises of the mineral complex and in related industries, and in the end - high standards of living of citizens. It is proved that the realization of potential opportunities for the further growth of existing stocks and exploration of new deposits for Ukraine, the extraction of which involves potential opportunities to achieve the country's energy and economic security, export potential increase, depends on solving a number of problems such as corruption (corruption in the extractive industry), insufficient volumes of exploration works, as well as a shortage of new technologies in mining. It is noted that these problems are associated with poor quality, inefficiency of management of the relevant branches of geology and mining (as well as the management of the country's economy as a whole). Solving these problems requires qualitative approaches, management tools, which are fundamentally different from the traditional methods of improving management. It is proposed to distinguish three types of such principles. First, it is the maximum reduction of the human factor, the transfer of such functions as control of the machines to the computers, the transition to new information technologies in management. Secondly, it is creation (to neutralize corruption risks from that part of the state apparatus, which is impossible to replace by the computer yet), of such organizational conditions, in which malversation of budget funds will become impossible. Thirdly, it is the application of the principle of subsidiarity in public administration. It is noted that one of the authors of this publication designed the desirable management system of the industry, as well as the model of transition from the current to the proposed management system is at the stage of registration of copyright to the utility model. It is emphasized that a particularly great effect, in the form of additional revenues to the budget, as well as relevant social transformations, will provide a widespread application of the proposed approach in reforming the entire state administration of the economy.

Keywords: mineral raw materials base; energy independence of the country; new technologies in mining; corruption in the mining industry; exploration of deposits; innovation and investment anticorruption mechanism of subsoil use; methods, principles, models of improvement of management.

А. Юлдашев, д-р юрид. наук, проф.
Межрегиональная академия управления персоналом;
М. Смокович, д-р юрид. наук,
Председатель Кассационного административного суда
в составе Верховного Суда Украины;
А. Юлдашев, канд. юрид. наук., доц.
Межрегиональная академия управления персоналом;
С. Юлдашев, д-р юрид. наук
ORCID ID 0000-0002-2033-4820
Национальный авиационный университет

О СОЗДАНИИ ИННОВАЦИОННО-ИНВЕСТИЦИОННОГО АНТИКОРРУПЦИОННОГО МЕХАНИЗМА НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Обосновано, что проблемы развития минерально-сырьевой базы Украины (их, исходя из важности, можно отнести к фундаментальным геологическим проблемам Восточной Европы) являются проблемами совершенствования управления этой отраслью экономики, внедрения в ней современных эффективных форм хозяйствования. Это обеспечит энергетическую независимость страны, ее экономическое развитие, создание дополнительных рабочих мест на предприятиях минерально-сырьевого комплекса и в смежных отраслях, а в итоге – высокие стандарты жизни граждан. Доказано, что реализация потенциальных возможностей дальнейшего прироста имеющихся запасов и разведки месторождений новых для Украины видов полезных ископаемых, с добычей которых связаны потенциальные возможности достижения энергетической и экономической безопасности государства, наращивание ее экспортного потенциала, зависит от решения ряда проблем, среди которых целесообразно выделить ведомственную коррупцию (коррупцию в добывающей отрасли), недостаточные объемы проведения геологоразведочных работ, а также дефицит новейших технологий в добыче. Отмечено, что указанные проблемы связаны с некачественностью, неэффективностью управления соответствующими отраслями геологии и добычи (как и управления экономикой страны в целом). Решение названных проблем требует качественно иных подходов, средств управления, принципиально отличных от традиционных методов совершенствования управления. Предложено выделять три вида таких принципов (составляющих инновационно-инвестиционного антикоррупционного механизма недропользования). Во-первых – это максимальное уменьшение удельного веса человеческого фактора, передача как можно большего количества функций управления машине, компьютеру, переход к новым информационным технологиям в управлении. Во-вторых – это создание (для нейтрализации коррупционных рисков со стороны той части госаппарата, которую невозможно пока заменить ЭВМ) таких организационных условий, при которых злоупотребление использованием бюджетных средств станет невозможным. В-третьих – это применение в государственном управлении принципа субсидиарности. Отмечено, что разработанные одним из авторов этой публикации проект желаемой системы управления отраслью, а также модель перехода от действующей к предлагаемой системе управления – находится на этапе регистрации авторского права на полезную модель. Подчеркнуто, что особенно большой эффект в виде дополнительных поступлений в бюджет, а также соответствующих социальных преобразований даст широкомасштабное применение предлагаемого подхода в реформировании всего государственного управления экономикой.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база; энергетическая независимость страны; новейшие технологии в добыче; коррупция в добывающей отрасли; разведка месторождений; инновационно-инвестиционный антикоррупционный механизм недропользования; методы, принципы, модели совершенствования управления.

УДК 551.23:553.98:550.84:550.43

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.08>

Н. Нариманов¹, канд. геол. наук
E-mail: nariman.narimanov40@asoiu.edu.az;
К. Каграманов², канд. геол. наук
E-mail: gngahramanov@gmail.com;
М. Бабаев¹, канд. геол. наук
E-mail: m.s.babayev@mail.ru;
С. Шпырко³, канд. физ.-мат. наук
E-mail: sshpyrko@gmail.com;
Г. Насибова¹, канд. геол. наук
E-mail: gultar_nasibova_1@yahoo.com;
Х. Мухтарова¹, канд. геол. наук
E-mail: mukhtarova.khuraman@mail.ru;

¹Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,
Баку, Азербайджан

²Государственная нефтяная компания Азербайджанской Республики
(SOCAR), Баку, Азербайджан

³Центр проблем морской геологии, геоэкологии и осадочного рудообразования
НАН Украины, Киев, Украина

ПРОГНОЗ ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ БАКИНСКОГО АРХИПЕЛАГА ПО ТИПАМ ГАЗОВ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ

(Представлено членом редакционной коллегии д-ром геол. наук, проф. В.А. Нестеровским)

Грязевые вулканы являются индикатором нефтегазогенерационных процессов и нефтегазоносности осложненных ими локальных поднятий. Изучая количественное содержание и возраст газовых выбросов вулканов, можно определить зоны газогенерации и перспективы нефтегазоносности территории. Часто грязевые вулканы бывают приурочены к узлам пересечения разномасштабных дизъюнктивов, в то же время существует корреляционная связь между размещением крупнейших нефтяных и газовых месторождений и глубинными разломами. Таким образом, выбросы грязевых вулканов являются инструментом геохимического опробования соответствующих потенциально нефтегазоносных структур. В работе выполнен площадной анализ состава газов грязевых вулканов с целью выявления перспективных объектов в глубоководной части Бакинского архипелага, являющегося западным структурным элементом акватории Южно-Каспийской впадины. Результаты подтверждают прогноз существования в глубоководной части ЮКВ крупных углеводородных скоплений. Расчеты возраста газов грязевых вулканов Бакинского архипелага показали их приуроченность к меловому и миоцен-плиоценовому возрасту.

Ключевые слова: грязевой вулкан, метан, этан, пропан, бутан, пентан, углекислый газ, азот, водород, аргон, гелий, газовый выброс, возраст газа, газообразные гомологи метана.

Введение. Грязевые вулканы обнаружены почти на всех континентах мира – на суше и в акваториях. В настоящее время считается, что их число по всему миру достигает нескольких тысяч (Davies and Stewart, 2005). Они являются важным компонентом экосистемы, обеспечивая дегазацию глубоко захороненных отложений. Идеи о связи грязевого вулканизма со скоплениями углеводородов высказывались еще с середины XIX века (Корф, 2002). Грязевые вулканы характерны для тектонически активных зон молодых депрессий, образующихся с накоплением мощных молассовых толщ и при наличии крупных газовых скоплений с аномально высокими пластовыми давлениями на больших глубинах. Они, как механизмы гидродинамической разгрузки крупных осадочных бассейнов, указывают на интенсивную генерацию углеводородов и могут быть индикатором для оценки нефтегазоносности территории.

Грязевые вулканы в пределах Южно-Каспийской впадины (ЮКВ) сконцентрированы в основном в её бортовых и прибортовых частях и приурочены к антиклинальным зонам, осложненным продольными разрывами (рис. 1). Наибольшее развитие грязевулканические проявления имеют на западном, относительно крутом борту ЮКВ, окаймляющем область максимальной мощности как всего осадочного чехла, так и плиоцен-четвертичного комплекса. Здесь на каждые 100 км² приходится до 6–8 самостоятельных грязевых вулканов (Алиев, 2006). При этом наибольшая плотность грязевулканических проявлений приурочена к Бакинскому архипелагу и западному Абшерону.

Большинство (около 80 %) морских нефтегазоносных месторождений Азербайджана на западном борту ЮКВ осложнено грязевым вулканизмом. К таковым относятся и все нефтегазоносные структуры Бакинского архипелага, причем вулканы расположены обычно в их сводовых частях и носят имена самих локальных поднятий

(рис. 2–3). В пределах ЮКВ принято выделять в основном два этажа нефтегазоносности: верхний (плиоцен) и нижний (мезозой), разобщенные мощной глинистой толщей отложений палеогена и миоцена, в которой также встречаются отдельные локальные скопления нефти в песчаных пропластках (Нариманов, 2008).



Рис. 1. Положение грязевых вулканов Бакинского архипелага:

1 – установленные; 2 – предполагаемые

Грязевулканические проявления в ЮКВ в основном связаны с нижним этажом нефтегазоносности, имею-

щим благоприятные условия для генерации и аккумуляции углеводородов вследствие нахождения этого этажа в благоприятном окне температур и наличия глинистой покрывки пород возраста *Pg-Mi*. Верхний этаж участвует в деятельности грязевых вулканов только на наиболее погруженных участках впадины, причем глубокие газоносные горизонты характеризуются также повышенными пластовыми давлениями порядка 80–100 МПа (Алиев, 2006). Следует отметить, что прямой связи между интенсивностью проявлений грязевого вулканизма и запасами углеводородов соответствующих месторождений не наблюдается – так, грязевые вулканы на многих крупнейших открытых месторождениях (например, Шах-Дениз, Азери-Чираг-Гюнешли) находятся в грифонной стадии со слабой активностью, и наоборот, запасы месторождений, приуроченных к вулканам с большой интенсивностью извержений, оказываются небольшими (Алиев, 2006; Алиев и др., 2015; Рахманов, 1987).

В зависимости от объема выбрасываемых в атмосферу газов, грязевые вулканы делятся на грязевые и газо-грязевые (Керимов и др., 1995). В отличие от первых, вторые выбрасывают в атмосферу значительно больший объем газа. Связано это с тем, что газо-грязевые вулканы обычно связаны с зонами дробления в глубоководных толщах или в кристаллическом фундаменте и являются флюидосборными зонами. При извержении грязевого вулкана, связанного с такой зоной, её газы, прорвавшись через реологически активную глиняную зону, за счет реактивного эффекта засасывают в реологически активную среду, т. е. в корень вулкана, обломки пород древнее, чем его корень (Керимов и др., 1995). Корнем вулканов архипелага являются реологически активные глины майкопа ($P_3-N_1^1$). Газо-грязевые вулканы определяются по обломкам вынесенных пород, возраст которых древнее, чем корень вулкана. В архипелаге к таковым относятся вулканы о. Глиняный, о. Гарасу, о. Дуванный, о. Санги-Мугань и т. д. В их выбросах были найдены обломки пород мезозойского и раннепалеогенового возрастов (Якубов и др., 1971).

Грязевые вулканы являются важными критериями оценки газоносности глубоких недр ЮКВ. Поскольку прямой корреляции между явными, внешними проявлениями вулканизма (например, частотой извержений) и нефтегазонасностью нет, для "опробования" недр с использованием информации о грязевом вулканизме, мы должны прибегать к геохимическим методам анализа состава их газов. Сопоставление состава газов грязевых вулканов и нефтегазовых залежей может пролить свет на источники питания естественных нефтегазопоявлений и дать возможность прогнозировать нефтегазовые залежи в пределах глубоководных частей ЮКВ. Так, химический состав газов вулканов почти идентичен такому составу газов залежей, так называемой Продуктивной толщи (ПТ – нижний плиоцен). Основным различием в их составе является большее содержание газообразных гомологов метана (ГГМ) в газах вулканов (на 12 %), а в газах залежей – повышенное содержание CO_2 и N_2 (Нариманов, 2008). В настоящей работе мы обобщаем имеющиеся данные по газовому составу крупных вулканических структур архипелага и анализируем их с привязкой к пространственным закономерностям изменения геохимии грязевулканических структур.

Использованы результаты лабораторных исследований по количественному содержанию (в объемных процентах) метана, его газовых гомологов, углекислого газа, азота, водорода, гелия и аргона в выбросах. Исходные данные были получены бывшей лабораторией геологии природного газа Института геологии АН Азерб. ССР. В этой лаборатории были разработаны га-

зогеохимические методы анализа углеводородного состава толщ воды и газов и проведены исследования в различных частях акватории Южного Каспия. В пределах Бакинского архипелага эти анализы осуществлены по 64 образцам, отобранным из грязевых вулканов, осложняющих в основном сводовые части и периклинали локальных поднятий. Анализы газов по рассматриваемым грязевым вулканам сделаны по пробам донных отложений и воды в зоне кратера каждого из вулканов. Произведен площадной анализ количественных значений выбросов и их сопоставление, позволившее определить перспективы выявления новых залежей УВ. Определен возраст газов грязевых вулканов (т. е. возраст отложений с очагами их образования), позволивший определить источники их генерации в осадочном разрезе архипелага.

Результаты исследований. Существует четкая корреляционная связь между размещением крупнейших нефтяных и газовых месторождений и глубинными разломами (Алиев А. и Алиев Э., 2011). Растянутость главной зоны нефтегазообразования в архипелаге и центральной части ЮКВ до глубин 10–19 км позволяет заключить, что газы, выбрасываемые в атмосферу в основном являются продуктами преобразования органического вещества (ОВ), содержащегося в толщах пород на этих и больших глубинах (рис. 1) (Гулиев и др., 2017; Нариманов, 2008). В условиях полиочагового и непрерывного прогибания ложа ЮКВ процесс нефтегазогенерации в ней является непрерывным. Однако осложненность ее глубинными разломами, присутствие в выбросах углекислого газа, водорода, аргона и гелия не исключает возможности подпитки вулканов глубинными газами. Согласно (Фейзуллаев и др., 2016) олигоцен-миоценовые отложения в ЮКВ генерируют нефть и значительное количество газов, в особенности из юрских отложений. Эти газы играют большую роль в вытеснении рассеянных жидких углеводородов из олигоцен-миоценовой толщи. Метан, водород и гелий указывают на их возможно мантийное происхождение (Фейзуллаев, 2016; Smith-Rouch, 2006). Зачастую грязевые вулканы бывают приурочены к узлам пересечения дизъюнктивов, однако, как следует из рис. 1, положение грязевых вулканов относительно локальных поднятий и разномасштабных дизъюнктивов весьма различно, что очевидно связано с проводящими свойствами последних, влияющими на выбросы газов. Но очевидно, грязевые вулканы не могли быть активными на протяжении геологической истории, если бы не получали метан из глубинных источников.

Многочисленные анализы показывают, что химический состав газов грязевых вулканов Азербайджана однократен и состоит в основном из метана и его газообразных гомологов. Это свидетельствует о мощном метаногенерирующем механизме, существующем в низах осадочного чехла или поступлении газов по глубинным разломам из подкорового пространства. Иногда встречаются водород, сероводород, тяжелые предельные, непредельные углеводороды и инертные газы (Алиев и др., 2015; Якубов и др., 1971).

Метан в газах вулканов – это основной их компонент с экстремальными значениями 97,75 % у вулкана о. Дашлы и 90,0 % у Хамамдаг-дениз (рис. 2, а). На глубине более 1 км метан является одним из продуктов распада ОВ, причем с глубиной соотношение между метаном и ГГМ меняется в пользу первого. На глубине более 6 км метан является основным продуктом преобразования ОВ. Некоторая его часть может иметь и мантийное происхождение. Иначе говоря, природа имеет широкий спектр возможностей для генерации метана (Нариманов, 2003). Максимальные выбросы метана наблюдаются у вулканов, находящихся между

близко расположенными осепродольными региональными разрывами. Это говорит о том, что каналы вулканов могут иметь связь со сместителями разрывов или с зонами дробления, образующимися на их пересечении (Бунят-заде, 1995). У всех остальных вулканов содержание метана в газах не превышает 92–94 %. На втором месте по количественному содержанию метана находятся вулканы, расположенные непосредственно на дизъюнктивах и имеющие связь с их сместителями. Например, у вулканов на о. Санги-Мугань в выбросах содержится 93,92 % метана, на о. Гарасу – 94,91 % и на о. Хара-Зыря – 94,23 %. Наконец, относительно минимальный выброс метана наблюдается у вулканов, расположенных в отдалении от региональных осепродольных разрывов, как, например, у Хамамдаг-дениз (90 %), о. Дуванный (92 %), о. Кюрдашы (92 %).

Это можно объяснить отсутствием связи грязевого вулкана с глубинными разломами или с зонами дробления. Такая связь возможна у вулканов о. Хара-Зыря, о. Гарасу, о. Санги-Мугань, о. Дашлы, б. Сабаил, б. Мугань-дениз и б. Инам. По содержанию метана в газах вулканов ЮКВ выделяются две зоны. Первая зона находится на севере впадины, где содержание метана составляет менее 95 %. Вторая зона содержит метана до 97 %, охватывая среднюю и южную части впадины (Mamedov and Babayev, 1995). По мере погружения складок в юго-восточном направлении содержание метана в выбросах увеличивается. Этот факт подтверждает мысль о том, что в погруженных частях антиклинальных зон возможны газовые, газоконденсатные залежи с крупными запасами газа (Геолого-геохимическая..., 1980; Kauerauf and Hantschel, 2009).

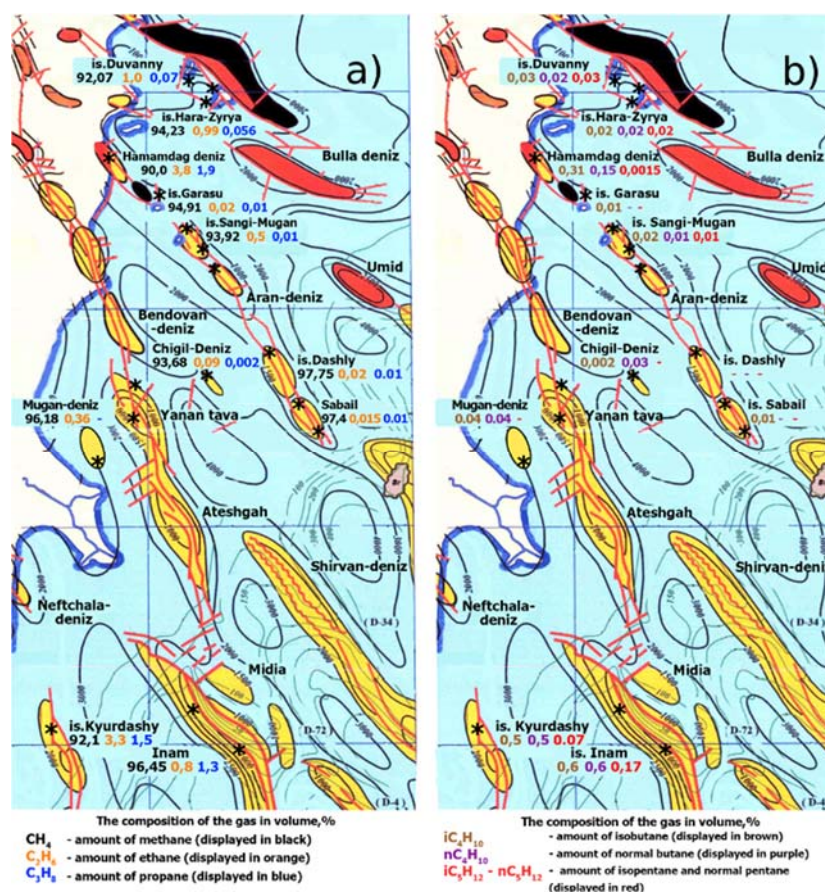


Рис. 2. Процентное содержание углеводородов в выбросах грязевых вулканов: а) метан, этан, пропан; б) бутан, изобутан и пентан

Количественное распределение выбросов этана существенно отличается от таковых метана. Так, если содержание метана в выбросах вулкана о. Кюрдашы составляет 92,1 %, то этана всего 3,30 %. В выбросах вулкана Хамамдаг-дениз содержание метана минимально среди всех рассматриваемых (90,0 %), а содержание этана максимально – 3,8 % (рис. 1). В остальных случаях, за исключением вулканов о. Дуванный и о. Хара-Зыря, с содержанием этана в 1,00 и 0,99 % соответственно, этот показатель составляет десятые и сотые доли процента (рис. 2, а).

Содержание пропана в выбросах вулканов также довольно неравномерно. Максимальное содержание его в два и более раз меньше, чем этана. Всего у трех вулканов содержание пропана составляет более 1,9 % у Хамамдаг-дениз, 1,5 % у о. Кюрдашы и 1,3 % у б. Инам. У всех остальных, количество пропана изменяется основном в сотых долях, а у вулкана б. Чигиль-дениз оно составляет всего 0,002 % (рис. 2, а).

Содержание нормального бутана в выбросах изменяется от 0,006 % у вулкана б. Мугань-дениз до 0,5 % у о. Кюрдашы. И в данном случае максимальное содержание нормального бутана наблюдается в выбросах грязевых вулканов Хамамдаг-дениз, б. Инам и о. Кюрдашы и составляют 0,15, 0,16, и 0,5 % соответственно. Во всех остальных случаях этот показатель на один-два порядка меньше, а у вулканов о. Дашлы, б. Сабаил и о. Гарасу он вообще отсутствует. Минимальные значения нормального бутана наблюдаются у вулканов б. Мугань-дениз – 0,006 %, б. Чигиль-дениз – 0,03 %, о. Дуванный и о. Хара-Зыря по 0,02 % (рис. 2, б).

Количество изобутана в выбросах изменяется от 0,6 % на б. Инам до 0,002 % у б. Чигиль-дениз. Максимальные значения выбросов изобутана наблюдаются у вулканов б. Инам (0,6 %), о. Кюрдашы (0,5 %) и Хамамдаг-дениз (0,31 %). В остальных случаях его величина измеряется в сотых долях процента и выносы изобутана больше, чем нормального бутана (рис. 2, б).

Содержание нормального пентана в выбросах совпадает с таковыми изопентана и значительно меньше, чем выбросы изобутана. Максимальное значение выбросов нормального и изопентана составляет всего 0,17 % у вулкана б. Инам, минимальные – у Хамамдаг-дениз 0,0015 % и б. Мугань-дениз 0,002 %. Вулканы о. Гарасу, б. Чигиль-дениз, о. Дашлы и б. Сабайл лишены вообще выброса нормального и изопентана, у вулканов о. Дуванный, о. Хара-Зыря и о. Санги-Мугань они составляют 0,03, 0,02 и 0,01 % соответственно (рис. 2, б). Таким образом, хотя пентан (и гексан) обычно встречаются во всех залежах, однако в газах рассматриваемых вулканов, за исключением вулканов б. Инам и о. Кюрдашы они практически отсутствуют. Последнее позволяет предположить, что вулканы б. Инам и о. Кюрдашы связаны с однопипными месторождениями.

Как следует из карт процентного содержания гомологов метана, количество УВ газов в выбросах систематически уменьшается в сторону тяжелых углеводородов. Это, очевидно, связано с крекингом генерируемой нефти и с возрастанием термоустойчивости ГГМ по мере близости их состава к метану.

Сопоставление количества метана с суммарными данными по ГГМ по рассматриваемым вулканам указывает на обратную зависимость между ними (рис. 2, 3). Резкое убывание ГГМ и возрастание содержания метана к центру архипелага указывает на направление более глубокой деструкции ГГМ (Klett et al., 2010).

Максимальные значения ГГМ наблюдаются в выбросах полярных частей архипелага, в центральной же их содержание в выбросах на один-два порядка меньше (рис. 3, а). Максимальные выносы ГГМ имеют место у вулканов Хамамдаг-дениз (6,0 %), о. Кюрдашы (5,14 %) и б. Инам (2,87 %). На севере архипелага у вулканов о. Дуванный и о. Хара-Зыря вынос ГГМ составляет 1,09 % и 1,14 % соответственно, а на о. Санги-Мугань 0,54 %. Повышенное содержание ГГМ в выбросах, очевидно, связано со скоплениями УВ в глубоководных толщах пород соответствующих локальных поднятий. Южные структуры архипелага, составляющие продолжение структурных зон Нижне-Куринской впадины, менее осложнены дизъюнктивными, менее размыты, со значительно большей погруженностью кровли Ппродуктивной толщи (ПТ- N_2^1), а газовые выбросы характеризуются увеличением в их составе содержания метана, гелия, аргона и уменьшением ГГМ и углекислого газа.

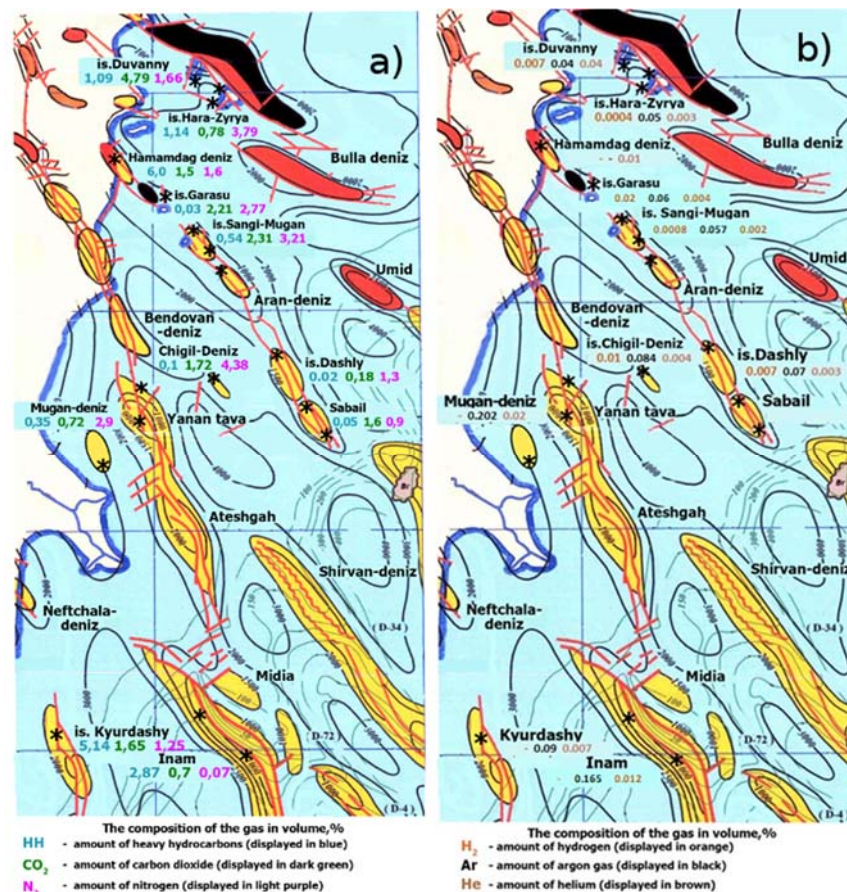


Рис. 3. Процентное содержание в выбросах грязевых вулканов:

а) тяжелых углеводородов, углекислого газа, азота; б) водорода, аргона и гелия

Содержание углекислого газа в выбросах изменяется от 0,18 % у вулкана о. Дашлы до 4,70 % у о. Дуванный. В целом имеет место неравномерное количественное уменьшение содержания углекислого газа с севера на юг архипелага (рис. 3). Он не поддается корреляции с общим количеством ГГМ. Высокое содержание углекислого газа в выбросах обуславливает понижение в них концентрации УВ, что может быть результатом термической деструкции УВ с участием сульфатов или воды.

На карте выбросов углекислого газа можно выделить вулканы с количеством выбросов менее 1 % – о. Хара-Зыря, о. Дашлы, б. Мугань-дениз и б. Инам; вулканы с количеством от 1 % до 2 % – Хамамдаг-дениз, б. Сабайл, о. Кюрдашы, б. Чигиль-дениз и с содержанием более 2 % – вулканы о. Дуванный, о. Гарасу и о. Санги-Мугань (рис. 3). В выбросах концентрации метана и углекислого газа имеют обратную зависимость, что может явиться результатом деструкции тяжелых гомологов метана в жестких термобарических условиях.

Вулканы с повышенным содержанием углекислого газа в выбросах (выше 3 %) являются более активными, что, вероятно, связано с активизацией деструктивных процессов. В пробах, отобранных из выбросов вулкана о. Гарасу перед его извержением, содержание углекислого газа оказалось выше обычного почти в 2,5 раза, что может служить одним из определяющих признаков предстоящего извержения.

Количество азота в выбросах, как и углекислого газа, возрастает с юга на север с минимальными значениями у вулканов б. Инам – 0,07 %, б. Мугань-дениз – 0,29 % и б. Сабаил – 0,90 %. На юге только у вулкана о. Кюрдасы количество азота составляет 1,25 %. На севере же минимальное содержание азота наблюдается у о. Дашлы – 1,30 %, Хамамдаг-дениз – 1,60 и о. Дуваный – 1,66 %. В остальных случаях содержания его изменяется от 2,71 % у вулкана о. Гарасу до 4,38 % у б. Чигиль-дениз.

Количество азота в выбросах уступает углекислому газу (рис. 3, а). У северных вулканов эта закономерность нарушается, т. е., за исключением о. Дуваный, выбросы азота превосходят выносы углекислого газа. В содержании азота в выбросах не существует какой-либо закономерности. В 15 % отобранных проб его содержание составляет более 5 %, в 40 % – от 1 до 4 %, а в остальных менее 1 %.

Содержание водорода в выбросах неравномерно. В минимальных количествах 0,0004 %, и 0,0005 % он выносятся вулканами о. Хара-Зыря и о. Санги-Мугань соответственно, а максимальное – 2,9 % у б. Мугань-дениз. У вулканов б. Инам, б. Сабаил и Хамамдаг-дениз он вообще отсутствует (рис. 3). В остальных случаях его содержание исчисляется сотыми, тысячными и десяти-тысячными долями процента.

Количество инертных газов в выбросах составляет сотые и тысячные доли процента. Максимальные значения выноса аргона наблюдаются только у вулканов б. Мугань-дениз (0,202 %) и б. Инам (0,1650 %). В остальных случаях содержание аргона исчисляется сотыми долями процента, а у вулканов Хамамдаг-дениз и б. Сабаил он не был обнаружен вообще, минимальные значения приходятся на северные вулканы. Максимальное значение аргона (0,202 %) уступает водороду (2,90 %), однако вынос его количественно носит более равномерный характер, чем водорода (рис. 3, б).

Содержание гелия в выбросах носит еще более неравномерный характер, на юге его содержание изменяется от 0,007 % у вулкана о. Кюрдасы до 0,012 % у б. Инам и 0,02 % у б. Мугань-дениз. На северных вулканах, за исключением о. Дуваный с содержанием гелия 0,04 %, у о. Хара-Зыря – 0,003 % и у Хамамдаг-дениз 0,01 %, в остальных случаях его содержание исчисляется тысячными долями процента, и он полностью отсутствует в выбросах вулкана б. Сабаил (рис. 3, б).

В выбросах морских вулканов содержание гелия по сравнению с вулканами прилегающей суши значительно больше. Гелия более 0,01 % определено в 9 пробах (21 % из общего количества), в большинстве же (66 % проб) он составляет менее 0,005 %, а в остальных (13 %) – 0,05–0,01 % (рис. 3, б). На юге архипелага содержание инертных компонентов (в основном гелия) больше, чем на севере. Наблюдается также повышенное содержание гелия и аргона в газах более активных вулканов, выраженных банками на дне архипелага. Это подтверждает мысль о том, что на более подвижных и приподнятых территориях гелий быстро диффундирует, как у вулканов осложняющих локальные поднятия с более высоким гипсометрическим положением. Из карты выносов гелия и аргона видно, что первого в выбросах существенно меньше, чем аргона, и какой-либо площадной закономерности в количестве выноса гелия не наблюдается (рис. 3, б). Относительно высокое содержание гелия (до 0,029 см³/кг),

превышающее фоновые значения на 2–3 порядка, является показателем его миграционного происхождения (Axen et al., 2001; Knapp et al., 2015).

По содержанию инертных газов (соотношению гелия и аргона) можно провести грубую оценку абсолютного возраста соответствующих пород. Предложенная методика (Савченко, 1935) исходит из допущения о генерации гелия путем альфа-распада тяжелых радиоактивных элементов горных пород (урана и тория), в то время как весь аргон в формационной воде предполагается имеющим атмосферное происхождение (т. е. содержание не зависит от времени). Предложенная оценка возраста для газов имеет вид

$$t = \text{He} (\% \text{об.}) / \text{Ar} (\% \text{об.}) \times 77,1 \cdot 10^6 \text{ лет.}$$

В этой методике в зависимости от задачи используются и другие коэффициенты. Так, для газов, растворенных в воде, формула предполагает коэффициент 115 млн лет, а для свободных газов – 25 млн лет вместо значения 77,1, предложенного Савченко (Xu Yongchang et al., 1996). Согласно оценкам по этому выражению возрасты газов вулканов изменяются от 7,6 у вулкана б. Мугань-дениз до 3,3 млн лет у о. Дашлы. Лишь газы о. Дуваный имеют возраст в ~70–80 млн лет. К самым молодым относятся газы вулканов о. Дашлы – 3,3 и б. Чигиль-дениз – 3,7 млн лет. Это говорит о том, что их источником является верхний отдел ПТ. Газы вулканов о. Хара-Зыря, о. Гарасу, о. Санги-Мугань и б. Инам имеют возраст 4,6–5,6 млн лет и соответствуют низам ПТ. У вулкана о. Кюрдасы возраст газов составляет 6,0 млн лет, и, очевидно, относится к верхам миоцена. Возраст газов вулкана о. Дуваный ~77 млн лет свидетельствует об их меловом происхождении. Ранее упомянутые продукты выбросов позднемиоценового и раннепалеогенового возраста данного вулкана свидетельствуют о связи его выводного канала с зоной дробления (Katz et al., 2000). Как видно, все газы, за исключением вулкана о. Дуваный, имеют миоцен-нижнеплиоценовый возраст, что соответствует положению потенциальных очагов нефтегазообразования в ЮКВ.

Основное ограничение применимости этого метода определения возраста состоит в том, что измеренный аргон может иметь частично радиогенное происхождение. Для разделения радиогенного аргона и аргона из воздуха требуются тонкие масс-спектрометрические исследования с анализом, в том числе изотопного состава элементов. В свое время были предложены некоторые методы грубой оценки, которые позволяют независимо проконтролировать точность оценки по гелий-аргоновому методу хотя бы по порядку величины, например, исходя из отношения содержания азота и аргона (см. Xu Yongchang et al., 1996). По нашим данным, грубую валидацию результатов можно провести, рассматривая по отдельности содержание аргона и гелия в различных точках. Так, содержание аргона почти во всех точках совпадает по порядку величины, составляя от 0,04 до 0,09% (об.); это в целом согласуется с предположением о существенной доле аргона нерадиогенного происхождения в пробах (основным допущением методики). Исключением являются данные по Мугань-дениз и б. Инам с аномально высоким содержанием Ar (обе точки расположены в южной части района). Далее, для грубого контроля можно использовать метод только гелиевой датировки, предполагающий, что возраст газов структуры будет пропорционален содержанию гелия с некоторым коэффициентом. Данные показывают, что действительно, структура о. Дуваный имеет возраст, на порядок больший, чем остальные структуры архипелага (за исключением упомянутых "аномальных" точек Мугань-дениз и Инам). В целом это подтверждает наши оценки, относя структуру о. Дуваный к позднемиоценовому периоду, а остальные – к миоцену-плиоцену или ко времени,

сопоставимому с образованием Продуктивной толщи. Следует также отметить, что полученные грубые оценки возраста согласуются с геохронологическими таблицами, построенными международными нефтяными компаниями, проводящими изыскания в ЮКВ (коммерческие материалы компаний BP, StatOil, ExxonMobil, TOTAL).

Выводы. Газы вулканов Азербайджана содержат до 90–98 % метана. Содержание углекислого газа изменяется от десятых долей до 6–7 %, остальная же часть приходится на газообразные гомологи метана и азот. Концентрация ГГМ в газах вулканов в основном обратно пропорциональна содержанию в них метана. Присутствие инертных газов в составе выбросов может свидетельствовать также об их глубинном происхождении и связи процессов, протекающих в земной коре, с подкоровым пространством через глубинные разломы Южно-Каспийской впадины (Шыхалибейли, 1995). Повышенное содержание метана и ГГМ при низкой концентрации углекислого газа в выбросах вулканов связано со скоплениями УВ в глубоководных толщах Бакинского архипелага, и вместе с большой нефтесборной площадью это дает основание прогнозировать высокие нефтегазовые перспективы погруженных частей впадины. Возрасты газов грязевых вулканов свидетельствуют об их генерации в основном в меловых и олигоцен-миоценовых отложениях (Davies and Stewart, 2005; Feyzullayev, 2012). Присутствие углекислого газа в продуктах выбросов грязевых вулканов Бакинского Архипелага свидетельствует о частичной деструкции углеводородных скоплений.

Приведенные факты свидетельствуют о том, что нижний отдел Продуктивной толщи в настоящее время находится на выходе из главной зоны нефтеобразования или в начале главной зоны газообразования. С другой стороны, этот факт указывает на то, что известные запасы углеводородов ПТ не могут быть обеспечены современным нефтегазопроизводящим потенциалом ее нижнего отдела. Это говорит о том, что коллекторы нижнего плиоцена насыщались УВ не столько производимыми ПТ, сколько поступающими туда из глубоководных очагов.

По (Фейзуллаев и др., 2016) развитие грязевулканизма в глубоководных прогибах связано с тем, что глубоководные осадочные толщи генерируют в основном УВ газы, являющиеся движущей силой в грязевулканизме. На глубинах более 5–6 км генерация газа протекает в масштабах, необходимых для выноса грязевулканической брекчии на дневную поверхность (Рахманов, 1987). Проведенные исследования подтверждают прогноз существования в глубоководной части Бакинского архипелага крупных газоконденсатных и газовых скоплений углеводородов.

Список использованной литературы

- Алиев, Ад.А. (2006). Грязевые вулканы – очаги периодической газогидродинамической разгрузки быстропогружающихся осадочных бассейнов и важные критерии прогноза газоносности больших глубин. *Геология нефти и газа*, 5, 26–32.
- Алиев, А.И., Алиев, Э.А. (2011). Нефтегазоносность больших глубин. *Проблемы прогнозирования, поисков и разведки*. Баку: SOCAR.
- Алиев, Ад.А., Гулиев, И.С., Дадашев, Ф.Н., Рахманов, Р.Р. (2015). Атлас грязевых вулканов мира. Баку: Nafta-Press, Sandro Teti Editore.
- Буниат-заде, З.А. (1995). Газонефтяной вулканизм: генетическая сущность и классификация. *Тезисы докладов III международной конференции Азербайджанского общества геологов-нефтяников, 1995, Баку*, 5–6.
- Геолого-геохимическая характеристика грязевого вулканизма акватории Южного Каспия (в пределах Азербайджана). (1980). Фонд Института геологии АН Азербайджана. Баку.
- Гулиев, И.С., Керимов, В.Ю., Осипов, А.В., Мустаев, Р.Н. (2017). Генерация и аккумуляция углеводородов в условиях больших глубин земной коры. *SOCAR Proceedings*, 1, 004–0016. doi: 10.5510/OGP20160200273.
- Керимов, А.А., Гусейнов, Г.М., Нариманов, Н.Р. (1995). Геодинамические аспекты проявления диапиризма и грязевулканизма. *Тезисы докладов III международной конференции Азербайджанского общества геологов-нефтяников, 1995, Баку*, 4–5.

- Нариманов, Н.Р. (2003). Нефтегазогенерационный потенциал Южно-Каспийской впадины. *Азербайджанское нефтяное хозяйство*, 7, 1–7.
- Нариманов, Н.Р. (2008). Влияние геодинамических процессов на нефтегазообразование в Южно-Каспийской впадине. *Азербайджанское нефтяное хозяйство*, 8, 1–7.
- Рахманов, Р.Р. (1987). Грязевые вулканы и их значение в прогнозировании нефтегазоносности недр. Москва: Недра.
- Савченко, В.П. (1935). К вопросу о геохимии гелия. В сб.: *Природные газы*, 9, 53–108.
- Фейзуллаев, А.А., Кадиров, Ф.А., Кадиров, А.Г. (2016). Тектоно-геофизическая модель Южного Каспия в связи с нефтегазоносностью. *Физика Земли*, 6, 129–138. doi: 10.1134/S1069351316050049.
- Шыхалибейли, Э.Ш. (1995). О механизме деятельности грязевых вулканов Азербайджана. *Тезисы докладов III международной конференции Азербайджанского общества геологов-нефтяников, 1995, Баку*, 11–12.
- Якубов, А.А., Ализаде, А.А., Зейналов, М.М. (1971). Грязевые вулканы Азербайджанской ССР. Атлас. Баку: Элм.
- Allen, M.B., Jones, S., Ismail-Zadeh, A., Simmons, M.D., Anderson, L. (2002). Onset of subduction as the cause of rapid Pliocene-quaternary subsidence in the South Caspian Basin. *Geology*, 30(9), 775–778. doi: 10.1130/0091-7613(2002)030<0775:OOSATC>2.0.CO;2
- Axen, G.J., Lam, P.S., Grove, M., Stockli, D.F. (2001). Exhumation of the west-central Alborz mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision-related tectonics. *Geology*, 29(6), 559–562. doi: 10.1130/0091-7613(2001)029<0559:EOTWCA>2.0.CO;2
- Davies, R.J., Stewart, S.A. (2005). Emplacement of giant mud volcanoes in the South Caspian Basin: three-dimensional seismic reflection imaging of root zones. *Journal of the Geological Society*, 162 (1), 1–4. doi: 10.1144/0016-764904-082.
- Feyzullayev, A.A. (2012). Mud volcanoes in the South Caspian basin: Nature and estimated depth of its products. *Natural Science*, 4, 445–453. doi: 10.4236/ns.2012.47060.
- Katz, K.J., Richards, D., Long, D., Lawrence, W. (2000). A new look at the components of the petroleum system of the South Caspian Basin. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 28(4), 161–182. doi: 10.1016/S0920-4105(00)00076-0.
- Kauerauf, A., Hantschel, T. (2009). Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling. Berlin-Heidelberg: Springer. doi:10.1007/978-3-540-72318-9.
- Klett, T.R., Schenk, C.J., Charpentier, R.R. (2010). Assessment of undiscovered oil and gas resources of the North Caspian Basin, Middle Caspian Basin, North Ustyurt Basin, and South Caspian Basin Provinces, Caspian Sea Area. *U.S. Geological Survey Fact Sheet*, 2010-3094, 4 p.
- Knapp, C.C., Knapp, J.H., Connor, J.A. (2004). Crustal-scale structure of the South Caspian Basin revealed by deep seismic reflection profiling. *Marine and Petroleum Geology*, 21(8), 1073–1081. doi:10.1016/j.marpetgeo.2003.04.002.
- Kopf, A.J. (2002). Significance of mud volcanism. *Reviews of geophysics*, 40(2), 2-1-2-52. doi: 10.1029/2000RG000093.
- Mamedov, P., Babayev, D. (1995). South Caspian Megatrough Seismic stratigraphy. *Proc. AAGP International Conference Exhibition, September, 1995, Nice, France*, 14.
- Smith-Rouch, L.S. (2006). Oligocene–Miocene Maykop/Diatom Total Petroleum System of the South Caspian Basin Province, Azerbaijan, Iran, and Turkmenistan. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 2201-1, 1–27.
- Xu, Yongchang, Liu, Wenhui, Sheng, Ping, Tao, Mingxin (1996). Geochemistry of noble gases in natural gases (A series of solid earth sciences research in China). Science Press, Beijing.

References

- Aliyev, Ad.A. (2006). Mud volcanoes — centers of periodic discharging of fast plunging sedimentary basins and important criteria of gas potential prognosis of large depths. *Geologiya nefti i gaza*, 5, 26–32. [in Russian]
- Aliyev, A.I., Aliyev, E.A. (2011). Hydrocarbon potential at large depths. *Problems of prognosis, prospecting and exploration*. Baku: SOCAR. [in Russian]
- Aliyev, Ad.A., Guliyev, I.S., Dadashov, F.N., Rakhmanov, R.R. (2015). Atlas of the world mud volcanoes. Baku: Nafta-Press, Sandro Teti Editore.
- Allen, M.B., Jones, S., Ismail-Zadeh, A., Simmons, M.D., Anderson, L. (2002). Onset of subduction as the cause of rapid Pliocene-quaternary subsidence in the South Caspian Basin. *Geology*, 30(9), 775–778. doi: 10.1130/0091-7613(2002)030<0775:OOSATC>2.0.CO;2
- Axen, G.J., Lam, P.S., Grove, M., Stockli, D.F. (2001). Exhumation of the west-central Alborz mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision-related tectonics. *Geology*, 29(6), 559–562. doi: 10.1130/0091-7613(2001)029<0559:EOTWCA>2.0.CO;2
- Buniat-zade, Z.A. (1995). Gas and oil volcanism: genesis and classification. *Proc. III International Conference of Azerbaijan Society of Oil Geologists, 1995, Baku*, 5–6.
- Davies, R.J., Stewart, S.A. (2005). Emplacement of giant mud volcanoes in the South Caspian Basin: three-dimensional seismic reflection imaging of root zones. *Journal of the Geological Society*, 162 (1), 1–4. doi: 10.1144/0016-764904-082.
- Feyzullayev, A.A. (2012). Mud volcanoes in the South Caspian basin: Nature and estimated depth of its products. *Natural Science*, 4, 445–453. doi: 10.4236/ns.2012.47060.
- Feyzullayev, A.A., Kadirov, F.A., Kadirov, A.G. (2016). Tectono-geophysical model of the Southern Caspian in the context of the presence of oil and gas. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, 52(6), 912–922. doi: 10.1134/S1069351316050049. [in Russian]

Geologo-geokhimičeskaya kharakteristika gryazevego vulkanizma akvatorii Yuzhnogo Kaspiya (v predelakh Azerbaidzhana) (1980). Fond Instituta Geologii AN Azerbaidzhana. Baku. [in Russian]
 Guliyev, I.S., Kerimov, V.Yu., Osipov, A.W., Mustaev, R.N. (2017). Generation and Accumulation of Hydrocarbons at Great Depths Under the Earth's Crust. *SOCAR Proceedings*, 1, 004-0016. doi: 10.5510/OGP20160200273.

Katz, K.J., Richards, D., Long, D., Lawrence, W. (2000). A new look at the components of the petroleum system of the South Caspian Basin. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 28(4), 161-182. doi: 10.1016/S0920-4105(00)00076-0.

Kauerauf, A., Hantschel, T. (2009). Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modeling. Berlin-Heidelberg: Springer. doi:10.1007/978-3-540-72318-9.
 Klett, T.R., Schenk, C.J., Charpentier, R.R. (2010). Assessment of undiscovered oil and gas resources of the North Caspian Basin, Middle Caspian Basin, North Ustyurt Basin, and South Caspian Basin Provinces, Caspian Sea Area. *U.S. Geological Survey Fact Sheet*, 2010-3094, 4 p.

Knapp, C.C., Knapp, J.H., Connor, J.A. (2004). Crustal-scale structure of the South Caspian Basin revealed by deep seismic reflection profiling. *Marine and Petroleum Geology*, 21(8), 1073-1081. doi:10.1016/j.marpetgeo.2003.04.002.

Kopf, A.J. (2002). Significance of mud volcanism. *Reviews of geophysics*, 40(2), 2-1-2-52. doi: 10.1029/2000RG000093.

Mamedov, P., Babayev, D. (1995). South Caspian Megatrough Seismic stratigraphy. *Proc. AAGP International Conference Exhibition, September, 1995, Nice, France*, 14.

N. Narimanov¹, Cand. Sci. (Geol.)

E-mail: nariman.narimanov40@asoiu.edu.az;

G. Gahramanov², Cand. Sci. (Geol.)

E-mail: gngahramanov@gmail.com;

M. Babayev¹, Cand. Sci. (Geol.)

E-mail: m.s.babayev@mail.ru;

S. Shpyrko³, Cand. Sci. (Phys.-Math.)

E-mail: sshpyrko@gmail.com;

G. Nasibova¹, Cand. Sci. (Geol.)

E-mail: gultar_nasibova_1@yahoo.com;

Kh. Mukhtarova¹, Cand. Sci. (Geol.)

E-mail: mukhtarova.khuraman@mail.ru;

¹Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan

²State Oil Company of Azerbaijan Republic (SOCAR), Baku, Azerbaijan

³Center for Problems of Marine Geology, Geoecology and Sedimentary Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Kerimov, A.A., Gusejnov, G.M., Narimanov, N.R. (1995). Geodynamical aspects of manifestations of diapirism and mud volcanism. *Proc. III International Conference of Azerbaijan Society of Oil Geologists, 1995, Baku*, 4-5.

Narimanov, N.R. (2003). Oil and gas potential of the South Caspian Depression. *Azerbajdzhanskoe neftyanoe khozyajstvo*, 7, 1-7. [in Russian]

Narimanov, N.R. (2008). Impact of geodynamics processes on the oil and gas formation in South Caspian Depression. *Azerbajdzhanskoe neftyanoe khozyajstvo*, 8, 1-7. [in Russian]

Rakhmanov, R.R. (1987). Mud volcanoes and their significance in the prognosis of hydrocarbon producibility. Moscow: Nedra. [in Russian]

Savchenko, V.P. (1935). K voprosu o geokhimii geliya. In: *Prirodnye gazy*, 9, 53-108. [in Russian].

Shykhaliyev, E.Sh. (1995). On the mechanism of activity of mud volcanoes in Azerbaijan. *Proc. III International Conference of Azerbaijan Society of Oil Geologists, 1995, Baku*, 11-12.

Smith-Rouch, L.S. (2006). Oligocene-Miocene Maykop/Diatom Total Petroleum System of the South Caspian Basin Province, Azerbaijan, Iran, and Turkmenistan. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 2201-I, 1-27.

Yakubov, A.A., Alizade, A.A., Zeynalov, M.M. (1971). Gryazeve vulkany Azerbaidzhanskoy SSR. Atlas. Baku: Elm. [in Russian]

Xu, Yongchang, Liu, Wenhui, Sheng, Ping, Tao, Mingxin. (1996). Geochemistry of noble gases in natural gases (A series of solid earth sciences research in China), Science Press, Beijing.

Надійшла до редколегії 02.02.19

PROGNOSIS OF BAKU ARCHIPELAGO HYDROCARBON POTENTIAL BY TYPES OF MUD VOLCANOES

Mud volcanoes are indicators of the oil and gas generation processes in the hydrocarbon basins and can show the hydrocarbon potential of local anticline structures where they arise. The quantitative study of the composition of gas ejecta from volcanoes and their age can reveal the generation zones in the sedimentary cover and help assess the hydrocarbon bearing potential of an area. Mud volcanoes are often spatially related to the disjunctive faults intersections, and, on the other hand, there is a clear correlation between the location of the major oil and gas deposits and deep faults. Therefore, ejecta of mud volcanoes present a tool for geochemical probing of potentially hydrocarbon bearing structures. We used a spatial analysis of the composition of gases in mud volcanoes in order to reveal the prospective hydrocarbon targets in Baku Archipelago, located in the western part of the South Caspian Basin. The results confirm the prognosis for the existence of major gas condensate and gas accumulations in its deep water part. The calculations for the ages of mud volcanoes show that they refer to Cretaceous and Miocene-Pliocene periods.

Keywords: mud volcano, methane, ethane, propane, butane, pentane, carbon dioxide, nitrogen, oxygen, argon, helium, gas outburst, gas age, gaseous methane homologs.

H. Нариманов¹, канд. геол. наук

E-mail: nariman.narimanov40@asoiu.edu.az;

K. Каграманов², канд. геол. наук

E-mail: gngahramanov@gmail.com;

M. Бабасев¹, канд. геол. наук

E-mail: m.s.babayev@mail.ru;

C. Шпирко³, канд. фіз.-мат. наук

E-mail: sshpyrko@gmail.com;

Г. Насибова¹, канд. геол. наук

E-mail: gultar_nasibova_1@yahoo.com;

Х. Мухтарова¹, канд. геол. наук

E-mail: mukhtarova.khuraman@mail.ru;

¹Азербайджанський державний університет нафти та промисловості, Баку, Азербайджан

²Державна нафтова компанія Азербайджанської Республіки (SOCAR), Баку, Азербайджан

³Центр проблем морської геології, геоecології та осадового рудоутворення НАН України, Київ, Україна

ПРОГНОЗ ПЕРСПЕКТИВ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ БАКИНСЬКОГО АРХІПЕЛАГУ ЗА ТИПАМИ ГРЯЗЬОВИХ ВУЛКАНІВ

Грязьові вулкани є індикаторами нафтогенерацийних процесів та нафтогазоносності локальних підняттях, до яких вони приурочені. Вивчення кількісного вмісту складових та віку газових викидів вулканів дозволяє визначити зони газогенерації та перспективи нафтогазоносності території. Часто грязьові вулкани бувають пов'язані з вузлами перетину різномасштабних диз'юнктивів, крім того, існує кореляційний зв'язок між розміщенням великих нафтових та газових родовищ та глибинних розломів. Таким чином, викиди грязьових вулканів є інструментом геохімічного опробування відповідних потенційно нафтогазоносних структур. У роботі виконано площовий аналіз складу газів грязьових вулканів з метою виявлення перспективних об'єктів у глибоководній частині Бакинського архіпелагу як західного структурного елемента акваторії Південно-Каспійської западини. Результати підтверджують прогноз існування в глибоководній частині западини масивних скупчень вуглеводнів. Розрахунки віку газів грязьових вулканів Бакинського архіпелагу показали їхню приуроченість до крейдового та міоцен-пліоценового віку.

Ключові слова: грязьовий вулкан, метан, етан, пропан, бутан, пентан, вуглекислий газ, азот, водень, аргон, гелій, газовий викид, вік газів, газові гомологи метану.

УДК 351.864 (556.3)

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.09>С. Пасіка¹, канд. юрид. наук, ст. наук. співроб.E-mail: ras3@i.ua;Д. Чомко², канд. геол. наукE-mail: Dimath@ukr.net;О. Опанасенко¹, канд. юрид. наукE-mail: tcherkasova@ukr.net;Д. Хомяков¹, канд. юрид. наук, підполковникE-mail: dimas84@meta.ua;О. Скиба¹, наук. співроб.E-mail: skyba@ukr.net;О. Горбачук¹, наук. співроб.E-mail: administrator.2@ukr.net;¹Військовий інститут Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Науково-дослідний центр, вул. Ломоносова, 81, м. Київ, 03189, Україна;²Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВИДОБУТКУ НАФТИ ТА ГАЗУ ДЛЯ ПОТРЕБ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОБОРОНИ УКРАЇНИ

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

Проведено аналіз нормативно-правових актів, що регулюють деякі питання процесів видобутку нафти та газу для потреб країни в цілому та військово-промислового комплексу України зокрема. Розглянуто та проаналізовано загальні тенденції розвитку нафтогазового сектору, видобутку нафти і газу як складових національної безпеки та оборони України.

Відсутність чіткої системи у правовому регулюванні сфери видобутку нафти та газу, в тому числі і для забезпечення потреб безпеки і оборони, становить реальну загрозу національним інтересам України, тому зазначена тематика є актуальною в умовах сьогодення.

В умовах недостатнього ресурсного забезпечення, скорочення запасів вуглеводневого палива, залежності від монополічних постачачів енергетичних ресурсів та неефективного використання ресурсів у секторі безпеки і оборони актуальним є питання правового регулювання процесів видобутку нафти та газу для потреб національної безпеки та оборони України. Крім того, велика кількість непрямих внутрішньодержавних чинників, а саме: відсутність чітко визначених стратегічних цілей, пріоритетних напрямів і завдань соціально-економічного, воєнно-економічного та науково-технічного розвитку України; висока залежність національної економіки від зовнішніх ринків; недостатній рівень захищеності критичної інфраструктури від терористичних посягань і диверсій; неефективне управління безпекою критичної інфраструктури і систем життєзабезпечення та ін., тільки посилюють необхідність швидкого прийняття необхідних кроків для вирішення цього питання.

Ключові слова: національна безпека та оборона України, енергетична безпека, нафтогазовий сектор, видобуток нафти і газу, правове регулювання процесів видобутку нафти та газу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми питання енергетичної безпеки України, процесів видобутку нафти та газу, функціонування нафтогазового комплексу України, є предметом багатьох економічних, політичних, екологічних, технічних та інших наукових досліджень. Дослідженнями зазначеної проблематики охоплена ціла плеяда науковців (Даценко, 2016; Шидловський та Кавалко, 2001; Шлемко та Бінько, 1997; Вороновський та Недін, 2007; Лойко, 2013; Прокіп, 2011, Лисенко та Чумаченко, 2006 та ін.)

Проте відсутні наукові та науково-практичні дослідження, що стосуються правового регулювання процесів видобутку нафти та газу для потреб національної безпеки та оборони України, що вказує на прогалину в правовому регулюванні вітчизняної нафтогазової галузі та спонукає на подальші дослідження з метою знаходження шляхів зміцнення національної безпеки і оборони України. Така ситуація ускладнює формування дієвої державної політики в енергетичній сфері та створює передумови для виникнення додаткових загроз національній безпеці та обороні України

Метою статті є теоретико-правове дослідження питань правового регулювання процесів видобутку нафти та газу для потреб національної безпеки та оборони України через призму гарантування енергетичної безпеки держави, аналіз поняття енергетичної безпеки як складової національної безпеки України.

Завданнями статті є:

- дослідження правового регулювання процесів видобутку нафти та газу для потреб національної безпеки та оборони України;
- визначення проблемних питань регулювання процесів видобутку нафти та газу для потреб національної

безпеки та оборони України відповідно до нормативних документів;

- характеристика законодавства у сфері функціонування нафтогазового комплексу для потреб національної безпеки та оборони України;
- обґрунтування шляхів удосконалення питань правового регулювання процесів видобутку нафти та газу для потреб національної безпеки та оборони України.

Виклад основного матеріалу. На нашу думку, забезпечення функціонування системи правового регулювання процесів видобутку нафти та газу для національної безпеки України повинно бути пріоритетним завданням Стратегії національної безпеки України. Сьогодні така система в Україні перебуває на стадії формування, і можна говорити тільки про її окремі елементи. Тобто є окремі нормативно-правові акти, які не забезпечують всебічного правового регулювання таких процесів, а в окремих випадках деякі норми цих нормативно-правових актів суперечать одна одній та є колізійними.

Визначаючи термін національної безпеки та оборони України, ми повинні розуміти це як спосіб самозбереження українського народу, який досяг рівня організації у формі незалежної держави. Цей спосіб уможливорює його вільне існування і саморозвиток, надійний захист від зовнішніх та внутрішніх загроз.

Національну безпеку України можна визначити як систему державно-правових і суспільних гарантій стабільності життєдіяльності та розвитку українського народу загалом та кожного громадянина зокрема, захист їхніх базових цінностей і законних інтересів, джерел духовного та матеріального розвитку від можливих реальних і потенційних, внутрішніх та зовнішніх загроз.

Стратегією національної безпеки України до 2020 р. визначено пріоритетні цілі та напрями на реалізацію державної політики національної безпеки, окреслено актуальні загрози та основні напрями державної політики національної безпеки України (*Указ Президента України...*, 2015).

Неефективність системи забезпечення національної безпеки і оборони України та загрози енергетичній безпеці та критичній інфраструктурі визначені рядом чинників, а саме:

- недостатністю ресурсного забезпечення та неефективним використанням ресурсів у секторі безпеки і оборони;
- блокуванням зусиль України щодо протидії монополізації стратегічних галузей національної економіки російським капіталом, щодо позбавлення залежності від монопольних постачань критичної сировини, насамперед енергетичних ресурсів;
- відсутністю чітко визначених стратегічних цілей, пріоритетних напрямів і завдань соціально-економічного, воєнно-економічного та науково-технічного розвитку України, а також ефективних механізмів концентрації ресурсів для досягнення таких цілей;
- високим рівнем "тінізації" та криміналізації національної економіки, кримінально-клановою системою розподілу суспільних ресурсів;
- надмірною залежністю національної економіки від зовнішніх ринків;
- спотворенням ринкових механізмів в енергетичному секторі;
- недостатнім рівнем диверсифікації джерел постачання енергоносіїв та технологій;
- криміналізацією та корумпованістю енергетичної сфери;
- недієвою політикою енергоефективності та енергозабезпечення;
- критичною зношеністю основних фондів об'єктів інфраструктури України та недостатнім рівнем їх фізичного захисту;
- недостатнім рівнем захищеності критичної інфраструктури від терористичних посягань і диверсій;
- неефективним управлінням безпекою критичної інфраструктури і систем життєзабезпечення.

На сьогодні процеси видобутку нафти та газу регулюються такими основними нормативно-правовими актами:

- Кодексом України "Про надра" (н.д.);
- Законом України "Про нафту і газ" (н.д.);
- Законом України "Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року" (н.д.);
- Законом України "Про ринок природного газу" (н.д.);
- Законом України "Про газ (метан) вугільних родовищ" (н.д.);
- Законом України "Про функціонування паливно-енергетичного комплексу в особливий період" (н.д.);
- Постановою Кабінету міністрів України від 16 жовтня 2014 р. № 570. Про організацію та проведення біржових аукціонів з продажу нафти сирової, газового конденсату власного видобутку і скрапленого газу (2014);
- Постановою Кабінету міністрів України від 30 травня 2011 р. № 615. Про затвердження Порядку надання спеціальних дозволів на користування надрами (2011) та іншими підзаконні нормативно-правовими актами, що регламентують процеси видобутку нафти та газу та постачання їх для потреб сектору безпеки та оборони.

Станом на сьогодні збереглися суттєві загрози забезпеченню енергетичної самодостатності, зокрема нарощуванню ресурсної бази, скороченню імпорту та збільшенню власного видобутку енергетичних ресурсів.

Відчутно гальмується реалізація Закону України "Про ринок природного газу" (н.д.), який визначає правові засади функціонування ринку природного газу України, заснованого на принципах вільної конкуренції, належного захисту прав споживачів та безпеки постачання природного газу, а також здатного до інтеграції з ринками природного газу держав – сторін Енергетичного Співтовариства, у т. ч. шляхом створення регіональних ринків природного газу. Процес відокремлення (unbundling) транспортування газу від інших видів діяльності АТ "НАК "Нафтогаз України" триває досить повільно.

Фактично не реалізовано Концепцію розвитку газовидобувної галузі України, порушено терміни виконання плану заходів щодо реалізації Концепції, не ухвалено низку нормативно-правових актів, необхідних для їх реалізації.

На законодавчому рівні не вирішено проблему відсутності дієвого державного контролю видобутку вуглеводнів, не проведено інвентаризацію фондів діючих й законсервованих свердловин. Усе це відкриває можливості для незаконного й неврахованого видобутку енергетичних ресурсів.

Загальнодержавну програму розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 р. (н.д.) не приведено у відповідність до сучасних потреб національної економіки в паливно-енергетичних ресурсах.

Не запроваджено стимулів для ефективного розроблення малих розвіданих родовищ вуглеводнів, як наслідок – вони не експлуатуються або законсервовані. Через це виникла нова загроза, що полягає в неможливості повного забезпечення потреб України в природному газі в разі припинення російського транзиту.

Загрози енергетичній безпеці зберігаються й у нафтовій галузі, яка повинна забезпечити пошук, розвідку та розробку родовищ нафти, транспортування, переробку, зберігання і реалізацію нафти та продуктів їх переробки (*Рябцев та Суходоля, 2019*).

Закон України "Про нафту і газ" визначає основні правові, економічні та організаційні засади діяльності нафтогазової галузі України та регулює відносини, пов'язані з особливостями користування нафтогазоносними надрами, видобутком, транспортуванням, зберіганням та використанням нафти, газу та продуктів їх переробки з метою забезпечення енергетичної безпеки України, розвитку конкурентних відносин у нафтогазовій галузі, захисту прав усіх суб'єктів відносин, що виникають у зв'язку з геологічним вивченням нафтогазоносності надр, розробкою родовищ та переробкою нафти і газу, зберіганням, транспортуванням та реалізацією нафти, газу та продуктів їх переробки, відносини споживачів нафти і газу та працівників галузі (*Закон України "Про нафту і газ", н.д.*).

Відсутність в Україні необхідних запасів нафти і нафтопродуктів зумовлює суттєву залежність національної економіки від імпорту енергоносіїв і становить загрозу енергетичній безпеці країни.

Вона зумовлена тим, що співвідношення власного виробництва та імпорту в 2018 р. становило 43:57 для автомобільного бензину, 11:89 для дизельного палива і 24:76 для скрапленого нафтового газу. При цьому частка нафтопродуктів, вироблених у Російській Федерації або з російської сировини (передусім, у Республіці Білорусь) у структурі імпорту перевищує 80 %. Таким чином, задіявши інструменти політичного тиску на Мінськ (безпосередньо або через російських акціонерів Мозирського нафтопереробного заводу), Москва здатна заблокувати дві третини постачань нафтопродуктів, необхідних українській економіці (*Рябцев та Суходоля, 2019*).

Інтеграція України до Європейського Співтовариства зумовлює необхідність створення мінімальних запасів

нафти і нафтопродуктів (далі – мінімальні запаси) відповідно до Директив Європейського Союзу та з урахуванням практики держав-членів ЄС.

Посилення залежності від зовнішніх поставок нафтопродуктів, передусім із країн Митного союзу, зумовлює необхідність прискорення робіт зі створення в Україні мінімальних запасів нафти й нафтопродуктів, вимоги до яких встановлені *Директивою 2009/119/ЄС (Директива..., 2009)*.

Необхідністю створення в Україні мінімальних запасів зумовлена:

- недостатнім обсягом видобутку власних вуглеводнів;
- залежністю України від імпорту сирої нафти;
- обмеженими можливостями швидкого нарощення обсягів постачання нафти і нафтопродуктів в Україну;
- наявною загрозою зменшення обсягу або припинення постачання нафти і нафтопродуктів в Україну в умовах виникнення кризових явищ на ринку нафти і нафтопродуктів;
- потребою у протидії можливим неправомірним діям суб'єктів ринку нафтопродуктів України, зокрема вчиненню антиконкурентних узгоджених дій;
- необхідністю дотримання вимог Європейського Союзу щодо створення мінімальних запасів нафти і нафтопродуктів.

Відповідно до схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 8 грудня 2009 р. № 1498-р *Концепції створення в Україні мінімальних запасів нафти і нафтопродуктів на період до 2020 року (2009)*, визначено проблеми, на розв'язання яких потрібно спрямувати увагу. Проте станом на сьогодні ми не маємо ухвалених відповідних нормативно-правових актів, а саме Закону України "Про мінімальні запаси нафти і нафтопродуктів" та постанови Кабінету Міністрів України про затвердження вибраної моделі мінімальних запасів нафти й нафтопродуктів.

Необхідним кроком на сьогодні є здійснення нової інвестиційної та інноваційної політики, спрямування переважної частки інвестицій на модернізацію нафто- та газовидобувної галузі, що забезпечить економічну безпеку України.

Також необхідна планомірна, цілеспрямована конверсія значної частини військово-промислового комплексу, яка має здійснюватися дуже обережно і тільки за позитивних зрушень у соціально-економічній структурі українського суспільства та міждержавних відносинах. Крім того, мають бути якнайшвидше побудовані нові структурні елементи військово-промислового комплексу України.

На території України, яка становить 0,7 відсотка світової території, виявлено до п'яти відсотків усіх мінерально-сировинних ресурсів земної кулі. (*Про заходи..., 2010*)

За доведеними запасами вуглеводнів Україна займає третє місце в Європі. (*Дудкін та ін., 2018*)

Належне державне управління в галузі геологічного вивчення та використання надр дало б змогу мінімізувати імпорт гостродефіцитної сировини, збільшити видобуток власних нафти і газу, значно підвищити економічну незалежність і безпеку держави.

Однак постійне реформування за роки незалежності органів, що здійснюють державне управління у галузі геологічного вивчення і використання надр, а також відсутність чіткої правової регламентації їх діяльності, призвело до зниження ефективності діяльності таких підприємств та погіршення стану використання надр у державі в цілому.

Геологорозвідувальні підприємства не здатні забезпечити належне нарощування ресурсної бази. Протягом 20 років відкрито близько 10 нових родовищ нафти і газу

з невеликим потенціалом і лише одне велике родовище (Суботінське, близько 100 млн т), але й воно втрачене після анексії РФ Кримського півострова. Решта ж (88 % розвіданих) мають незначні запаси, а через великі глибини (4,5...6,0 км), низькі дебіти і малу кількість пробурених свердловин не в змозі вплинути на суттєве змінення видобутку. При цьому, якщо інтенсивність розроблення вітчизняних родовищ зі значними початковими запасами відповідає світовому рівню, то малі родовища освоюються набагато менш ефективно.

Відсутність чіткого розподілу компетенцій державних органів фактично унеможливила здійснення ефективного контролю за виконанням державного замовлення в галузі геологічного вивчення і використання надр.

Основні чинники незадовільного рівня енергетичної безпеки та загрози, ідентифіковані Радою національної безпеки і оборони України ще у 2005 р. (зокрема, надмірна залежність України від монопольних постачальників природного газу, нафти та ядерного палива; наявність неринкових і непрозорих відносин у цих галузях; нераціональна структура паливно-енергетичних балансів країни; надмірна енергоємність галузей економіки та соціальної сфери) і надалі залишаються підґрунтям для економічного тиску на нашу державу, що заподіяло шкоди національним інтересам України.

Не відповідає потребам сьогодення, стримує розвиток галузі, створює передумови для нераціонального використання надр та поширення корупції в цій галузі й недосконалість законодавства.

Оскільки забезпечення природними ресурсами на сьогодні є одним з основних елементів, на яких базується стабільність національної безпеки та оборони, залишається незрозумілим, чому за наявності державних підприємств з видобутку та переробки нафти та газу потреби сектору безпеки та оборони забезпечуються шляхом закупівлі нафтопродуктів та газу у сторонніх суб'єктів ринкових відносин. Зазначена система постачання є неефективною, оскільки містить в собі низку ризиків, а саме:

- сторонні суб'єкти ринкових відносин не піддаються координації та управлінню зі сторони держави, отже при виникненні негайної потреби в отриманні нафтопродуктів та газу для забезпечення сектору безпеки і оборони вона може бути не реалізована через відсутність, дефіцит або завищену ціну на зазначені товари;
- складна процедура державних закупівель не дає змоги оперативно реагувати на збільшення потреб сектору безпеки і оборони;
- складна система оподаткування процесів видобутку та реалізації нафтопродуктів та газу ускладнює розрахунки потреб у фінансуванні сектору безпеки та оборони;
- значна кількість посередників, що виникає в проміжку між видобутком та постачанням нафти та газу для потреб сектору безпеки та оборони, підвищує ризик корупційних діянь, що, у свою чергу, призводить до відмивання коштів з державного бюджету та послаблення обороноздатності держави.

Висновки. Проаналізувавши стан правового регулювання процесів видобутку нафти та газу для потреб національної безпеки і оборони України, ми дійшли висновку, що існує ціла низка питань, які не врегульовані законодавством України, діють нормативно-правові акти, які містять колізійні норми, що значно підриває стан національної безпеки та оборони України.

Відсутність налагодженого механізму видобутку нафти та газу для потреб національної безпеки та оборони Укра-

їни створює загрозу для держави в цілому. Україна на сьогодні має достатньо можливостей, щоб забезпечити енергетичні потреби національної безпеки і оборони.

Початок вирішення цієї проблеми полягає у створенні належного правового регулювання процесів видобутку нафти та газу для потреб національної безпеки та оборони України. Аналіз вищезазначених питань допомагає визначити напрями для подальшого вирішення та врегулювання ситуації, що загрожує національним інтересам України.

Список використаних джерел

Воронівський, Г.К., Недін, І.В. (Ред.). (2007). Экономическая безопасность государства и интеграционные формы ее обеспечения. Киев: Знання України.

Даценко, О.М. (2016). Адміністративно-правове регулювання нафтогазового комплексу України. Автореф. дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.07 "Адміністративне право та процес; фінансове право; інформаційне право". Запоріжжя.

Директива 2009/119/ЄС. (2009). Отримано 15 серпня 2019, із <https://rezerv.gov.ua/mizhnarodne-sivrobitnictvo/minimalni-zapasi-nafti-ta-naftoproduktiv/direktiva-2009119yes>.

Дудкін, О.М., Мінев, А.Н., Міцай А.О. та ін. (2018). Сучасний стан, проблеми і перспективи створення в Україні нафтового та енергетичного резервів: аналіт. доповідь. К.: НІСД. Отримано із https://niss.gov.ua/sites/default/files/2019-05/Dopovid_Suchodolya_Ryabtsev.pdf

Закон України "Про газ (метан) вугільних родовищ". (н. д.). Отримано 15 серпня 2019, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1392-17>.

Закон України "Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року". (н. д.). Отримано 15 серпня 2019, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17>.

Закон України "Про нафту і газ". (н. д.). Отримано 15 серпня 2019, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2665-14>.

Закон України "Про ринок природного газу". (н. д.). Отримано 15 серпня 2019, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/329-19>.

Закон України "Про функціонування паливно-енергетичного комплексу в особливий період". (н. д.). Отримано 15 серпня 2019, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/307-16>.

Кодекс України "Про надра". (н. д.). Отримано 15 серпня 2019, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80>

Концепції створення в Україні мінімальних запасів нафти і нафтопродуктів на період до 2020 року. (2009). Розпорядження Кабінету Міністрів України від 8 грудня 2009 р. № 1498-р. Отримано 15 серпня 2019, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1498-2009-%D1%80>

Лисенко, І.О., Чумаченко, С. Н. (Ред.) (2006). Напрямки вдосконалення природоохоронної діяльності в Збройних Силах України. Київ: ННДЦ ОТІВБ України.

Лойко, В.В. (2013). Енергетична безпека в контексті економічної безпеки. *Ефективна економіка*, 1, 373-387.

Про затвердження Порядку надання спеціальних дозволів на користування надрами. (2011). Постанова Кабінету міністрів України від 30 травня 2011 р. № 615. Отримано 15 серпня 2019, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/615-2011-%D0%BF>

Про заходи щодо підвищення ефективності державного управління у галузі геологічного вивчення і використання надр. (2010). Рішення Ради національної безпеки і оборони України. Отримано із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0003525-10>

Про організацію та проведення біржових аукціонів з продажу нафти сирої, газового конденсату власного видобутку і скрапленого газу. (2014). Постанова Кабінету міністрів України від 16 жовтня 2014 р. № 570. Отримано 15 серпня 2019, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/570-2014-%D0%BF>

Прокіп, А.В. (2011). Гарантування енергетичної безпеки: минуле, сьогодення, майбутнє. Львів: ЗУКЦ.

Рябцев, Г.Л., Суходоль, О.М. (2019). Нові загрози у сфері забезпечення енергетичної безпеки: моніторинг реалізації стратегії національної безпеки. Отримано із <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/analitichni-materiali/nacionalna-bezpeka/novi-zagrozi-u-sferi-zabezpechennya>

Указ Президента України Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 травня 2015 року "Про Стратегію національної безпеки України". (2015). Отримано 15 серпня 2019, із <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/287/2015>

Шидловський, А.К., Кавалко, М.П. (Ред.) (2001). Паливно-енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття. Київ: УЕЗ.

Шлемко, В.Т., Бінко, І.Ф. (1997). Економічна безпека України: сутність і напрями забезпечення. Київ: НІСД.

References

Datsenko, O.M. (2016). Administratyvno-pravove rehulivannia naftohazovoho kompleksu Ukrainy. Avtoref. dys. ... kand. yuryd. nauk: 12.00.07 "Administratyvne pravo ta protses; finansove pravo; informatsiine pravo". Zaporizhzhia. [in Ukrainian]

Dudkin, O.M., Minyev, A.N., Mitsay, A.O. et al. (2018). Suchasnyy stan, problemy i perspektivy stvorennia v Ukraini naftovoho ta enerhetychnoho rezervu: analit. dopovid'. K.: NISD. Retrieved from https://niss.gov.ua/sites/default/files/2019-05/Dopovid_Suchodolya_Ryabtsev.pdf [in Ukrainian]

Dyrektyva 2009/119/leS. (2009). Retrieved August 15, 2019, from <https://rezerv.gov.ua/mizhnarodne-sivrobitnictvo/minimalni-zapasi-nafti-ta-naftoproduktiv/direktiva-2009119yes>. [in Ukrainian]

Kodeks Ukrainy "Pro nadra". (n. d.). Retrieved August 15, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80>. [in Ukrainian]

Kontseptsii stvorennia v Ukraini minimalnykh zapasiv nafty i naftoproduktiv na period do 2020 roku. (2009). Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 8 hrudnia 2009 r. № 1498-r. Retrieved August 15, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1498-2009-%D1%80>. [in Ukrainian]

Loiko, V.V. (2013). Enerhetychna bezpeka v konteksti ekonomichnoi bezpeky. *Efektivna ekonomika*, 1, 373-387. [in Ukrainian]

Lysenko, I.O., Chumachenko, S. N. (Eds.). (2006). Napriamky vdoskonalennia pryrodokhoronnoi diialnosti v Zbroinykh Sylakh Ukrainy. Kyiv: NNDTs OTIVB Ukrainy. [in Ukrainian]

Pro orhanizatsiiu ta provedennia birzhovykh auktsioniv z prodazhu nafty syroi, hazovoho kondensatu vlasnoho vydobutku i skraplenoho hazu. (2014). Postanova Kabinetu ministriv Ukrainy vid 16 zhovtnia 2014 r. № 570. Retrieved August 15, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/570-2014-%D0%BF>. [in Ukrainian]

Pro zakhody shchodo pidvyshchennia efektyvnosti derzhavnoho upravlinnya u haluzi heolohichnoho vyvchennia i vykorystannia nadr. (2010). Rishennia Rady natsional'noyi bezpeky i oborony Ukrainy. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0003525-10> [in Ukrainian]

Pro zatverdzhennia Poriadku nadannia spetsialnykh dozvoliv na korystuvannia nadramy. (2011). Postanova Kabinetu ministriv Ukrainy vid 30 travnia 2011 r. № 615. Retrieved August 15, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/615-2011-%D0%BF>. [in Ukrainian]

Prokip, A.V. (2011). Harantuvannia enerhetychnoi bezpeky: mynule, sohodennia, maibutnie. Lviv: ZUKTs. [in Ukrainian]

Riabtsev, H.L., Sukhodolia, O.M. (2019). Novi zahrozy u sferi zabezpechennia enerhetychnoi bezpeky: monitorynh realizatsii stratehii natsionalnoi bezpeky. Retrieved from <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/analitichni-materiali/nacionalna-bezpeka/novi-zagrozi-u-sferi-zabezpechennya>. [in Ukrainian]

Shlemko, V.T., Binko, I.F. (1997). Ekonomichna bezpeka Ukrainy: sutnist i napriamky zabezpechennia: monohrafiia. Kyiv: NISD. [in Ukrainian]

Shydlovskiy, A.K., Kavalko, M.P. (Eds.). (2001). Palyvno - enerhetychnyi kompleks Ukrainy na porozhi tret'oho tysiacholittia. Kyiv: UEZ. [in Ukrainian]

Ukaz Prezydenta Ukrainy Pro rishennia Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy vid 6 travnia 2015 roku "Pro Stratehiu natsionalnoi bezpeky Ukrainy". (2015). Retrieved August 15, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/287/2015>. [in Ukrainian]

Voronovskiy, H.K., Nedin, I.V. (Eds.). (2007). Ekonomichna bezpeka derzhavy ta intehratsiini formy yii zabezpechennia. Kyiv: Znannia Ukrainy. [in Russian]

Zakon Ukrainy "Pro funktsionuvannia palyvno-enerhetychnoho kompleksu v osoblyvyi period". (n. d.). Retrieved August 15, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/307-16>. [in Ukrainian]

Zakon Ukrainy "Pro haz (metan) vuhilnykh rodovysch". (n. d.). Retrieved August 15, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1392-17>. [in Ukrainian]

Zakon Ukrainy "Pro naftu i haz". (n. d.). Retrieved August 15, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2665-14>. [in Ukrainian]

Zakon Ukrainy "Pro rynek pryrodnoho hazu". (n. d.). Retrieved August 15, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/329-19>. [in Ukrainian]

Zakon Ukrainy "Pro zatverdzhennia Zahalnodержavnoi prohramy rozvytku mineralno-syrovynnoi bazy Ukrainy na period do 2030 roku". (n. d.). Retrieved August 15, 2019, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3268-17>. [in Ukrainian]

Надійшла до редколегії 25.08.19

S. Pasika¹, PhD (Legal.), Senior Researcher

E-mail: ras3@i.ua;

D. Chomko², PhD (Geol.)

E-mail: Dimath@ukr.net;

O. Opanasenko¹, PhD (Legal.)

E-mail: tcherkasova@ukr.net;

D. Khomiakov¹, PhD (Legal.)

E-mail: lieutenant colonel, dimas84@meta.ua;

O. Skyba¹, Researcher

E-mail: skyba@ukr.net;

O. Horbachuk¹, Researcher

E-mail: administrator.2@ukr.net;

¹Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv,

Research Center, 81 Lomonosova Str., Kyiv, 03189, Ukraine;

²Taras Shevchenko National University of Kyiv,

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

SOME ISSUES OF JURIDICAL REGULATORY OF OIL AND GAS PRODUCTION FOR NATIONAL SECURITY AND DEFENCE NEEDS OF UKRAINE

This article presents an analysis of regulations, dealing with certain issues of oil and gas production for national security and defence needs of Ukraine.

General trends of developing the petroleum sector, oil and gas production as a constituent of national security and defence of Ukraine were reviewed and analysed.

The absence of a system in the legal regulation of oil and gas production industry to meet the needs of security and defence pose a real threat to the national security and defence of Ukraine, therefore this topic is highly relevant in present circumstances.

The issues of juridical regulatory of oil and gas production for national security and defence needs of Ukraine is becoming highly relevant in conditions of insufficient resource supply, reduction of stocks of hydrocarbon fuel, dependence on a monopoly supplies of energy resources and ineffective using of resources in security and defence sectors. In addition, a large number of indirect domestic factors, namely: the absence of clearly defined strategic goals, priorities and tasks of socio-economic, military-economic and scientific and technical development of Ukraine; high dependence of the national economy on foreign markets; insufficient level of protection of the infrastructure from terrorist attacks and sabotage; ineffective security management of the infrastructure and life support systems, etc. only reinforce the need for a speedy solution of this issue.

Keywords: national security and defence of Ukraine, energy security, the petroleum sector, oil and gas production, the issues of juridical regulatory of oil and gas production.

С. Пасика¹, канд. юрид. наук, ст. науч. сотруд.

E-mail: ras3@i.ua;

Д. Чомко², канд. геол. наук

E-mail: Dimath@ukr.net;

Е. Опанасенко¹, канд. юрид. наук

E-mail: tcherkasova@ukr.net;

Д. Хомяков¹, канд. юрид. наук, подполковник

E-mail: dimas84@meta.ua;

А. Скиба¹, науч. сотруд.

E-mail: skyba@ukr.net;

О. Горбачук¹, науч. сотруд.

E-mail: administrator.2@ukr.net;

¹Военный институт Киевского национального университета имени Тараса Шевченко,

Научно-исследовательский центр, ул. Ломоносова, 81, г. Киев, 03189, Украина;

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,

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

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА ДЛЯ НУЖД НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОБОРОНЫ УКРАИНЫ

Проведен анализ нормативно-правовых актов, регулирующих некоторые вопросы процессов добычи нефти и газа для нужд страны в целом и военно-промышленного комплекса Украины в частности. Рассмотрены и проанализированы общие тенденции развития нефтегазового сектора, добычи нефти и газа – как составляющих национальной безопасности и обороны Украины.

Отсутствие системы в правовом регулировании сферы добычи нефти и газа, в том числе и для обеспечения потребностей безопасности и обороны, представляет реальную угрозу национальным интересам Украины, поэтому указанная тематика является весьма актуальной в сегодняшних условиях.

В условиях недостаточного ресурсного обеспечения, сокращения запасов углеводородного топлива, зависимости от монопольных поставок энергетических ресурсов и неэффективного использования ресурсов в секторе безопасности и обороны злободневным становится вопрос правового регулирования процессов добычи нефти и газа для нужд национальной безопасности и обороны Украины. Кроме того, большое количество косвенных внутригосударственных факторов, а именно: отсутствие четко определенных стратегических целей, приоритетных направлений и задач социально-экономического, военно-экономического и научно-технического развития; высокая зависимость национальной экономики от внешних рынков; недостаточный уровень защищенности критической инфраструктуры от террористических посягательств и диверсий; неэффективное управление безопасностью критической инфраструктуры и систем жизнеобеспечения и др., только усиливают необходимость быстрого принятия конкретных шагов на пути решения этого вопроса.

Ключевые слова: национальная безопасность и оборона Украины, энергетическая безопасность, нефтегазовый сектор, добыча нефти и газа, правовое регулирование процессов добычи нефти и газа.

ГІДРОГЕОЛОГІЯ, ІНЖЕНЕРНА ТА ЕКОЛОГІЧНА ГЕОЛОГІЯ

УДК 556.506;620.92;620.987

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.10>

С. Гошовський, д-р техн. наук, проф.

E-mail: ukrdgri@ukrdgri.gov.ua,

ORCID ID 0000-0002-8312-6244;

О. Зур'ян, канд. техн. наук

E-mail: alexey_zuryan@ukr.net,

ORCID ID 0000-0002-2391-1611;

Український державний геологорозвідувальний інститут (УкрДГРІ),
вул. Автозаводська, 78А, м. Київ, УкраїнаЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ
ГІДРОТЕРМАЛЬНИМИ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ*(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.Є. Кошляковим)*

Наведено результати науково-дослідної та конструкторської роботи щодо екологічно-безпечного використання гідроенергетичного потенціалу малих річок басейну Дніпра. Запропоновані та науково обґрунтовані інноваційні конструкторські рішення для відбору низькопотенційної теплової енергії води та систем її перетворення на енергію зручну для споживання. Встановлено, що використання відновлюваної низькопотенційної енергії ґрунту для роботи геотермальних теплонасосних систем широко застосовується в екологічно безпечних та економічно вигідних енергетичних системах. Разом з тим використання гідроенергетичного потенціалу в гідротермальних теплонасосних системах не має широкого застосування. Доведено, що наявні гідротермальні системи не завжди адаптовані до умов експлуатації та місця розташування об'єкта. Обґрунтовано, що актуальним є питання наукового підходу до розробки необхідної конфігурації гідротермального колектора, методології оптимального його розміщення й визначення ефективності залежно від умов експлуатації. Науковою новизною нового технологічного підходу є використання водяного колектору спеціальної конструкції, який має модульну структуру й складається з декількох функціонально пов'язаних водяних зондів. Науково обґрунтовано ефективність гідротермальної системи. У роботі наведено результати проведених експериментальних досліджень ефективності роботи гідротермальної теплонасосної системи, де як відновлюване первинне джерело теплової енергії для роботи теплового насоса використовується низькопотенційна тепла енергія води. З метою проведення досліджень авторами була розроблена експериментальна гідротермальна теплонасосна система та геотермальна теплонасосна система. Встановлено датчики температури, тиску і швидкості потоку теплоносія як на колекторі, так і у наземній частині системи. Створено комп'ютерну систему архівування і візуалізації отриманих даних. Розроблено методику проведення досліджень. У ході проведення дослідження отримано експериментальні дані та виконано розрахунки ефективності роботи геотермальної і гідротермальної систем. Виконано порівняльний аналіз енергетичних систем залежно від відновлюваного джерела енергії. Зроблено висновок щодо екологічної безпечності використання гідротермальних теплонасосних систем. Отримані у ході дослідження дані мають важливе наукове і прикладне значення при проєктуванні енергетичних теплонасосних систем з використанням гідроенергетичного потенціалу малих річок.

Ключові слова: мала гідроенергетика, гідротермальна система, водяний колектор, відновлювана енергетика.

Постановка проблеми. Одним із питань сьогодення, що найбільш гостро стоїть перед світовим суспільством і потребує нагального вирішення, є питання забезпечення енергетичної та екологічної безпеки. Сучасний стан техногенного навантаження енергетики на довкілля характеризується значними викидами забруднюючих речовин (ЗР) підприємств паливно-енергетичного комплексу (ПЕК). Питома вага викидів ПЕК основних парникових газів – діоксиду вуглецю (CO_2) та метану (CH_4) становить відповідно 88 % та 66 % від загального обсягу викидів. Концентрації викидів оксидів азоту сягають 600–1400 мг/м³, за норми – 200–600 мг/м³; твердих часток – до 1000–1500 мг/м³, за норми – 50–100 мг/м³; діоксиду сірки – 3000–8000 мг/м³, за норми – 400–2000 мг/м³. Обсяги використання свіжої води та відведення забруднених вод підприємствами галузей електроенергетики становлять відповідно 31 % та 20 % від їх загального обсягу. На території України розміщено понад 1200 породних відвалів вугільних шахт та збагачувальних фабрик, які займають площу понад 10 тис. га, щорічний обсяг накопичення відходів вуглевидобутку й вуглезбагачення становить понад 42 млн т (Каплун, 2014).

Одним із шляхів вирішення як енергетичної, так і екологічної проблеми в Україні є розвиток альтернативної нетрадиційної енергетики на основі використання відновлюваних екологічно чистих джерел енергії. На сьогодні серед відновлюваних джерел енергії однією з перспективних є мала гідроенергетика. Однак, маючи незначний питоми вагу (близько 2 %) у загальному енергобалансі вона не може істотно впливати на умови енергозбереження країни (Басюк, 2011). Сучасні технології будівництва малих ГЕС є модернізованими варіантами конструктивних елементів (робочих органів), які обґрунтовані на старому традиційному технологічному підході

щодо використання гідроенергетичного потенціалу річок. Експлуатація таких ГЕС не може кардинально вирішити проблему розвитку малої гідроенергетики, оскільки потужності їх є незначними, а сумарний вплив на русловий режим надзвичайно суттєвий (Ободовський та ін., 2019). Разом з тим використання відновлюваної низькопотенційної енергії як ґрунту, так і поверхневих вод (річок, озер, водосховищ, морів) для роботи геотермальних і гідротермальних теплонасосних систем може бути застосовано в екологічно чистих і економічно вигідних енергетичних системах. У природі, промислового виробництва, сільському виробництві, побуті є значні запаси розсіяної низькотемпературної теплової енергії, яку можна ефективно використати. Для її концентрації застосовують теплові насоси (ТН) – це пристрої, які за допомогою механічної або електричної енергії трансформують теплову енергію низького потенціалу в теплову енергію більш високих параметрів. Теплові насоси є найбільш перспективними серед джерел "нетрадиційної енергетики" для вирішення проблем енергозбереження завдяки можливості "черпати" відновлювану енергію з навколишнього природного та техногенного середовища (Шубенко та Кухарець, 2014). Основна відмінність теплового насоса від інших перетворювачів відновлюваної теплової енергії полягає в тому, що при виробництві тепла до 80 % енергії витягується з навколишнього середовища: ґрунту, води, повітря. Однак така система, як тепловий насос, має і недоліки, які зумовлені суттєвою залежністю ефективності від температури низькопотенційного джерела тепла. Актуальним є питання наукового підходу до розробки необхідної конфігурації колектора для відбору теплової енергії навколишнього середовища, методології оптимального його розміщення й визначення ефективності залежно від умов експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки питанням ефективності енергетичних теплонасосних систем, що використовують теплову енергію довкілля присвячена велика кількість досліджень (Boyle, 2004; Tidwell and Weir, 2006). Базові типи теплонасосних систем методом парних порівнянь досліджені науковцями (Ильин, 2010; Федянин та Карпов, 2006). Аналіз ефективності різних типів теплонасосних систем проведено в роботах (Попов, 2005; Laloui et al., 2006; Яценко, 2017). У дослідженні (Олійниченко та Марченко, 2017) запропоновано новий підхід до оцінки ефективності теплонасосних систем. У роботі (Калнинь, 1996) проведено оцінку ефективності різних варіантів теплових насосів за коефіцієнтом використання первинної енергії. Автором (Елистратов, 2011) виконаний термодинамічний аналіз різних типів ТН. Огляд теплових насосів систем водяного опалення та оцінка сезонної продуктивності теплонасосних систем викладено в роботах (Hepbasli and Kalinci, 2009; Morrison et al., 2004). Сукупність математичних моделей, що дозволяють розраховувати процеси тривалого акумулювання тепла у навколишньому природному середовищі з подальшим її видобуванням, наведено в монографії (Накорчевский, 2010). Також автором встановлена низька ефективність роботи одиночних теплообмінників і обґрунтовано суттєве підвищення технологічних показників у разі групового їх розташування. У роботах (Яцик та Стичаковська, 2008; Басюк, 2011; Ободовський та ін., 2019) розглядаються питання стану малої гідроенергетики України, соціально-економічних аспектів її розвитку та впливу на природне середовище.

Виділення невирішених раніше проблем частин загальної проблеми. Сьогодні з упевненістю можна сказати, що перші кроки у цьому напрямі вже зроблені, але вони ще досить повільні. Використання відновлюваної низькопотенційної енергії ґрунту для роботи геотермальних теплонасосних систем широко застосовується в екологічно безпечних та економічно ефективних енергетичних системах. Разом з тим використання гідроенергетичного потенціалу в гідротермальних теплонасосних системах не має широкого застосування та наукового

обґрунтування ефективності як водяного колектора, так і системи в цілому. Актуальними залишаються питання розробки методик проектування модульних колекторних систем для ефективного отримання екологічно безпечної відновлюваної енергії.

Метою дослідження є розробка теоретичних основ та науково-методичних засад щодо доцільності використання гідроенергетичного потенціалу малих річок у гідротермальних теплонасосних системах, дослідження очікуваного екологічного та економічного ефекту від впровадження даних систем. Визначення за допомогою експериментальних досліджень і аналітичних розрахунків ефективності системи теплопостачання залежно від використовуваного джерела низькопотенційного тепла і конструктивних особливостей системи колекторів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Енергозбереження має бути направлено на економію енергоресурсів та зниження навантаження на навколишнє середовище. Побутовий сектор нашої країни відрізняється високим споживанням енергоресурсів порівняно з Європейськими країнами. Одним з варіантів економії енергоресурсів є використання низькопотенційних джерел тепла за допомогою теплових насосів для теплопостачання. Цей метод екологічно безпечний і досить дешевий. Він уже багато років використовується для опалення будівель різного призначення і гарячого водопостачання у ряді країн Західної Європи, США, Японії та ін. В Україні теплові насоси з'явилися лише недавно, але попит на них швидко зростає. Світовий рівень використання низькопотенційної теплової енергії з допомогою теплових насосів наведено в табл. 1 (Друкований та Ковальський, 2017).

Згідно з даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA) до 2020 р. у розвинених країнах світу частка опалення й гарячого водопостачання за допомогою теплових насосів повинна скласти 75 %. Щодо України, то у "Концепції розвитку паливно-енергетичного комплексу України до 2030 року" передбачається збільшення обсягу виробництва теплової енергії за рахунок термотрансформаторів – теплових насосів й акумуляційних електронагрівачів до 180 млн Гкал/рік до 2030 р.

Таблиця 1

Світовий рівень використання низькопотенційної теплової енергії за допомогою теплових насосів за (Друкований та Ковальський, 2017)

Країна	Встановлена потужність, МВт	Вироблена енергія, ГДж/рік
Австралія	22,0	57,6
Австрія	228,0	1094,0
Болгарія	13,3	162,0
Велика Британія	0,6	2,7
Греція	0,4	3,1
Данія	3,0	20,8
Ісландія	4,0	20,0
Італія	1,2	6,4
Канада	360,0	891,0
Литва	24,5	338,9
Нідерланди	10,8	57,4
Німеччина	344,0	1149,0
Норвегія	6,0	31,9
Польща	26,2	108,3
Росія	1,2	11,5
Словаччина	1,4	12,1
Словенія	2,6	46,8
США	4800	12000,0
Туреччина	0,5	4,0
Угорщина	3,8	20,2
Фінляндія	85,0	484,0
Франція	48,0	255,0
Чехія	8	338,2
Швейцарія	300	1962,0
Швеція	377	4128,0
Японія	3,9	64,0
Всього	6 675,4	23 268,9

Впровадження в Україні теплових насосних станцій дасть можливість отримати додатково теплову енергію, у середньому із загальною потужністю 909,48 МВт, та економити щорічно до 614,650 млн м³ природного газу. В Україні планується досить широко використовувати природні низькопотенційні джерела енергії, зокрема воду – морську та річкову, відсоток отримання теплової потужності від якої є досить високим та коливається у межах 22–98 % у різних регіонах. Відсоток отримання теплової потужності від використання води як низькотемпературного джерела енергії у Житомирській області становить 98,2 %, у Чернігівській області – 96,6%, в Автономній Республіці Крим – 90,6 %, у Запорізькій області – 70,3 %, у Вінницькій, Миколаївській, Полтавській, Черкаській, Чернівецькій областях – 100 % (Кудря та ін., 2001).

Найбільші щорічні обсяги економії природного газу від використання теплонасосних систем у структурі областей України припадають на Дніпропетровську область – 19,36 %, Київську та Луганську області – приблизно по 15 %, Автономну Республіку Крим – 11,19 %,

Вінницьку область – 8,05 %, Житомирську Херсонську, Запорізьку області – приблизно по 5 %.

Слід зазначити, що нині у нашій державі працюють лише одиничні установи, а створення і впровадження теплових насосів базується переважно на ентузіазмі науковців, інженерів та конструкторів за рахунок інвестицій далекоглядних керівників підприємств та власників особистих домогосподарств.

Перспективним напрямом енергозощадження є застосування екологічно чистих теплонасосних технологій, де як первинне джерело низькопотенційної теплоти використовується приповерхнева вода малих рік та закритих водойм.

Для проведення досліджень в Українському державному геологорозвідувальному інституті (Укргдрі) було спроектовано і сконструйовано дві експериментальні енергетичні теплонасосні системи: гідротермальну та геотермальну. Принципову схему гідротермальної експериментальної системи наведено на рис. 1.

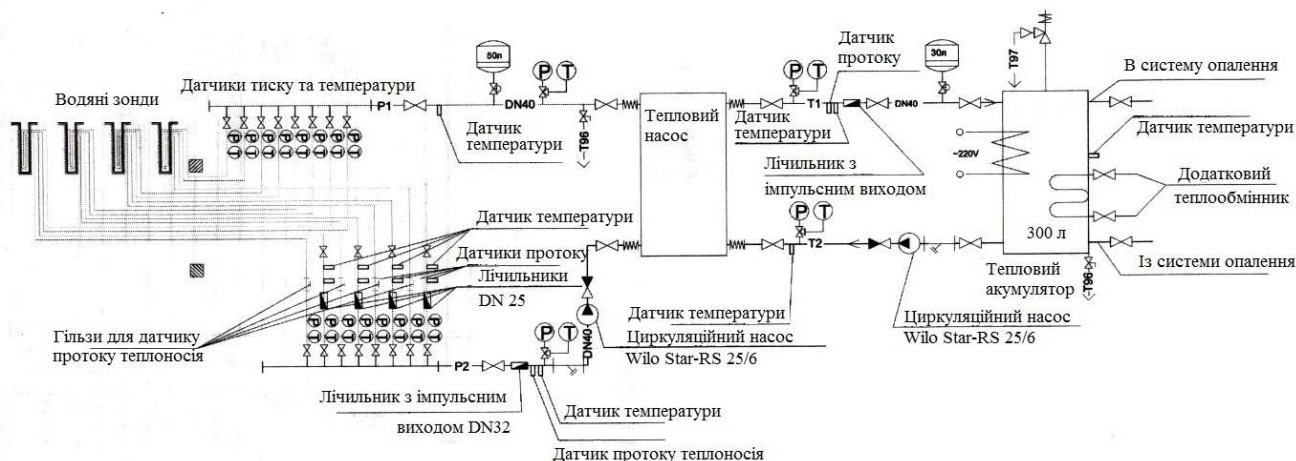


Рис. 1. Принципова схема експериментальної гідротермальної енергетичної системи Укргдрі

Наземна частина обох систем має однакову конструкцію та в обох застосовуються теплові насоси однакової потужності. Геотермальна енергетична система конструктивно відрізняється від гідротермальної тільки конструкцією теплообмінника (колектора) і джерелом використовуваної відновлюваної енергії. У першому випадку це низькопотенційна теплова енергія ґрунту, у другому – низькопотенційна теплова енергія води.

Наземна частина експериментальної енергетичної системи складається з акумулятора теплової енергії та елементів теплового насоса з системою автоматизації.

Отримана первинна теплова енергія ґрунту або води перекачується тепловим насосом у систему теплозабезпечення будівлі з температурою, необхідною для комфортних умов проживання людей і роботи техніки.

Колектор для збору низькотемпературної теплової як першої, так і другої енергетичної системи виготовлений з пластикової труби діаметром 32 мм і складається з чотирьох паралельно з'єднаних теплообмінників. Довжина труби в кожному теплообміннику становить 200 м. Загальна довжина колектора сягає 800 м. Як теплоносій використовувався 25 % водний розчин пропіленгліколю (C₃H₈O₂).

Науковою новизною нового технологічного підходу є використання водяного колектора, який має модульну структуру й складається з декількох функціонально пов'язаних водяних зондів. Технологічною особливістю системи є відсутність забору води з водойми для роботи теплового насоса, що виключає негативний вплив на якість води. Вона

не втрачає початкових природних якостей і може використовуватися для водопостачання населенню.

Колектор гідротермальної теплонасосної енергетичної системи (рис. 2.) являє собою два функціонально пов'язаних гідротермальних зонди, кожен з яких складається з двох пластикових труб, покладених кільцями з двох сторін металевої решітки (рис. 3). Вся конструкція гідротермального колектора встановлюється на дно водойми.

Колектор геотермальної теплонасосної енергетичної системи являє собою вісім U-подібних функціонально пов'язаних геотермальних зондів, встановлених попарно в чотири свердловини на глибину 50 м кожна.

З метою проведення досліджень до складу комплексу включено вимірювальне обладнання та автоматизовану систему управління.

Вимірювальні прилади, до складу яких входять датчики температури і датчики витрати теплоносія, встановлені як у наземній, так і в підземній (підводній) частині комплексу.

Для вимірювань температури у контрольних точках використовувалися температурні датчики (термоперетворювачі опору) ТСП-204. Термоперетворювачі опору ТСП-204 внесені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки України під номером У246-07. Робочий діапазон вимірюваних температур від -40 до +270°C, показник теплової інерції не більше 6–8 сек.

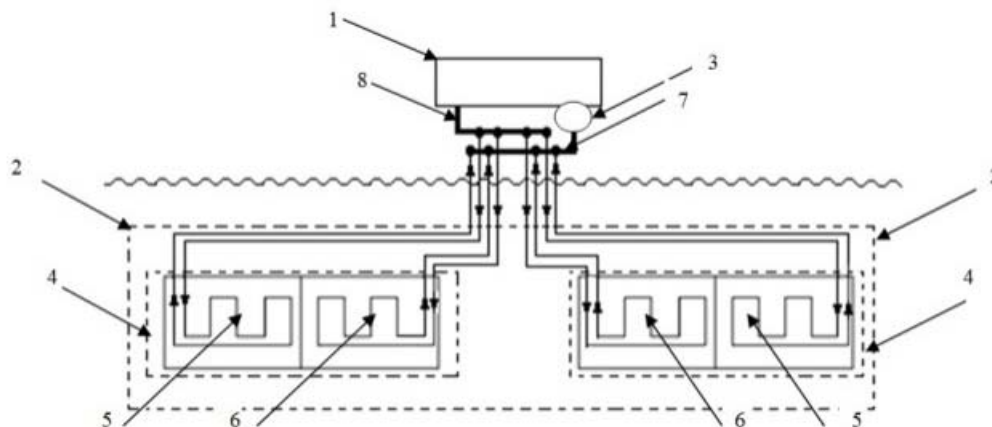


Рис. 2. Загальна схема гідротермальної модульної теплонасосної системи:

1 – тепловий насос; 2 – колектор гідротермальної теплонасосної енергетичної системи;
3 – циркуляційний насос; 4 – гідротермальний зонд; 5, 6 – нижня і, відповідно, верхня труба гідротермального зонду;
7 – гребінка подачі теплоносія; 8 – гребінка повернення теплоносія (Гошовський та Зур'ян, 2014)

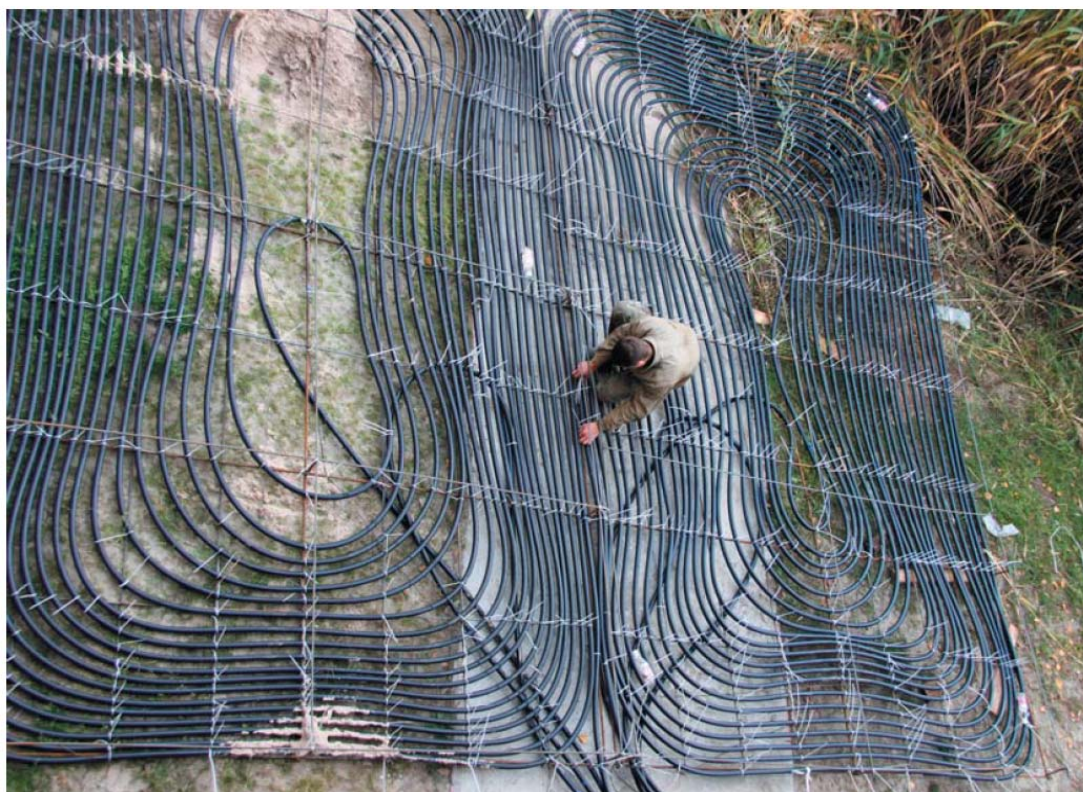


Рис. 3. Зовнішній вигляд однієї з панелей колектора гідротермальної теплонасосної системи УкрДГРІ

Датчики температури у наземній частині енергетичної системи встановлені на впускних і випускних трубопроводах всіх контурів, на акумуляторі тепла, на вході і виході датчиків витрати теплоносія. Інформація з датчиків знімалася автоматично, з часовим інтервалом в п'ять секунд.

Для вимірювання витрати теплоносія використовувалися лічильник води фірми SENSUS. Номінальна витрата становить $10 \text{ м}^3/\text{год}$ і витримує робочий тиск у 16 бар.

До системи підключено шість датчиків витрати теплоносія, чотири на кожній лінії подачі теплоносія в зонди (геотермальний або гідротермальний) і два на загальних магістралях потоку теплоносія по низькотемпературному і високотемпературному контурах наземної частини системи.

Датчики температури, встановлені в підземній частині геотермальної енергетичної системи, дозволяють вимірювати температуру ґрунту на глибинах: 0,02 м; 0,30 м; 0,70 м; 1,20 м; 2,00 м; 5,00 м; 15,00 м; 35,00 м;

50,00 м і температуру теплоносія, як у вертикальній частині ґрунтового колектора на відстані 2,00 м; 5,00 м; 15,00 м; 35,00 м; 50,00 м від поверхні, так і в контрольних точках горизонтальної частини ґрунтового колектора на ділянці між геотермальною свердловиною і входом в будівлю (Гошовський та Зур'ян, 2015).

Датчики температури, встановлені у підводній частині гідротермальної енергетичної системи, дозволяють вимірювати температуру води у водоймі і температуру теплоносія на вході і виході з кожного зонда колектора гідротермальної теплонасосної енергетичної системи, встановленої на дні водойми завглибшки 3 м.

У геотермальній системі контролером моделі MAXYCON FLEXY та спеціальним програмним забезпеченням, розробленим на базі відкритого конфігуратора FDB фірми RAUT AUTOMATIK, було забезпечено збір даних з вимірювальних пристроїв з можливістю подаль-

шої обробки та запису в архів для їх інтерпретації та виведення на монітор комп'ютера програмою візуалізації у реальному часі (рис. 4). Контролер MAXYCON FLEXY дозволяє знімати показники більш ніж з 36 каналів інформації і дистанційно керувати системою як в автономному, так і ручному режимі.

У гідротермальній системі для прийому і перетворення сигналів, що надходять від термоперетворювачів опору ТСР-204, в значення температури і відо-

браження їх на вбудованому цифровому індикаторі застосовувався вимірювач восьмиканальний з блоком розширення аналогових входів І8 8ТС/10-RS485-БП-12-ІПК-Щ. З метою візуалізації у режимі реального часу даних, отриманих з датчиків, записи їх в архів та відображення отриманих даних у вигляді таблиць або графіків, використовувався індикатор логер І16П RS 485/43-USBGSM-ІПР-Д і програмне забезпечення (система збору даних) PerMik (рис. 5).

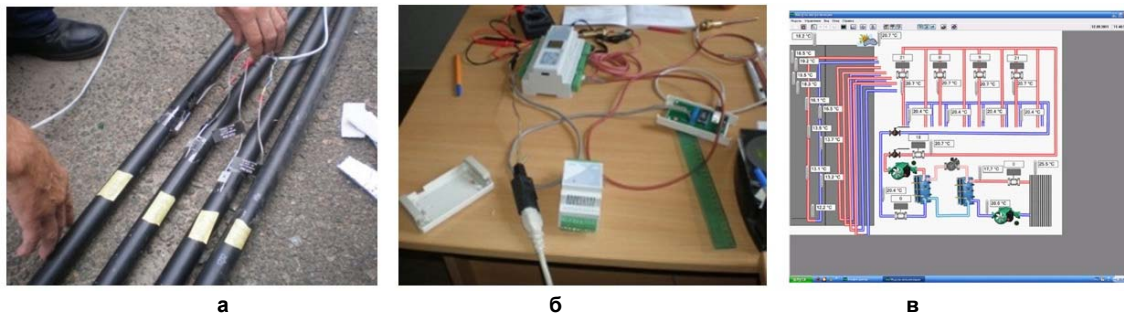


Рис. 4. Основне вимірювальне обладнання, яке використовувалося для проведення експерименту на геотермальній теплонасосній системі:

а – температурні датчики (термоперетворювачі опору) ТСР-204; б – контролер MAXYCON FLEXY; в – спеціальне програмне забезпечення, розроблене на базі відкритого конфігуратора FDB фірми RAUT AUTOMATIK



Рис. 5. Основне вимірювальне обладнання, яке використовувалося для проведення експерименту на геотермальній теплонасосній системі:

а – вимірювач восьмиканальний з блоком розширення аналогових входів І8 8ТС / 10-RS485-БП-12-ІПК-Щ; б – індикатор логер І16П RS 485 / 43-USB-GSM-ІПР-Д; в – програмне забезпечення (система збору даних) PerMik

Для виконання порівняльного аналізу теплонасосних енергетичних систем були прийняті критерії, в яких враховані як фізичні параметри, так і техніко-економічні показники теплових насосів (ТН) (Олійниченко та Марченко, 2017):

1. Теплова продуктивність (англ. Coefficient of Performance, COP).
2. Коефіцієнт перетворення теплової енергії.
3. Діапазон температур ефективної роботи теплового насоса.
4. Питома вартість на 1 кВт виробленої теплоти.

Основним показником ефективності теплового насоса є коефіцієнт трансформації (коефіцієнт перетворення теплової енергії) φ_T :

$$\varphi_T = \frac{Q_1}{N} = \frac{(Q_2 + N)}{N} = \frac{T_2}{(T_2 - T_{11})}, \quad (1)$$

де Q_1 – теплова продуктивність ТН, Вт; N – потужність компресора, Вт; T_2 – температура теплоносія на виході з конденсатора, °K; T_{11} – температура теплоносія на вході у випарник, °K.

Дійсний коефіцієнт трансформації теплового насоса φ може мати вигляд:

$$\varphi = \varphi_T \eta_{TH}, \quad (2)$$

де η_{TH} коефіцієнт втрат, що враховує реальні процеси, які здійснюються робочим тілом в ТН, знаходиться у межах 0,65–0,7 (Ільїн, 2010).

Теплова продуктивність всієї енергетичної системи по теплу (контуру випарника) і холоду (контуру конденсатора) залежить від витрат теплоносія в одиницю часу та різниці температур на виході і вході системи (по теплу з випарника, по холоду з конденсатора):

$$W = \frac{Vc\Delta T}{3600}, \quad (3)$$

де W – потужність, кВт; c – питома теплоємність теплоносія Вт/(м³·°C); V – об'єм теплоносія, м³/год; ΔT – різниця температур на вході та виході із системи, °C.

Експеримент проводився впродовж календарного року. У ході проведення експерименту протягом вказаного періоду попередньо задані параметри контуру конденсатора, відповідно до методики проведення експерименту, не змінювалися.

Тепловий режим ґрунту приповерхневих шарів землі має вікову, багаторічну, річну і добову циклічність, пов'язану зі зміною режимів інсоляції і випромінювання. Головне джерело теплової енергії, що надходить у ґрунт, це сонячна радіація.

Тепловий режим води визначають кілька процесів, які відбуваються одночасно, а саме: сонячна радіація, випаровування, теплообмін з атмосферою, перенос тепла течіями, турбулентне перемішування вод та ін. За звичай прогрівання води відбувається зверху вниз.

Температура теплоносія на вході у випарник безпосередньо залежить від параметрів відновлюваного джерела.

У процесі проведення дослідження на обох енергетичних установках були отримані дані річних змін температури у ґрунті (м. Київ) (рис. 6) і водоймі (р. Козинка)

(рис. 7) та показники температури на вході і виході з випарника і конденсатора для кожної теплонасосної системи (рис. 8, 9)

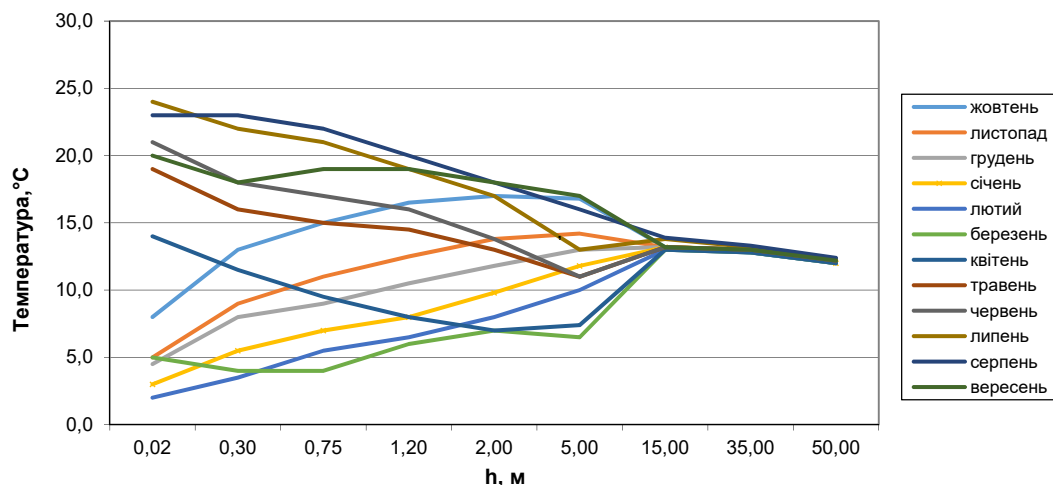


Рис. 6. Експериментально отримані залежності змін середньомісячних температур ґрунту T від глибини h (м. Київ)

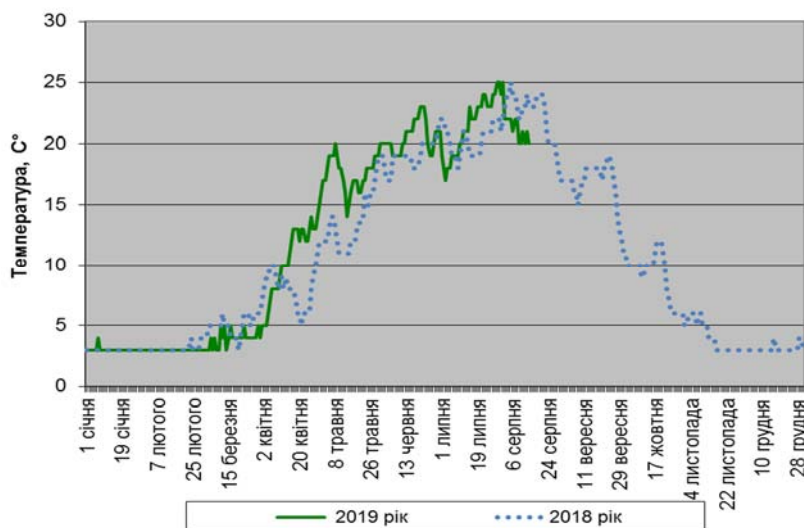


Рис. 7. Експериментально отримані залежності річних змін температури води (р. Козинка)

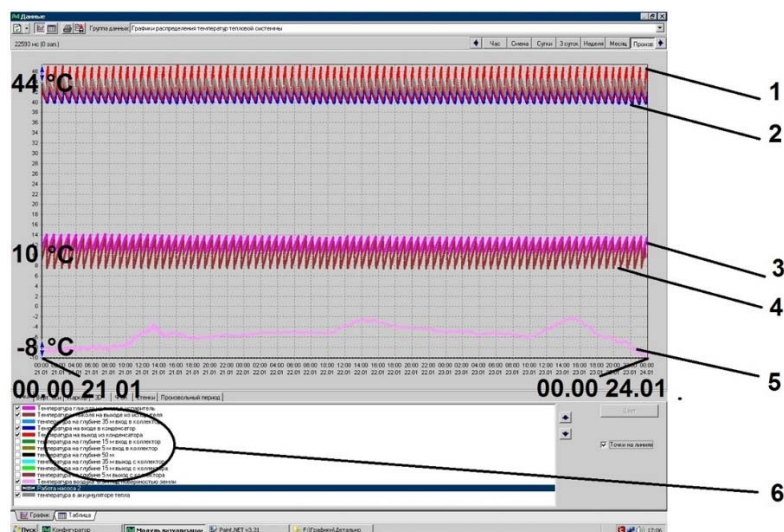


Рис. 8. Відображення показників температури у контрольних точках геотермальної системи системою візуалізації та архівування даних контролера моделі MAXYCON FLEXY і спеціального програмного забезпечення УкрДГРІ, розробленого на базі відкритого конфігуратора FDB фірми RAUT AUTOMATIK:

1 – температура на виході з конденсатора; 2 – температура на вході у конденсатор; 3 – температура на вході у випарник; 4 – температура на виході з випарника; 5 – температура повітря; 6 – перемикач програмних фільтрів та легенда

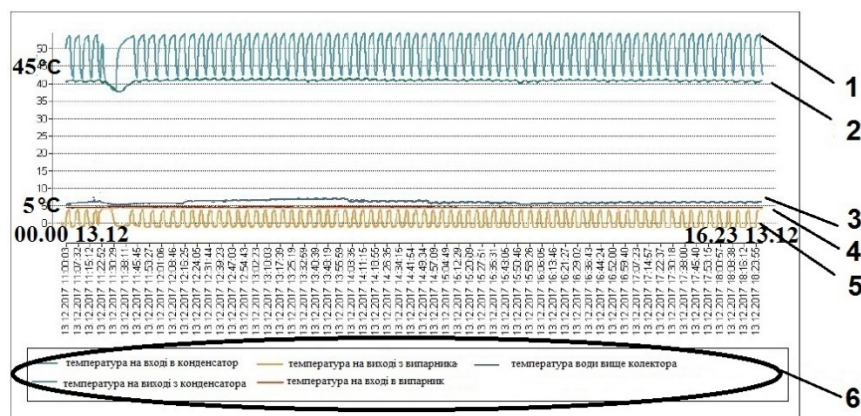


Рис. 9. Відображення показників температури у контрольних точках гідротермальної системи системою візуалізації та архівування даних контролера Reg-Mik:

1 – температура на виході з конденсатора; 2 – температура на вході у конденсатор; 3 – температура води над колектором; 4 – температура на вході у випарник; 5 – температура на виході з випарника; 6 – легенда

На основі експериментально отриманих даних витрат теплоносія у контурі конденсатора і значень температур на вході і виході з конденсатора теплового насоса за формулою (3) було розраховано значення **тепловой продуктивності** всієї енергетичної системи у цілому, яка склала 14 кВт по теплу для кожної з систем.

За формулами (1) та (2) були розраховані **коефіцієнти трансформації** для кожної з енергетичних систем для трьох зимових місяців року (табл. 2). З таблиці видно, що геотермальна енергетична система працює стабільно з високим коефіцієнтом трансформації протягом всього опалювального періоду, в той час як ефективність гідротермальної енергетичної системи нижче і її показник змінюється залежно від місяця року.

Таблиця 2

Залежність коефіцієнта трансформації теплонасосної системи від джерела низькопотенційної теплової енергії

Місяць	Коефіцієнт трансформації (ϕ)	
	геотермальна система	гідротермальна система
Грудень	4,5	4,1
Січень	4,5	3,9
Лютий	4,5	3,7

Діапазон температур ефективної роботи теплового насоса по контуру конденсатора визначається системою опалення будівлі. І ефективність системи обернено пропорційна температурі теплоносія на виході з конденсатора ТН. При проведенні експерименту в обох системах температура на виході їх конденсатора встановлювалася однаковою і становила 40–46 °С.

Діапазон температур ефективної роботи теплового насоса по контуру випарника визначається джерелом низькопотенційної енергії і встановлюється на підставі аналітичних розрахунків залежно від середньої температури теплоносія на вході у випарник. Для геотермальної енергетичної системи – 8–13 °С, а для гідротермальної енергетичної системи – 5–10 °С.

Питома вартість системи на 1 кВт виробленої теплової енергії геотермальної системи відрізняється від питомої вартості на 1 кВт виробленої теплової енергії гідротермальної системи вартістю монтажу колектора для збору низькотемпературної теплової енергії. Для геотермальної системи вона у цінах 2019 р. становить 20 000 грн, а для гідротермальної 12 000 грн (табл. 3).

Таблиця 3

Підсумки аналізу теплонасосних енергетичних систем за критеріями, в яких враховані фізичні параметри та техніко-економічні показники

Система	COP	P (кВт)	Термін експлуатації (рік)	Питома вартість на 1 кВт (грн)	Діапазон температур ефективної роботи теплонасосної системи
Геотермальна	4,5	14	30	20 000	8–13
Гідротермальна	3,7–4,1	14	30	12 000	5–10

Висновки

1. Обґрунтовано, що відсутність паливної складової при отриманні теплової енергії гідротермальними теплонасосними системами електроенергії дає позитивний як економічний, так і екологічний ефект.

2. Встановлено, що використання гідротермальних теплонасосних систем з водяним колектором спеціальної конструкції, який має модульну структуру й складається з кількох функціонально пов'язаних водяних зондів, занурених у водойму, дозволяє зберегти природний ландшафт, навколишнє середовище як на стадії будівництва, так і у процесі експлуатації. При експлуатації гідротермальної теплонасосної системи відсутній негативний вплив на якість води. Вона не втрачає початкових природних якостей і може використовуватися для водопостачання населення. Незаперечною перевагою гідротермальних систем є стабільна робота протягом року за

рахунок малої девіації температури теплоносія на вході у випарник теплового насоса.

3. Обґрунтовано, що зміна температури води у водоймі є результатом декількох одночасних процесів, таких як сонячна радіація, випаровування, теплообмін з атмосферою, перенос тепла течіями, турбулентним перемішуванням вод та ін.

4. Експериментально встановлено, що оптимальна температура на вході у випарник енергетичної гідротермальної теплонасосної системи з водяним колектором, зануреним на дно водойми на глибину 3 м, становить 5–10 °С і відповідає температурі ґрунту на дні водойми, в якій він встановлений, а оптимальна температура на вході у випарник енергетичної геотермальної теплонасосної системи становить 8–13 °С і відповідає температурі ґрунту на глибині від 15 м і глибше.

5. Аналітично обґрунтовано і експериментально підтверджено, що енергетичні теплонасосні геотермальні системи з вертикально встановленим у свердловину на глибину понад 15 м колектором вимагають, порівняно з аналогічними гідротермальними системами, більших початкових інвестицій, і при цьому мають найбільший коефіцієнт перетворення теплової енергії (коефіцієнт трансформації) у зимовий період, рівний 4,5. Аналогічні за потужністю і конструкцією енергетичні гідротермальні системи мають у зимовий період коефіцієнт трансформації від 3,7 до 4,1.

6. Доведено, що застосування енергетичних теплонасосних гідротермальних систем може бути тією оптимальною серединою, при якій ефективність системи фактично дорівнює високим параметрам енергетичних геотермальних теплонасосних систем, при тому, що їх питома вартість на 1 кВт істотно наближається до недорогих повітряних теплонасосних систем.

7. Отримані в ході дослідження дані мають важливе наукове і прикладне значення для подальшої розробки методики проектування гідротермальних теплонасосних систем з використанням гідроенергетичного потенціалу малих річок на основі довгострокового прогнозу їх екологічної та економічної ефективності.

Список використаних джерел

- Басюк, Т.О. (2011). Моделювання і прогнозування еколого-гідрологічного стану водосховищ малих ГЕС на р. Південний Буг. *Гідрологія, гідрохімія і гідро екологія. Наук. збірник*, 2(23), 148-158.
- Гошовский, С.В., Зурьян, А.В. (2015). Анализ применения различных источников возобновляемой энергии для оптимальной работы теплонасосных систем. *Збірник наукових праць УкрДГРІ*, 2, 9-20.
- Гошовский, С.В., Зурьян, О.В. (2014). Гидротермальная модульная теплонасосная система. *Патент України №89759 від 25.04.14. Бюл. 8*.
- Друкотан, М.Ф., Ковальський, В.П. (2017). Переваги застосування теплових насосів в Україні. *ВНТУ*, 5, 61-66.
- Елистратов, С.Л. (2011). Комплексное исследование эффективности тепловых насосов. *Автореф. дис. ... доктора техн. наук: 01.04.14*. Новосибирск.
- Ильин, Р.А. (2010). Новый подход к оценке эффективности тепловых насосов. *Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология*, 2, 83-87.
- Калнин, И.М. (1996). Техника низких температур на службе энергетики. *Холодильное дело*, 1, 26-29.
- Каплун, В.В. (2014). Засади сталого розвитку паливно-енергетичного комплексу України у світлі виконання вимог конвенції Ріо. *Вісник КНУДТ*, 5(79), 64-69.
- Кудря, С.О. та ін. (2001). Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії України. НАН України; Ін-т електродинаміки та ін. Київ.
- Накорчевский, К.И. (2010). Грунтовые аккумуляторы теплоты и модернизация коммунальной теплоэнергетики. К.: Наукова думка.
- Ободовський, О.Г., Оніщук, В.В., Почаєвцев, О.О. (2019). Перспективи використання гідроенергетичного потенціалу на річках басейну Дніпра (на прикладі р. Рось). *Вісник Київського національного університету. Геологія*, 1(84), 56-62.
- Олійниченко, В.Г., Марченко, Е.В. (2017). Сравнительный анализ типов технологического исполнения тепловых насосов. *Материалы XVIII Международной научно-практической конференции "Возобновляемая энергетика и энергоэффективность в XXI столетии"*, 27-29 сент. 2017, Киев, 604-609.
- Попов, А.В. (2005). Анализ эффективности различных типов тепловых насосов. *Проблемы энергосбережения*, 1-2. Отримано з <http://www.energsovet.ru/stat422.html>
- Ткаченко, С.И., Остапенко, О.П. (2009). Парокомпрессионные теплонасосные установки в системах теплоснабжения. Вінниця: ВНТУ.
- Федянин, В.Я., Карпов, М.К. (2006). Использование грунтовых теплообменников в системах теплоснабжения. *Ползуновский вестник*, 4, 98-103.
- Шубенко, В.О., Кухарець, С.М. (2014). Використання низькотемпературних джерел енергії та їх перетворювачів. Перспективи розвитку альтернативної енергетики на Поліссі України. *Центр учбової літератури*, Київ, 240-261.
- Яценко, Л.В. (2017). Определение эффективности использования комбинированных энергосистем на основе возобновляемых источников энергии. Киев, *Техническая электродинамика*, 34-41.
- Яцик, А.В., Стичаковська, Т.О. (2008). Мала гідроенергетика України: стан, соціально-економічні аспекти розвитку, вплив на природне середовище. *Водне господарство*, 6, 11-15.
- Boyle, G. (2004). Renewable energy Power for a sustainable future. Oxford: Oxford University Press.
- Hepbasli, A., Kalinci, Y. (2009). Renewable and Sustainable Energy Reviews. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 1211-1229. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.002>
- Laloui, L., Nuth, M., Vulliet, L. (2006). Experimental and numerical investigations of the behavior of a heat exchanger pile. *Anal. Meth. Geomech*, 30, 763-781.
- Morrison, G., Anderson, T., Behnia, M. (2004). Seasonal performance rating of heat pump water heaters. *Solar Energy*, 76, 147-152. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2003.08.007>
- Tidwell, J., Weir, T. (2006). Renewable energy resources. 2nd edition. London: Taylor and Francis.

Reference

- Basyuk, T.O. (2011). Modeling and prediction of ecological and hydrological status of small hydroelectric reservoirs on the Southern Bug River. *Scientific collection "Hydrology, hydrochemistry and hydroecology"*, 2(23), 148-158. [in Ukrainian]
- Goshovskiy, S.V., Zurian, A.V. (2015). Analysis of different sources usage of renewable energy for optimal performance heat pump systems. *Scientific proceedings of UkrDGR1*, 2, 9-20. [in Russian]
- Goshovskiy S.V., Zurian O. V. (2014). Hydrothermal modular heat pump system. *Patent Ukrainy №89759 від 25.04.14, Бул. 8*. [in Ukrainian]
- Drukotany, M. F., Kovalskyi, V. P. (2017). Advantages of using heat pumps in Ukraine. *VNTU*, 5, 61-66. [in Ukrainian]
- Elistratov, S.L. (2011). Comprehensive study of the efficiency of heat pumps. *Extended abstract of Doctor's thesis: 01.04.14*. Novosibirsk. [in Russian]
- Il'in, R.A. (2010). A new approach to evaluating the efficiency of heat pumps. *Vestnik AGTU. Ser.: Morskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2, 83-87. [in Russian]
- Kalnin, Y.M. (1996). Energy technology in the service of energy. *Holodilnoe delo*, 1, 26-29. [in Russian]
- Kaplun, V.V. (2014). The principles of sustainable development of Ukraine's fuel and energy complex in the light of meeting the requirements of the Rio Conventions. *Visnyk KNUDT*, 5(79), 64-69. [in Ukrainian]
- Kudrya, S.O. et al. (2001). Atlas of energy potential of renewable and unconventional energy sources of Ukraine. Institute of Renewable Energy of NAS of Ukraine. Kiev. [in Ukrainian]
- Nakorchevskij, K.I. (2010). Soil heat accumulators and moderation of communal heat and power engineering. K.: Naukova dumka. [in Russian]
- Obodovskiy, O.G., Onishchuk, V.V., Pochayevets, O.O. (2019). Perspectives of the usage of hydropower potential of the rivers of the Dnipro river basin (on the example of the Ros river). *Visnyk Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 1(84), 56-62. [in Ukrainian]
- Olijnichenko, V.G., Marchenko, E.V. (2017). A comparative analysis of the types of technological design of heat pumps. *Materialy XVIII Mezhdunarodnoj nauchno - prakticheskoy konferencii "Vozobnovlyayemaya energetika i energoeffektivnost v XXI stoletii"*, 27-29 sent. 2017, Kiev, 604-609. [in Russian]
- Popov, A.V. (2005). Comparative analysis of types of technological execution of heat pumps. *Problemy energosberezheniya*, 1-2. Retrieved from: <http://www.energsovet.ru/stat422.html> [in Russian]
- Tkachenko, S.I., Ostapenko, O.P. (2009). Steam-compressor heat pump installations in systems of heat supply. Vinnitsa: VNTU. [in Russian]
- Fedyanin, V.Ya., Karpov, M.K. (2006). Use of soil heat exchangers in heat supply systems. *Polzunovskiy Bulletin*, 4, 98-103. [in Russian]
- Shubenko, V.O., Kuharecz, S.M. (2014). Use of low-temperature energy sources and their converters. Prospects for the development of alternative energy in the Polissya of Ukraine. Centr uchbovoyi literatury, Kyiv, 240-261. [in Ukrainian]
- Yacenko, L.V. (2017). Determining the efficiency of using combined energy systems based on renewable energy sources. *Technical electrodynamics*, Kiev, 34-41. [in Russian]
- Yacyk, A.V., Stychakovska, T.O. (2008). Small hydropower of Ukraine: state, socio-economic aspects of development, impact on the environment. *Water Management*, 6, 11-15. [in Ukrainian]
- Boyle, G. (2004). Renewable energy Power for a sustainable future. Oxford: Oxford University Press.
- Hepbasli, A., Kalinci, Y. (2009). Renewable and Sustainable Energy Reviews. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 1211-1229. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.002>
- Laloui, L., Nuth, M., Vulliet, L. (2006). Experimental and numerical investigations of the behavior of a heat exchanger pile. *Anal. Meth. Geomech*, 30, 763-781.
- Morrison, G., Anderson, T., Behnia, M. (2004). Seasonal performance rating of heat pump water heaters. *Solar Energy*, 76, 147-152. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2003.08.007>
- Tidwell, J., Weir, T. (2006). Renewable energy resources. 2nd edition. London: Taylor and Francis.

Надійшла до редколегії 25.05.19

S. Goshovskyi, Dr. Sci. (Techn.), Prof.
E-mail: ukrdgr@ukrdgr.gov.ua
ORCID ID 0000-0002-8312-6244;
O. Zurian, Cand. Sci. (Techn.),
E-mail: alexey_zuryan@ukr.net,
ORCID ID 0000-0002-2391-1611;
Ukrainian state geological research institute (UkrSGRI)
78A Autozavodska Str., Kyiv, 04114, Ukraine

ENVIRONMENTALLY SAFE USAGE OF HYDROPOWER POTENTIAL BY HYDROTHERMAL POWER SUPPLY SYSTEMS

The article contains the results of scientific research and design work related to environmentally safe usage of hydropower potential of the small rivers of the Dnieper basin. The innovative design solutions for extraction of low-grade heat energy of water and systems for its transformation into energy convenient for consumption were offered. It was established that use of renewable low-grade energy of soil is widely used in environmentally safe and economically sound power systems. At the same time hydropower potential is not widely used in hydrothermal heat pump systems. It was proved that existing hydrothermal systems are not always adjusted to actual operating conditions and object location. The evidence was provided that the scientific approach to development of appropriate configuration of hydrothermal collector, to methodology of their optimal mounting and to efficiency determination depending on operating conditions is quite topical issue. The scientific novelty of the new process approach is use of special design of water collector that has modular configuration and consists of several functionally related water sondes. The efficiency of hydrothermal system was scientifically proved. The paper describes the results of experimental research of efficiency of hydrothermal heat pump system where the low-grade heat energy of water is used as a renewable primary heating energy source for functioning of the heat pump. The authors have developed experimental hydrothermal and geothermal heat pump systems to conduct the research. Both collector and ground section of the system have mounted sensors of temperature, pressure and coolant flow velocity. The software for archiving and visualization of obtained data was developed. The research procedure was developed. As part of study, observation data were received and performance efficiency of geothermal and hydrothermal systems was calculated. The comparative analysis of energy systems depending on used renewable energy source was carried out. The conclusion was made that use of hydrothermal heat pump systems is environmentally safe. The data obtained as part of study have great scientific and applied significance for engineering of heat pump energy systems using hydropower potential of the small rivers.

Keywords: small water power engineering, hydrothermal system, water collector, renewable energy.

С. Гошовский, д-р техн. наук, проф.,
E-mail: ukrdgr@ukrdgr.gov.ua
ORCID ID 0000-0002-8312-6244
А. Зурьян, канд. техн. наук,
E-mail: alexey_zuryan@ukr.net,
ORCID ID 0000-0002-2391-1611;
Украинский государственный геологоразведочный институт (УкрГГРИ),
ул. Автозаводская, 78А, г. Киев, 04114, Украина

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Приведены результаты научно-исследовательской и конструкторской работы по экологически безопасному использованию гидроэнергетического потенциала малых рек в бассейне Днепра. Предложены и научно обоснованы инновационные конструкторские решения для отбора низкопотенциальной тепловой энергии воды и систем ее преобразования в энергию, удобную для потребления. Установлено, что использование возобновляемой низкопотенциальной энергии грунта для работы геотермальных теплонасосных систем широко применяется в экологически безопасных и экономически выгодных энергетических системах. Вместе с тем использование гидроэнергетического потенциала в гидротермальных теплонасосных системах не имеет широкого применения. Доказано, что существующие гидротермальные системы не всегда адаптированы к условиям эксплуатации и местоположению объекта. Обосновано, что актуальным является вопрос научного подхода к разработке необходимой конфигурации гидротермального коллектора, методологии оптимального его размещения и определения эффективности в зависимости от условий эксплуатации. Научной новизной предлагаемого технологического подхода является использование водяного коллектора специальной конструкции, который имеет модульную структуру и состоит из нескольких функционально связанных между собой зондов. Научно обоснована эффективность гидротермальной системы. В работе приведены результаты экспериментальных исследований эффективности работы гидротермальной теплонасосной системы, где в качестве возобновляемого первичного источника тепловой энергии для работы теплого насоса используется низкопотенциальная тепловая энергия воды. С целью проведения исследований авторами была разработана экспериментальная гидротермальная теплонасосная система и геотермальная теплонасосная система. Установлены датчики температуры, давления и скорости потока теплоносителя как на коллекторе, так и в наземной части системы. Создана компьютерная система архивирования и визуализации полученных данных. Разработана методика проведения исследований, в ходе которых получены экспериментальные данные и выполнены расчеты эффективности работы геотермальной и гидротермальной систем. Выполнен сравнительный анализ энергетических систем в зависимости от возобновляемого источника энергии. Сделан вывод, что использование гидротермальных теплонасосных систем является экологически безопасным. Полученные в ходе исследования данные имеют важное научное и прикладное значение при проектировании энергетических теплонасосных систем с использованием гидроэнергетического потенциала малых рек.

Ключевые слова: малая гидроэнергетика, гидротермальная система, водяной коллектор, возобновляемая энергетика.

УДК 628.398: 628.4.032:(628.396:546.95)(477)
DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.11>

О. Азімов¹, д-р геол. наук, ст. наук. співроб.
пр. наук. співроб., E-mail: azimov@casre.kiev.ua;
І. Кураєва², д-р геол. наук, проф.;
В. Бахмутов³, д-р геол. наук, ст. наук. співроб.
E-mail: bakhmutovvg@gmail.com;
Ю. Войтюк², канд. геол. наук, наук. співроб.
E-mail: voitiuk_yulia@ukr.net;
С. Кармазиненко⁴, канд. геогр. наук, ст. наук. співроб.
E-mail: karmazinenko78@gmail.com

¹Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України,
вул. О. Гончара, 55-б, м. Київ, 01054, Україна;

²Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка
НАН України, пр. Палладіна, 34, м. Київ, 03680, Україна;

³Інститут геофізики імені С.І. Субботіна НАН України,
пр. Палладіна, 32, м. Київ, 03680, Україна;

⁴Інститут географії НАН України,
вул. Володимирська, 44, м. Київ, 01030, Україна

ОЦІНКА РОЗПОДІЛУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ РАЙОНІВ ЗАХОРОНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, ст. наук. співроб. О.Л. Шевченком)

З метою визначення екологічно негативного впливу на довкілля полігону № 5 з захоронення твердих побутових відходів, розташованого поблизу м. Києва, проведено комплексні геоекологічні дослідження означеного району. Вони включали польові роботи з відбором проб різних компонентів ландшафту (ґрунт, поверхневі води, рослинність) і подальші лабораторні їх дослідження і геохімічний аналіз.

Встановлено значне мідно-цинкове забруднення ґрунту важкими металами. Зокрема, безпосередньо поблизу північно-східного контуру полігону в пробах шару ґрунтового покриву (інтервал глибин 0–5 см) виявлено аномальні значення вмісту Cu (10000 мг/кг, що перевищує гранично допустиму концентрацію – ГДК – у понад 300 разів), Zn (5000 мг/кг; у 90 разів більше ГДК), Pb (1000 мг/кг; перевищує ГДК у 30 разів). Ці ж проби характеризуються максимальними величинами питомої магнітної сприйнятливості ($572,1 \text{ Сл} \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$). За формами знаходження важких металів у ґрунті визначено, що порівняно з фоновими ділянками рухомість їх збільшується у 10 разів.

До елементів сильного накопичення у трав'яній рослинності належать Cu, коефіцієнт біологічного поглинання якого становить 1,25, та Cr з аналогічним коефіцієнтом, що дорівнює 1,0.

Вміст досліджених хімічних елементів і сполук у пробах поверхневих вод, відібраних на фонових ділянках, не перевищує ГДК.

Зазначені результати характеризують наукову новизну досліджень. Їх практична значущість полягає у тому, що вони повинні використовуватися адміністративними органами при прийнятті управлінських рішень щодо подальшої експлуатації полігону.

Ключові слова: полігон, побутові відходи, важкі метали, ґрунт, геохімічний аналіз.

Актуальність, мета, характеристика досліджень.

Наразі актуальним завданням в Україні є комплексне дослідження територій полігонів твердих побутових відходів (ТПВ). Їх кількість за останні десятиріччя збільшилась у державі у десятки разів.

Останнім часом велику стурбованість і занепокоєння у громадськості та екологів викликають проблеми, пов'язані з полігоном № 5 з захоронення ТПВ. Він розташований поблизу с. Підгірці Київської області. Послуги з захоронення ТПВ на полігоні надає підприємство Приватне акціонерне товариство (ПАТ) "Київспецтранс", що утилізує понад половину цього типу відходів міста Києва. Тобто на п'ятий полігон припадає "левова" частка сміття, що утворюється внаслідок життєдіяльності населення міста.

Полігон № 5 введений в експлуатацію у 1986 р. Свого часу це був "передовий" полігон, побудований відповідно до західних норм. Це котлован із шарами півки та інших матеріалів, які не дозволяють фільтратам, насиченій хімікатами воді просочуватися у ґрунт. Наразі на полігоні № 5 захоронено близько 7 млн т ТПВ. За приблизно 32 роки експлуатації потужностей полігону вже недостатньо, в його тілі під дією опадів накопичився фільтрат.

З 2006 р. йдеться про повне закриття полігону № 5 через його критичний екологічний стан, насамперед пов'язаний з витіканням фільтрату в землю та забруднення ним довкілля, передусім підземних вод. Адже утворені водні розчини, насичені токсичними речовинами, є хімічно й біологічно активними. А поруч із полігоном № 5 тече річка Віта, яка впадає у Дніпро.

Через зазначені проблеми в різні роки полігон № 5 кілька разів було вирішено тимчасово закрити, після чого керівництву "Київспецтранс" щоразу вдавалося відновити його роботу. Отже, на теперішній час експлуатація полігону триває, незважаючи на те, що з 2006 р. на об'єкті офіційно фіксуються і не повністю усуваються такі порушення, як:

1) недотримання технології захоронення відходів (лише частково здійснювалась або не здійснювалась взагалі пересипка складованих відходів ізоляційним шаром ґрунту), внаслідок чого розпоширюється неприємний запах;

2) нерегулярна робота установки з переробки фільтрату;

3) перевищення потужностей полігону (перша черга полігону могла безпечно приймати 9,1 млн м³ відходів, а друга черга – 10 млн м³), на сьогодні загальний об'єм накопичених відходів перевищує 35 млн м³.

Що стосується питання екологічної безпеки підземної гідросфери, то проблеми полігону № 5 це: 1) прориви півків і потрапляння фільтратів до підземних вод; 2) перетікання через захисну греблю внаслідок переповнення.

Таким чином, з метою оцінки впливу фільтрату, що надходить до геологічного середовища з полігону № 5, на стан ґрунтів та якість поверхневих вод прилеглої до нього території у травні 2018 р. виконано польові комплексні дослідження з наступним лабораторно-камеральним аналізом отриманих матеріалів (Azimov et al., 2018). Вони включали такі види робіт:

- візуальний аналіз геоморфологічних особливостей території досліджень;

- відбір проб з різних компонентів ландшафту і подальший їх геохімічний аналіз:

- ґрунту з інтервалу глибин 0–5 см;
- поверхневої води;
- рослинності;

- визначення питомої магнітної сприйнятливості відбраних проб ґрунту;

- гіперспектральна зйомка місць відбору проб з борту безпілотного літального апарата (БПЛА) з використанням системи реєстрації мінливості параметрів середовища.

Польові дослідження. Враховуючи, що полігон № 5 розташований у межах центральної частини вододільної поверхні, було намічено і виконано *спостереження з відбором зазначених проб уздовж поздовжньо-поперечного профілю* у трьох основних точках, що приурочені до різних ландшафтно-геологічних умов (рис. 1). Профіль розпочинався на прилеглій до річки Віта низовинній, порізаний меліоративними каналами, рівнині (точка спостережень № 1; абсолютна відмітка 91 м над рівнем моря), йшов у південному напрямку паралельно долині цієї річки до підніжжя крутого схилу (точка спостережень № 2; абсолютна відмітка 99 м над рівнем моря) і закінчувався на вододілі безпосередньо поблизу південно-східного контуру полігону (точка спостережень № 3; абсолютна відмітка 178 м над рівнем моря). Тобто між точками спостережень № 2 і № 3 профіль змінив своє простягання на південно-західне, поперечне до схилу.

Проби ґрунту з інтервалу глибин 0–5 см відібрані за методикою конверта в усіх трьох точках спостережень відповідно до вимог ГОСТ 17.4.4.02-84 (*Охрана природы. Почвы...*, 1984).

Проби поверхневої води об'ємом 1,5 л кожна відібрані, відповідно до вимог ГОСТ Р 51592-2000 (*Вода. Общие требования к отбору проб...*, 2000), зі штучних водойм лише у точках спостережень № 1 і № 2. Так, у точці спостережень № 1 водойма являла собою штучний

ставок, утворений внаслідок прокладки ґрунтової дороги. У точці спостережень № 2 це був невеликий меліоративний канал, що простягався паралельно до вододільного пасма, у 210 м східніше від нього, у межах порослої лучною рослинністю рівнини. У точці спостережень № 3 проби поверхневої води не відібрано, оскільки поблизу неї (тобто на вододілі у районі полігону № 5, ззовні за північно-східним його контуром) ніякої водної поверхні виявлено не було.

Також у всіх цих точках паралельно з відбором ґрунтових проб відібрані *проби рослинності*: у точках спостережень № 1 і № 3 – пирію повзучого (*Agropyrum repens*), у точці спостережень № 2 – тонконогу (*Poa pratensis*). Крім цього, у точці спостережень № 3 було взято пробу листя осики (*Populus tremula*).

Гіперспектральна зйомка місць відбору проб у точках спостережень № 2 і № 3 проводилася із застосуванням системи реєстрації мінливості параметрів середовища DJI STS-VIS (квадрокоптер) у радіусі до приблизно 150 м від них. Загалом у кожному з 89 пунктів зйомки було отримано 1024 спектрограми у діапазоні електромагнітних хвиль 337,48–824,85 нм із спектральним розрізненням близько 0,3 нм. З огляду на місцеві умови, у районі точки спостережень № 1 знімання не виконувалося.

Лабораторні дослідження. Комплекс лабораторних досліджень включав геохімічний аналіз на вміст важких металів у відібраних пробах ґрунту, представницьких видів рослинності та поверхневих вод зони впливу полігону № 5, а також визначення питомої магнітної сприйнятливості проб ґрунту. При цьому **геохімічні дослідження** вмісту важких металів у зразках ґрунту, рослинності та поверхневих вод визначався атомно-адсорбційним аналізом на приладі КАС-115.

Вивчення форм знаходження важких металів у *ґрунті* виконано методом послідовних витяжок відповідно до методик А.І. Самчука (*Самчук и др.*, 1998).

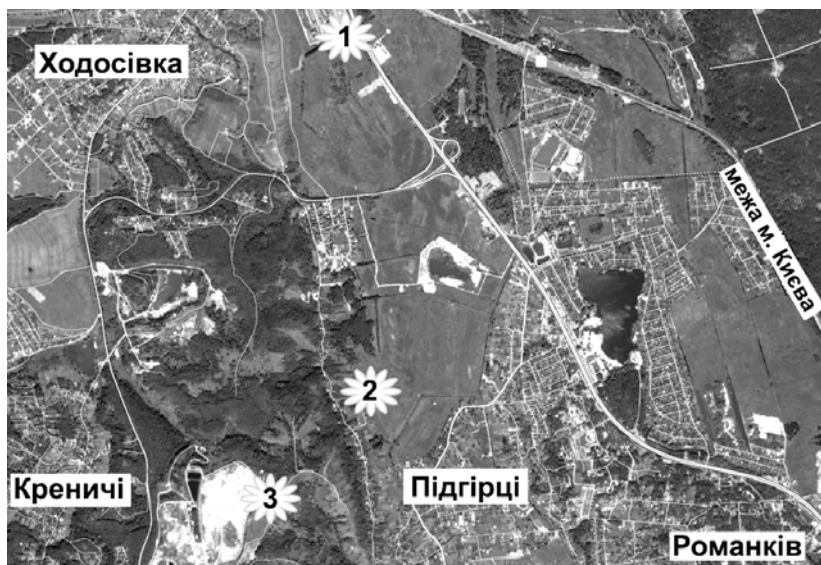


Рис. 1. Картосхема розташування точок спостережень (позначені зірками) вздовж поздовжньо-поперечного профілю в зоні впливу полігону № 5. Як підложка, використано космічний знімок, отриманий з інтернет-джерела (<https://www.google.com/maps>)

Коефіцієнт біологічного поглинання (КБП) хімічного елементу *рослинністю* розраховано за наведеною у праці (Авессаломова, 1987) формулою:

$$КБП = \frac{Lx}{Nx}, \quad (1)$$

де Lx – вміст x -го хімічного елементу в золі рослин, Nx – його вміст у ґрунті.

При групуванні важких металів за інтенсивністю біологічного поглинання використано методику І.А. Авессаломової (Авессаломова, 1987).

Дослідження зразків *поверхневих вод* на вміст важких металів виконувалося за такою схемою: фільтрат оброблявся концентрованою азотною кислотою у фарфоровій чашці, далі зразок випарювався до об'єму

25 мл, який доводився до об'єму 100 мл бідистильованою водою, а потім аналізувався методом атомно-абсорбційної спектrophотометрії.

Літогеофізичні дослідження полягали у визначенні питомої магнітної сприйнятливості (κ) проб ґрунту. Для цього використовувався чеський прилад МФК-1В з чутливістю $2 \text{ Cl} \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. При цьому для кожної з відібраних проб вимірювання виконувалося тричі з червня по серпень з метою виявлення можливого впливу зміни їх вологості на значення κ , а також для врахування імовірних похибок у вимірюваннях.

Аналіз залежності спектральних параметрів рослинності за даними дистанційної гіперспектральної зйомки з борту БПЛА (квадрокоптер) від вірогідного впливу на неї різноманітних токсикантів, що надходять як повітряним, поверхнево-наземним шляхом, так і через геологічне середовище, коректно визначати не було можливим. Адже спектрограми отримано для точок спостережень, розміщених у відмінних ландшафтних умовах.

Результати робіт. Літогеохімічні дослідження.

Результати досліджень ґрунтового покриття в інтервалі глибин 0–5 см показують, що максимальний вміст Cu досягає значень 10000 мг/кг у розташованій безпосередньо поблизу північно-східного контуру полігону № 5 точці спостережень № 3 (табл. 1), а це перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК) для цього елементу у понад 300 разів (Дмитриев и др., 1989). Вміст Pb у цій же у точці становить 1000 мг/кг, що перевищує ГДК у 30 разів. Стосовно вмісту Zn у районі вказаного контуру полігону, то він досягає показників 5000 мг/кг, що більше ГДК у 90 разів. Вміст Ni у цьому ж місці становить 30–100 мг/кг з максимальним перевищенням ГДК у 5 разів. Вміст Cr варіює в межах від 60 до 200 мг/кг і своїми найбільшими концентраціями перевищує ГДК у 2 рази. Таким чином, на ділянці досліджень переважає мідно-цинкове забруднення ґрунту.

Визначення форм знаходження важких металів у ґрунті показало, що їх рухомість збільшується у 10 разів порівняно з фоновими ділянками.

Таблиця 1

Результати спектрального аналізу зразків сучасних ґрунтів, поверхневих вод і рослинності в зоні впливу полігону № 5

№ точки спостер.	Зразок	Вага до озолення, г	Вага сухого залишку, г	Вміст хімічних елементів, мг/кг				
				Ni	Cr	Cu	Pb	Zn
1	Ґрунт			40	5	40	20	
1	Вода (штучний ставок)	1220 мг/л	0,3662	4	5	10		
1	Рослинність (пірій повзучий)	1,4864	0,235	6	5	50	10	
2	Ґрунт			30	40	50	20	80
2	Вода (меліоративний канал)	992 мг/л	0,2451	8	10	30	1	
2	Рослинність (тонконіг)	1,571	0,2478	5	5	40	3	
3	Ґрунт			30–100	60–200	1000–10000	200–1000	100–5000
3	Рослинність (пірій повзучий)	2,0844	0,3148	20	20	50	10	60
3	Рослинність (осика)	2,0078	0,2928	10	5	50	5	60

Біогеохімічні дослідження. Вивчення пірію повзучого, як найпоширенішого представника міських біоценозів, дало змогу встановити, що до елементів сильного накопичення належать Cu (КБП=1,25) та Cr (КБП=1). Особливістю поглинання важких металів тонконогом є визначення КБП для Ni, що дорівнює 2,5. Аналіз деревної рослинності на прикладі осики показує, що КБП>1 не має жодний із досліджених хімічних елементів.

Гідрогеохімічні дослідження. Дослідження проб поверхневих вод, зокрема відібраної у точці спостережень № 2 (меліоративний канал), дозволило визначити такі показники: мінералізація води 992 мг/л, жорсткість – 13,8 мг-екв/л, вміст Ca^{2+} – 226,45 мг/дм³, Mg^{2+} – 30,4 мг/дм³, HCO_3^- – 9,6 мг/дм³, SO_4^{2-} – 244,8 мг/дм³, Cl^- – 34,08 мг/дм³, $\text{Fe}_{\text{заг}}$ – 1,33 мг/дм³, NO_3^- – 13,0 мг/дм³. Вода належить до сульфатно-кальцієвого типу. Вміст мікрокомпонентів, мг/дм³: Ni – 0,00794, V – 0,00496, Cr – 0,00992, Cu – 0,02976, Pb – 0,00099. За винятком іонів SO_4^{2-} та Cl^- концентрація всіх наведених сполук і мікрокомпонентів у точці спостережень № 2 дещо вища, ніж у точці № 1. Разом з тим вміст усіх досліджених елементів в обох точках не перевищує ГДК (Никитин и др., 1990).

Дослідженнями питомої магнітної сприйнятливості зразків ґрунту встановлено найнижчі значення κ (10,7–11,71 $\text{Cl} \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$) у пробі, що відібрана у точці спостережень № 1, найвіддаленішій від полігону № 5. Натомість найвищі показники питомої магнітної сприйнятливості ($\kappa_{\text{сер}}=536,76 \text{ Cl} \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, $\kappa_{\text{max}}=572,1 \text{ Cl} \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$) характерні для проб ґрунту, відібраних у точці спостережень № 3, що розташована поблизу південно-східного контуру полігону. Наведені дані можуть свідчити про істотне забруднення геологічного середовища у цьому районі різноманітними феро- або парамагнітними сполуками, що потрапляють до нього внаслідок функціонування полігону.

Висновки і перспективи досліджень. Комплексними геоекологічними дослідженнями району полігону № 5 з захоронення ТПВ, розташованого у межах вододільного плато поблизу с. Підгірці Київської області, встановлено екологічно негативний його вплив на довкілля. Насамперед він полягає у значному забрудненні ґрунту важкими металами, передусім мідно-цинковому. Зокрема, безпосередньо поблизу північно-східного контуру полігону в пробах верхнього шару ґрунтового покриття (0–5 см) виявлено аномальні значення вмісту Cu (10000 мг/кг, що перевищує ГДК у понад 300 разів), Zn (5000 мг/кг; у 90 разів більше ГДК), Pb (1000 мг/кг; перевищує ГДК у 30 разів). Ці ж проби характеризуються максимальними величинами питомої магнітної сприйнятливості ($\kappa_{\text{max}}=572,1 \text{ Cl} \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$). За формами знаходження важких металів у ґрунті визначено, що порівняно з фоновими ділянками рухомість їх збільшується у 10 разів.

До елементів сильного накопичення у трав'яній рослинності належать Cu, КБП якого становить 1,25, та Cr з КБП, що дорівнює 1,0.

Разом з тим у пробах поверхневих вод з меліоративних каналів на межі між схилом вододілу і лучною рівниною вміст усіх досліджених хімічних елементів не перевищує ГДК.

Для подальшого комплексного вивчення та об'єктивної оцінки еколого-геохімічного стану розглянутих об'єктів довкілля необхідно поповнити довідкові відомості про особливості полігону № 5, провести моніторингові дослідження по регулярній мережі наземного опробування (літо-, гідро-, біогеохімічного), по більшій кількості профілів і точок дистанційної гіперспектральної зйомки з борту БПЛА. Вони повинні розташовуватися в аналогічних до полігонних ландшафтно-геологічних умовах (висота ре-

льєфу, тип ґрунту, його зволоження, гумусність, тип рослинності тощо), як власне у зоні впливу району захоронення ТПВ, так і на фонових ділянках. Для більш повного охоплення за площею території робіт потрібно підібрати й отримати зроблені субсинхронно з наземними дослідженнями інформативні (просторове, спектральне розрізнення) матеріали багатозональних космічних зйомок. Взаємна просторово-координатна прив'язка комплексу матеріалів, створення на їх основі гіперкубу даних, подальша комп'ютерна інтегральна їх обробка дозволить встановити кореляційні залежності між ними, побудувати картосхеми екологічної обстановки прилеглих до полігону районів, прогнозувати можливі сценарії його впливу на довкілля.

Список використаних джерел

- Авессаломова, І.А. (1987). Геохимические показатели при изучении ландшафтов. Учебно-методическое пособие. Москва: Изд-во МГУ.
- Вода. Общие требования к отбору проб: Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 51592-2000. (2000). Принят и введен в действие постановлением Госстандарта РФ от 21 апреля 2000 г. № 117-ст. [Дата введения 1 июля 2001 г.]. Москва: Изд-во Госстандарт.
- Дмитриев, М.Т., Казнина, Н.И., Пинигина, И.О. (1989). Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. Справочное издание. Москва: Химия.
- Никитин, Д.П., Новиков, Ю.В., Рошин, А.В., Жиллов, Ю.Д., Марченко, Д.Г., Ясинский, А.А. (1990). Справочник помощника санитарного врача и помощника эпидемиолога. Под ред. Д.П. Никитина, А.И. Заиченко. Москва: Медицина.
- Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84. (1984). [Действующий от 1986-01-01]. Москва: Госстандарт СССР.
- Самчук, А.И., Бондаренко, Г.Н., Долин, В.В., Сушицкий, Ю.Я., Шрамченко, И.Ф., Мицкевич, Б.Ф., Егоров, О.С. (1998). Физико-химические условия образования мобильных форм токсичных металлов в почвах. *Минералогический журнал*, 20, 2, 48-59.

Azimov, O.T., Bakhmutov, V.G., Voytyuk, Yu.Yu., Dorofey, Ye.M., Karmazynenko, S.P., Kuraeva, I.V. (2018). Reconnaissance integrated geoecological study of the disposal region for municipal solid waste with the aim of environmental assessment. *12th International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"*, 13-16 November, Kyiv, Ukraine, Conference Paper, 5. doi: 10.3997/2214-4609.201803142.

References

- Avessalomova, I.A. (1987). Geochemical indices in landscape investigation. Educational learning guide. Moscow: Moscow State University Press. [in Russian]
- Azimov, O.T., Bakhmutov, V.G., Voytyuk, Yu.Yu., Dorofey, Ye.M., Karmazynenko, S.P., Kuraeva, I.V. (2018). Reconnaissance integrated geoecological study of the disposal region for municipal solid waste with the aim of environmental assessment. *12th International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment"*, 13-16 November, Kyiv, Ukraine, Conference Paper, 5. doi: 10.3997/2214-4609.201803142.
- Dmitriev, M.T., Kaznina, N.I., Pinihina, I.A. (1989). Sanitary and chemical analysis of polluting substances in the environment. Reference book. Moscow: Khimiya. [in Russian]
- Environmental protection. Soils. Methods of sampling and preparing of samples for the chemical, bacteriological, and helminthological analyses: GOST 17.4.4.02-84. (1984). [Acting after 1986-01-01]. Moscow: Gosstandart SSSR. [in Russian].
- Nikitin, D.P., Novikov, Yu.V., Roschin, A.V., Zhilov, Yu.D., Marchenko, D.G., Yasinskiy, A.A. (1990). Manual of health assistant and epidemiologist assistant. Ed. by D.P. Nikitin, A.I. Zaichenko. Moscow: Meditsina. [in Russian]
- Samchuk, A.I., Bondarenko, G.N., Dolin, V.V., Sushchik, Yu.Ya., Shramchenko, I.F., Mitskevich, B.F., Egorov, O.S. (1998). Physical and chemical conditions promoting formation of mobile forms of toxic metals in soils. *Mineralogical journal*, 20, 2, 48-59. [in Russian]
- Water. General requirements to collection of samples. State Standard, Russian Federation GOST R 51592-2000 (2000). Adopted and brought into action by the decision of Gosstandart of Russia after 21 April, 2000, N 117 particle. [Date of Entry – 1 July, 2001]. Moscow: Gosstandart Press. [in Russian]

Надійшла до редколегії 04.01.19

O. Azimov¹, Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher, Leading Researcher

E-mail: azimov@casre.kiev.ua;

I. Kuraeva², Dr. Sci. (Geol.), Prof.;

V. Bakhmutov³, Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher

E-mail: bakhmutovvg@gmail.com;

Yu. Voytyuk², Cand. Sci. (Geol.), Researcher

E-mail: voitiuk_yulia@ukr.net;

S. Karmazynenko⁴, Cand. Sci. (Geograph.), Senior Researcher

E-mail: karmazynenko78@gmail.com,

¹Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine,

55-B O. Honchar Str., Kyiv, 01054, Ukraine;

²M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,

34 Palladin Ave., Kyiv, 03680, Ukraine;

³S.I. Subbotin Institute of Geophysics of NAS of Ukraine,

32 Palladin Ave., Kyiv, 03680, Ukraine;

⁴Institute of Geography of NAS of Ukraine,

44 Volodymyrska Str., Kyiv, 01030, Ukraine

ASSESSMENT OF THE HEAVY METAL DISTRIBUTION IN SOILS WITHIN THE AREAS FOR THE MUNICIPAL SOLID WASTE DISPOSAL

The aim of the study was to identify the ecological negative impact of municipal solid waste Landfill № 5 located near the city of Kyiv on the environment. The complex geoecological studies are carried out within the area. They included the field works with the sampling of different elements of landscape (soil, surface water, vegetation) and the further laboratory and geochemical analyses.

The acute pollution with copper-zinc of soils has been detected. Moreover, in vicinity of the north-eastern contour of Landfill area the anomalies for Cu content (10000 mg/kg that is in 300 times higher than the maximum allowable concentrations – MAC), Zn content (5000 mg/kg that is in 90 times higher than the MAC), Pb content (1000 mg/kg that is in 30 times higher than the MAC) are revealed in the samples taken from the surface soil layer of 0–5 cm. These soil samples are characterized by maximal specific magnetic susceptibility ($572.1 \text{ Sl} \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$). The heavy-metal contamination of soil has shown that their mobility increased tenfold in comparison with the background sites.

The elements of significant accumulation in the grass vegetation are Cu and Cr at the biological absorption coefficients of 1.25 and 1.0, respectively.

The contents of analyzed chemical elements and compounds in the surface water samples taken from the background sites don't exceed the MAC.

The indicated results characterize the scientific novelty of the studies. Their practical significance is the making management decisions by the administrative authorities with regard to the further waste facilities maintenance.

Keywords: Landfill, solid waste, heavy metals, soil, geochemical analysis.

А. Азимов¹, д-р геол. наук, ст. науч. сотруд., вед. науч. сотруд.

E-mail: azimov@casre.kiev.ua;

И. Кураева², д-р геол. наук, проф.;

В. Бахмутов³, д-р геол. наук, ст. науч. сотруд.

E-mail: bakhmutovvg@gmail.com;

Ю. Войтюк², канд. геол. наук, науч. сотруд.

E-mail: voitiuk_yulia@ukr.net,

С. Кармазиненко⁴, канд. геогр. наук, ст. науч. сотруд.

E-mail: karmazinenko78@gmail.com;

¹Научный центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук НАН Украины,

ул. О. Гончара, 55-б, г. Киев, 01054, Украина;

²Институт геохимии, минералогии и рудообразования имени Н.П. Семененко НАН Украины,

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

³Институт геофизики имени С.И. Субботина НАН Украины,

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

⁴Институт географии НАН Украины,

ул. Владимирская, 44, г. Киев, 01030, Украина

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ РАЙОНОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

С целью определения экологического негативного влияния на окружающую среду полигона № 5 по захоронению твердых бытовых отходов, расположенного вблизи г. Киев, проведены комплексные геоэкологические исследования соответствующего района. Они включали полевые работы с отбором проб разных компонентов ландшафта (почва, поверхностные воды, растительность) и дальнейшие их лабораторные исследования и геохимический анализ.

Установлено значительное медно-цинковое загрязнение почвы тяжелыми металлами. В частности, непосредственно вблизи северо-восточного контура полигона в пробах слоя почвенного покрова (интервал глубин 0–5 см) выявлены аномальные значения содержания Cu (10000 мг/кг, что превышает предельно допустимую концентрацию – ПДК – более чем в 300 раз), Zn (5000 мг/кг; в 90 раз больше ПДК), Pb (1000 мг/кг; превышает ПДК в 30 раз). Эти же пробы характеризуются максимальными величинами удельной магнитной восприимчивости ($572,1 \text{ СИ} \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$). По формам нахождения тяжелых металлов в почве определено, что сравнительно с фоновыми участками подвижность их увеличивается в 10 раз.

К элементам сильного накопления в травяной растительности принадлежит Cu , коэффициент биологического поглощения которого составляет 1,25, и Cr с аналогичным коэффициентом равным 1,0.

Содержание исследованных химических элементов и соединений в пробах поверхностных вод, отобранных на фоновых участках, не превышает ПДК.

Отмеченные результаты характеризуют научную новизну исследований. Их практическая значимость состоит в том, что они должны использоваться административными органами при принятии управленческих решений относительно дальнейшей эксплуатации полигона.

Ключевые слова: полигон, бытовые отходы, тяжелые металлы, почва, геохимический анализ.

УДК 631.412:504.054:504.064.2

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.12>

С. Смирнова, канд. геол. наук, доц.

E-mail: smsmyrnova78@gmail.com

Чорноморський національний університет ім. Петра Могили,

вул. 68 Десанників, 10, м. Миколаїв, 54003, Україна;

В. Смирнов, канд. геол. наук, доц.

E-mail: vnsmyrnov79@gmail.com

Р. Бабушкіна, канд. с.-г. наук, доц.

E-mail: ruslanabab@ukr.net

Херсонський державний аграрний університет,

вул. Стрітенська, 23, м. Херсон, 73006, Україна

КОНЦЕПЦІЯ ҐРУНТОВОЇ БІОГЕОСИСТЕМИ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук О.І. Меньшовим)

Досліджено концептуальні засади функціональної здатності ґрунтової біогеосистеми (ГБ). Сучасний новий підхід до розуміння складності процесів, що реалізуються у ґрунтовому покриві, повинен базуватися на принципі поліфункціональності. Ґрунтовий покрив (у розумінні його протяжності у межах біосфери) знаходиться на перетині шляхів міграції літосфери, атмосфери, гідросфери і біосфери в цілому, що зумовлює його специфічну роль у складній системі геосфер, його поліфункціональність.

Проаналізовано гетерогенність ґрунту (тверда, рідка, газоподібна, жива фаза). Надано характеристику кожній окремій фазі, яка має свій власний унікальний набір властивостей, що сформований у процесі еволюційного ґрунтоутворення та є неповторним.

Акцентовано увагу на строкатості та різноманітності генетичної природи ґрунтів, які віддзеркалюють їх функціональні властивості. Відображенням генетичної належності ґрунту, як функції екологічних умов його формування, є морфогенетична будова профілю ґрунту, який сформований у ґрунтоутворюючому процесі.

Визначено принцип поліфункціональності ГБ, що описує сукупність процесів на глобальних (біосферних) та біогеоценотичних вимірах. З одного боку (на глобальних теренах), ГБ визначає еволюційну спрямованість біоти на Землі, забезпечує великий та малий колообіг речовин, регулює хімічний склад супутніх геосфер (атмосфери, гідросфери), виступає фактором біопродуктивності наземних екосистем, акумулятором небіогенної речовини та джерелом енергії, з іншого (з біогеоценотичної позиції) – ГБ характеризується низкою фізичних, хімічних, біохімічних, фізико-хімічних функціональних властивостей.

Встановлено, що багатогранність процесів, які реалізуються у межах ГБ, дозволяє зосередитися на концептуальних засадах збалансованого техногенного навантаження, а отже, на збереженні біорізноманіття та людини як біологічного виду.

Ключові слова: ґрунтовий покрив, поліфункціональність ґрунту, біогеоценотичні функції ґрунту, гетерогенність ґрунту, родючість ґрунту, популяційно-видовий рівень, поліфазність ґрунтового покриву, біофаза, міграція, гомеостаз.

Постановка проблеми. Ґрунт у сучасному ґрунтознавстві слід розуміти як володіючу родючістю складну поліфункціональну і полікомпонентну відкриту багатозазначувану структурну систему в поверхневому шарі кори вивітрювання гірських порід, що є комплексною функцією гірської породи, організмів, клімату, рельєфу і часу.

У процесі ґрунтоутворення сформовано ґрунтову біогеосистему (ГБ), під якою розуміють структурно-функціональну, матеріально-енергетичну одиницю біосфери, який властиві біогеохімічні цикли міграції хімічних елементів. Іншими словами, ГБ визначають, як історично сформовану сукупність угруповань живого населення (біоценоз), що заселяє різні екологічні ніші, та просторово-територіального базису. Ці дві складові виникли на основі біогенного кругообігу й забезпечують його у конкретних природних умовах. При цьому ГБ являє собою систему, яка володіє самоорганізацією, саморозвитком та саморегуляцією.

Узагальнення даних про ГБ та усвідомлення повноцінної її функціональної здатності сприятимуть розвитку екологічного нормування. Саме тому консолідація уривчастих даних про функціональну здатність ґрунту є актуальним пошуковим дослідженням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичними та практичними засадам розвитку уявлень про ґрунт та ГБ приділяється значна увага в роботах (Польовий та ін., 2013; Назаренко та ін., 2004). Вчені зазначають, що ґрунт є субстанційно-функціонально-атрибутивним і поєднує, з одного боку, речовий вміст об'єкта, що вказує на його функціональний зв'язок з об'єктами природи, а з іншого – вказує на самостійне природне тіло, що сформувалося у процесі біогеохімічних перетворень (Ковда та ін., 1988). Розуміючи складність процесів, що відбуваються у ґрунті, проаналізовано аспекти взаємодії ґрунтів та довкілля, акцентуючи увагу на новітніх властивостях ґрунту, а саме "ґрунт-пам'ять", та сукупності динамічних властивостей і процесів, які реалізуються у часовому проміжку "ґрунт-момент" (Соколов та Таргульян, 1976).

Деякі вчені вважають, що принциповою позицією дослідження ґрунтового покриву повинен стати всебічний аналіз взаємозв'язків всіх компонентів ландшафтних комплексів у цілому, врахування їх генезису та властивостей, закономірностей формування та змін під впливом природних та антропогенних факторів (Петрук та ін., 2012). У роботі (Полупан та ін., 2008) вказано на строкатість ґрунтового покриву за біокліматичними поясами та реалізовано певні кроки у вирішенні проблеми класифікації ґрунтів України.

Певним досягненням у визначенні функціональної здатності ГБ є вчення про екологічні функції ґрунту (Добровольський та Никитин, 2012). Автори розкривають сутність інтегральних (цілісних) біогеоценотичних функцій ГБ, а саме здатність до трансформації речовин та енергії, деструктивну санітарну функцію біоти у ґрунті, здатність виконувати функцію буферного біогеоценотичного екрану до зовнішніх факторів та родючість, як сукупний вираз усіх властивостей ґрунту.

Сучасна позиція науковців базується на досягненні рівноваги між сферами виробництва та станом ґрунтового покриву та розглядається як складна соціально-еколого-економічна система. Відповідно до природоохоронного законодавства система економуювання виступає інструментом державної політики у сфері природокористування і охорони ґрунтового покриву (Предельно допустимые концентрации..., 2006). Запропоновані засади екологічного нормування важких металів та концептуальні засади його здійснення (Мислива, 2011), основані на вивчені розподілу забруднювачів у ґрунті (Водяницький, 2005; Andersson, 1976) та фізіологічної адаптації біоти (Лухолат, 2013; Господаренко, 2015; Олійник та ін., 2012).

У роботах європейських колег-ґрунтознавців увагу зосереджено на таких аспектах дослідження ГБ: вказується на необхідність критичного обговорення екологічних та людських наслідків забруднення ґрунтів, включаючи різні причини (Duarte et al., 2017); висвітлено

інтеграційний підхід до розуміння еволюції ґрунтової екосистеми та зосереджено увагу на зростаючому значенні ґрунтів як територіального базису для наземних екосистем (Coleman and Crowsley, 2017); встановлено, що втрата біорізноманіття ґрунту та спрощення структури геобіонтів погіршують численні функції ґрунтової екосистеми, включаючи різноманіття рослин, розкладання, утримання поживних речовин і кругообіг поживних речовин (Wagg et al., 2014); досліджено особливості формування енергетичної структури ґрунтових харчових мереж, а також динаміку численних функцій екосистем у бореально-помірних екотонових лісах в умовах кліматичних змін (Schwarz et al., 2017). Розуміння поліфункціональності ґрунтового покриву вказує на необхідність впровадження принципово нової стратегії регулювання якості ґрунтового покриву як компоненту біосфери.

Ціль і задачі дослідження. Метою роботи є аналіз різноманіття процесів ґрунтового покриву в умовах стійкого антропогенного навантаження.

Для досягнення цієї мети поставлені такі завдання:

- визначити генетичне різноманіття типів ґрунтів України;
- проаналізувати поліфазність та поліфункціональність ґрунтового біогеосистеми;
- проаналізувати основи екологічного нормування важких металів;
- проаналізувати механізм адаптації біоти на всіх рівнях організації.

Результати дослідження концептуальних основ ґрунтової біогеосистеми.

Генетичне різноманіття типів ґрунту. М.І. Полупан зі співавторами вказує на різноманіття генетичної природи ґрунтів, їх властивостей, якісної оцінки за родючістю, які віддзеркалюють генетичну сутність і зв'язок з навколишнім середовищем формування та слугують основою для диференціації ґрунтів на відповідні групи (Полупан та ін., 2008). Відображенням генетичної належності ґрунту, як функції екологічних умов його формування, є профіль ґрунту, а саме – його морфогенетична будова, що зумовлює найважливіші особливості ґрунотвірного процесу. Залежно від будови профілю як сукупності генетичних горизонтів, встановлюється генетичний статус ґрунтів. Діагностування їх за якісним складом системи генетичних горизонтів у профілі нині є пріоритетним, незамінним і визнаним у всьому світі.

Так, ґрунтовий покрив України вирізняється строкатістю та різноманіттям. Під час великомасштабного картування нараховано близько 650 видів ґрунтів. Кількість ґрунтових індивідів під час диференціації ґрунтового покриву зростає до декількох тисяч, якщо брати до уваги різновиди за гранулометричним складом, материнською породою, ступенем еродованості, засоленості тощо (Назаренко та ін., 2004).

Зосереджуючи увагу на пріоритетних принципах класифікації ґрунтового покриву, часто беруть до уваги не численні ґрунтові сполучення різних рангів, а порівняно невелику чисельність макротипів структур ґрунтового покриву, які генетично нерозривно пов'язані з ландшафним типом місцевості: дерново-підзолисті і торф'яно-підзолисті (Полісся); каштанові (Степ); сірі лісові (Лісостеп та південні райони Полісся); чорноземні (Лісостеп та Степ); бурі лісові (гірські країни Криму та Карпат); солончі та солончаки (Лісостеп та Степ).

Поліфазність ґрунтової біогеосистеми. Під *гетерогенністю ґрунту* слід розуміти поліфазність ґрунтового покриву: тверда, рідка, газоподібна, жива (біофаза). Яким саме чином гетерогенність ґрунтового покриву слід враховувати під час розробки нормативно-екологічних стандартів? Щоб окреслити загальні риси

цього питання, слід вказати на динамічність та неоднорідність кожної з цих фаз протягом еволюціонування ґрунтового покриву.

Характеристика фаз складається з таких положень:

1) кожна фаза входить до складу ґрунтової системи і має границю поділу;

2) кожна фаза ґрунтового покриву в даній місцевості має свій власний набір характеристик, які є унікальними, сформованими у процесі еволюційного ґрунтоутворення та не повторюються в межах інших ландшафтів. Наприклад, власне співвідношення мінеральних та органічних сполук у рідкій фазі у даній місцевості; власний гранулометричний склад саме цього ґрунту, складений у різних співвідношеннях та розмірностях первинних та вторинних мінералів; власне співвідношення газів у ґрунтовому повітрі у межах даного ландшафту; власна сукупність на даній ділянці живих організмів, які беруть участь біогеохімічних циклах тощо;

3) динамічність параметрів кожної з фаз зумовлена впливом біосферних процесів у сукупності з часткою антропогенного навантаження;

4) завдяки тісному взаємозв'язку між фазами, ґрунт функціонує як єдина система. Співвідношення між об'ємами і масами твердої, рідкої та газоподібної фаз визначає умови прояву ґрунтової родючості, що залежить від ґрунтових, кліматичних умов і характеру рослинності. Ідеальні екологічні умови створюються, коли об'єм твердої фази ґрунту сягає 50 %, а рідкої і газової – по 25 % кожна.

Шляхом аналітичних роздумів ми проаналізували фазовий склад ГБ (Назаренко та ін., 2004):

а) тверда фаза ґрунту, сформована в процесі ґрунтоутворення з материнської гірської породи, значною мірою зберігає її склад і властивості. Отже, це твердий каркас ґрунтового покриву (матриця), який являє собою полідисперсну і полікомпонентну систему з первинних і вторинних мінералів, органічних залишків, частково розкладених і перетворених у гумус. Показниками, які характеризують тверду фазу, а як наслідок, і ґрунт, є гранулометричний (механічний), хімічний, мінералогічний склад, структура і пористість. Отже, питання допустимого навантаження твердофазних відходів на ґрунтовий покрив від антропогенної діяльності, що здатне змінювати показники твердої фази ґрунту, залишається досі відкритим;

б) рідка фаза ґрунту – це ґрунтовий розчин з розчиненими мінеральними і органічними сполуками. Це динамічна фаза, в якій відбуваються майже всі елементарні ґрунтові процеси та розвивається процес ґрунтоутворення. Рідка фаза є основним фактором диференціації ґрунтового профілю на горизонти у результаті переміщення розчинів у вертикальному і горизонтальному напрямках. Стан і властивості ґрунтового розчину залежать від водно-фізичних властивостей ґрунту та балансу ґрунтової вологи. Сукупність процесів, які має задовольняти ґрунтовий розчин, для функціонування ґрунтової екосистеми, залежить від оптимально збалансованого техногенного навантаження, яке здатна витримати ґрунтова екосистема. Тому слід орієнтуватися на оптимізацію нормативів гранично допустимих скидів забруднюючих речовин у природне середовище, нормування використання пестицидів і фунгіцидів тощо;

в) газова фаза ґрунту – це ґрунтове повітря, яке заповнює вільні від води пори. Об'єм газової фази ґрунту зумовлений пористістю ґрунту й вмістом вологи у ньому. Склад ґрунтового повітря відрізняється від атмосферного, він пов'язаний з біологічними процесами та залежить від культивування ґрунту й розчинення легких сполук у ґрунтовій воді. Він змінюється зі зміною глибини та місця відбору ґрунту та може виступати опосередкованим індикатором техногенного навантаження;

г) жива фаза ґрунту (біофаза) – це сукупність організмів, які населяють ґрунт і беруть участь у ґрунтоутворенні. До складу ґрунтової біоти входять бактерії, актиноміцети, гриби, водорості, тварини, а також кореневі системи живих рослин. Всі ці організми об'єднані у "живу" фазу умовно, оскільки їх організми теж складаються з твердої, рідкої і газової фази. Саме біофаза є дзеркалом тих процесів, які відбуваються у ґрунтовому покриві. (Ми не беремо до уваги епідеміологічну роль ґрунтового покриву.) Насамперед, слід наголосити на оптимізації гранично допустимого навантаження на ґрунтовий покрив хімічними забруднювачами, які впливають на процеси автореабілітації (самоочищення) ґрунту.

Поліфункціональність ґрунтової біогеосистеми. Сучасний науковий підхід до вивчення ґрунтового покриву базується на **принципі поліфункціональності**, що описує сукупність процесів на глобальних (біосферних) та біогеоценотичних вимірах. Яким саме чином цей принцип реалізується на рівні ґрунтової біогеосистеми? Задля розуміння послідовно розглянемо її дієву здатність реалізовувати функціональне призначення як компоненту біосфери.

Розрізняють п'ять **глобальних функцій ґрунту** (рис. 1) (Ковда та ін., 1988):

- **ґрунт – це середовище для розвитку та еволюції життя на Землі.** В одному грамі ґрунту можна нарахувати один мільярд бактеріальних клітин; аміб і жгутиконосців – до мільйона особин, інфузорій – 1000. У верхньому шарі родючого ґрунту біомаса бактерій може становити 400–5000 кг/га;

- **ґрунт забезпечує великий геологічний та малий біологічний кругообіг речовини на земній поверхні.** У ґрунті акумулюються біогенні елементи – він їх накопичує і перешкоджає швидкому виносу в гідросферу;

- **ґрунт регулює хімічний склад атмосфери і гідросфери.** ґрунти постійно обмінюються газами з приземним шаром тропосфери, поглинають кисень і віддають вуглекислий та інші гази. ґрунтова "дихання" разом з фотосинтезом і диханням живих організмів підтримують постійний склад атмосфери. ґрунт є чинником формування сольового складу світового океану;

- **ґрунт є фактором біопродуктивності наземних екосистем.** Він регулює біосферні процеси, зокрема, щільність живих організмів на земній поверхні. ґрунт має певні властивості, які обмежують життєдіяльність деяких груп організмів. Дуже сухий або дуже вологий, кислий або лужний, бідний елементами живлення або родючий ґрунт, взаємодіючи з кліматом, регулює розселення різних видів, популяцій, їх щільність та інші параметри життєдіяльності організмів;

- **ґрунт є акумулятором небіогенної неживої речовини (гумусу) і зв'язаної з ним хімічної енергії**, ареною трансформації та передачі у глибокі шари літосфери палеобіогенної речовини.

ґрунтовий покрив на біосферному рівні розвивається у межах біологічної еволюції, він здатний реалізовувати біологічний та геологічний кругообіг речовин, а також виступає захисним бар'єром та умовою нормального функціонування біосфери та вказує на здатність виступати середовищем існування, акумулятором і джерелом речовин і енергії для організмів суші (Польовий та ін., 2013).

Біогеоценотичні функції ґрунту поєднують у ряд груп (Добровольський та Никитин, 2012).

I. Функції ґрунту, зумовлені її фізичними властивостями:

1. **Життєвий простір** – як субстрат для існування величезної кількості різноманітних видів, у т. ч. переважної частини квіткових рослин. Цю властивість ґрунтового покриву слід характеризувати як за латераллю (горизо-

нтальне поширення по поверхні суші), так і радіаллю (вертикальний розподіл за ґрунтовым профілем). Він також може бути тимчасовим (пов'язаним зі змінами погодних умов, сезонними явищами, мінливістю за роками, кліматичними ритмами).

2. **Житло і притулок:** ґрунтовий покрив надає організмам різноманітний притулок, оберігає їх від переохолодження та перегрівання. Температура і вологість повітря в ґрунті схильні до менш різких коливань, ніж на поверхні землі. Ця особливість важлива в періоди різких змін погоди, в екстремальних умовах тундри і пустель.

3. **Опорна функція** ґрунтового покриву пов'язана із закріпленням кореневої системи рослин, що допомагає їм зберігати вертикальне положення і бути стійкими до вітру.

4. **Депо насіння і інших зачатків.** Завдяки функції "консервації", що залежить від режиму тепла і вологості, підвищеного вмісту діоксиду карбону і відсутності світла, у ґрунтовому покриві тривало зберігаються насіння, спори та інші зачатки багатьох організмів.

II. Функції ґрунту, пов'язані переважно з її хімічними і біохімічними властивостями:

1. **Джерело елементів мінерального живлення рослин.** Отримання і засвоєння мінеральних речовин з ґрунту залежить від концентрації, сприятливого співвідношення доступних елементів, pH середовища, гранулометричного складу та інших характеристик ґрунтів.

2. **Депо елементів мінерального живлення, енергії і вологості.** ґрунт має резерв корисних компонентів і грає роль буфера, який допомагає усувати перебої в їх постачанні при вичерпанні найбільш доступних запасів.

3. **Стимулятор і інгібітор біохімічних та інших процесів.** У ґрунт надходять різноманітні продукти метаболізму, які можуть стимулювати або пригнічувати життєдіяльність організмів. Значну роль у взаєминах рослин відіграє взаємовплив їх через кореневі виділення. Відомо також самопригнічення рослин ("ґрунтова") в посівах культурних рослин без сівозміни і в деяких деревостанах.

III. Функції ґрунту, що визначаються в основному фізико-хімічними властивостями:

1. **Сорбція тонкодисперсних речовин**, що надходять з атмосфери із ґрунтовими водами та рослинним опадом. Поверхня мелкозему і колоїди ґрунту адсорбують гази і рідини, що містять молекули та іони антропогенного та природного надходження. Поглинальна здатність ґрунтів забезпечує утримання елементів мінерального живлення, а також адсорбцію забруднюючих речовин. Отже, виникає необхідність розробки моделі для аналізу ризиків сорбційного поглинання забруднювачів ґрунтом з метою оптимізації допустимих рівнів забруднення.

2. **Сорбція мікроорганізмів**, що мешкають у ґрунті. Завдяки цій функції мікроорганізми захищені від виносу низхідним струмом води за межі ґрунтового профілю. Різні властивості поверхонь ґрунтових мікрозон створюють умови для сорбції різних організмів. Ця здатність пов'язана з різним гранулометричним і мінералогічним складом, кислотністю, особливостями формування ґрунтів. ґрунти важкого механічного складу сорбують мікроорганізмів більше, так само як чорноземні порівняно з дерново-підзолистими і сірими лісовими ґрунтами. Від процесів адсорбції залежать життєдіяльність, розвиток і розмноження ґрунтових мікроорганізмів. Дотримання оптимальних умов під час забезпечення сорбції мікроорганізмів орієнтоване на створення найкращих умов для їх життєдіяльності та неперевикнення адаптаційного бар'єру.

IV. Інформаційні біогеоценотичні функції ґрунту. Це своєрідний індикатор зміни напрямку процесів, що відбуваються у ґрунтовому покриві, який може бути циклічним

(сезонним) або мати однаправлену спрямованість (Добровольський та Никитин, 2012):

1. *Сигнал для сезонних та інших біологічних процесів.* Ця функція пов'язана з періодично змінними режимами ґрунту. Температура ґрунту слугує сигналом початку або припинення сезонних циклів життєдіяльності організмів, визначає перебіг фізіологічних процесів. В аридних зонах початок або затримка вегетації обумовлені динамікою водного режиму ґрунту. Від сезонних коливань активності різних ґрунтових мікроорганізмів залежить забезпеченість рослин елементами мінерального живлення, а від температури і вологості ґрунтів – розвиток комах (в тому числі фітофагів).

2. *Пусковий механізм сукцесій.* Процеси заболочування, засолення, остепування, витоптування тощо, навіть якщо вони виникли під впливом зовнішніх причин,

протікають як стадії перетворення ґрунту, викликаючи відповідні сукцесії біогеоценозів. Безумовно, якщо ще регульований пусковий механізм сукцесій (наприклад, осушення боліт Полісся та видобуток торфу у кінці 80-х років ХХ ст.), то необхідно пам'ятати закон обмеженості природних ресурсів.

3. *"Пам'ять" біогеоценозу.* ґрунт зберігає велику кількість інформації, яка складається з комплексу стійких властивостей, що виникли в ході її розвитку (ґрунт-пам'ять), і сукупності мінливих властивостей і процесів в момент спостереження (ґрунт-момент) (Соколов та Таргульян, 1976).

4. *Регулятор складу і структури біогеоценозу.* ґрунт – компонент біогеоценозу, від якого багато в чому залежить його склад і структура. Властивості його істотно впливають на продуцентів і пов'язаних з ними консументів і редуцентів.

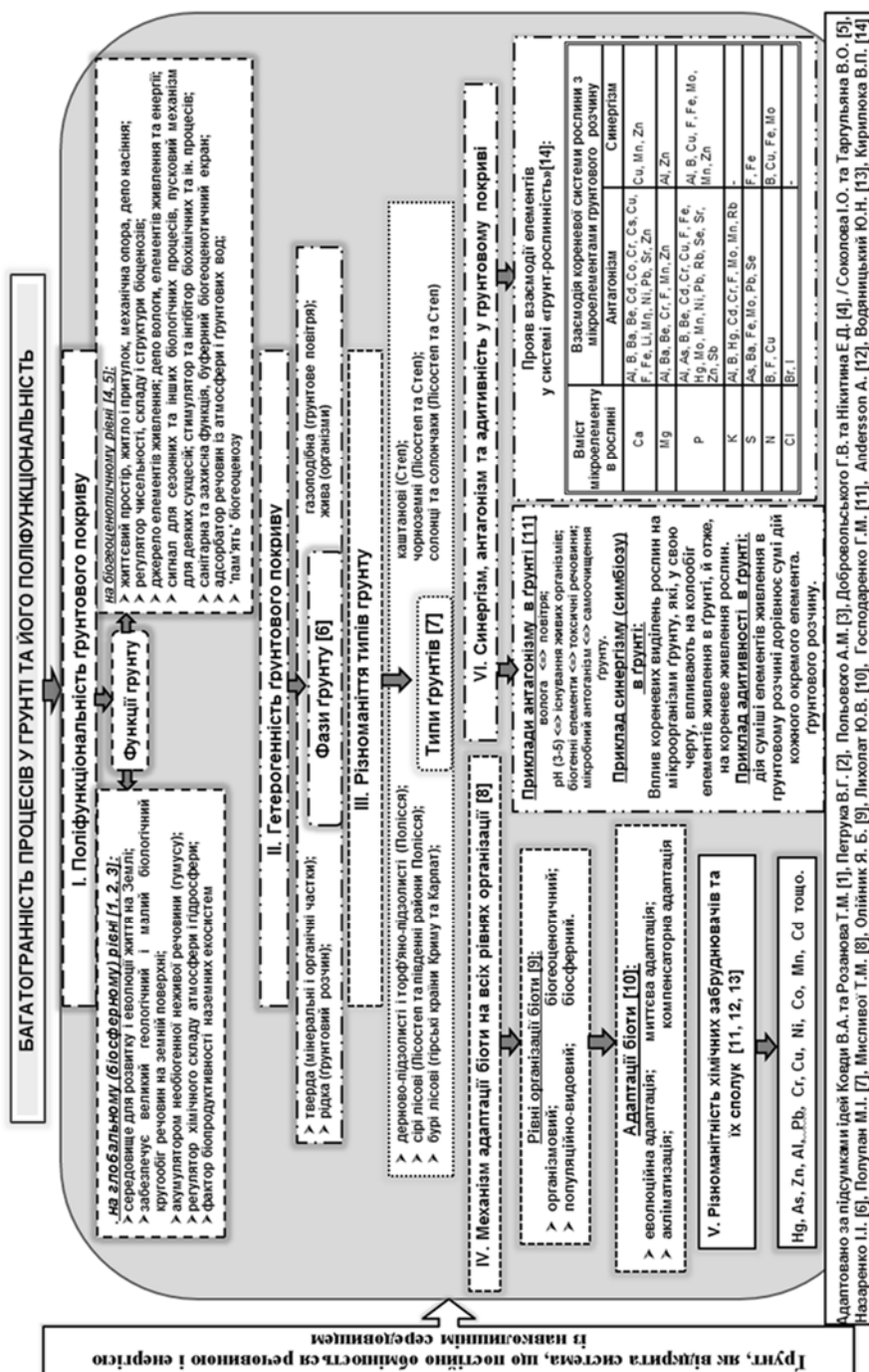


Рис. 1. Концептуальні засади ґрунтової біогеосистеми

V. Інтегральні (цілісні) біогеоценотичні функції ґрунту (Добровольський та Никитин, 2012):

1. **Трансформація речовини і енергії.** У процесі ґрунтоутворення вихідні речовини (материнські породи і продукти, що надходять з пилом, поверхневими і ґрунтовими водами, рослинними залишками) перетворюються в субстрат, придатний для формування біогеоценозу. Звільнення енергії в ході розкладання органічних залишків має не менше значення, ніж утворення органічних сполук при фотосинтезі. Антропогенні зміни енергетичного балансу біосфери понад допустиму межу за правилом 1 % загрожують незворотними наслідками. Штучне привнесення енергії у біосферу з використанням альтернативних та традиційних джерел енергії досягло нині граничних значень та потребує нормативно-екологічних розробок. Питання трансформації речовини в процесі розвитку промислових ресурсів піднімав свого часу В.І. Вернадський, вказуючи на величезну кількість трансформованої речовини (за обсягами та якісним складом), яка залучена людиною у біогеохімічні цикли.

На світовій арені це питання вирішено в межах концепції Сталого розвитку (англ. Sustainable development) – це загальна концепція, яка об'єднує необхідність встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб людства і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їх потребу в безпечному і здоровому довкіллі.

2. **Санітарна функція:** деструкція мікроорганізмами і безхребетними в ґрунтовому покриві продуктів обміну і органічних залишків, що попереджає самозабруднення ландшафтів. Мікробне населення ґрунту має антисептичні властивості, пригнічує розвиток хвороботворних мікроорганізмів. Ґрунтовий покрив ефективно захищає ґрунтові води від проникнення бактеріальних і хімічних забруднень. Але деякі хвороботворні мікроорганізми зберігаються в ґрунті тривалий час.

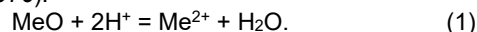
3. **Захисний і буферний біогеоценотичний екран.** Сформовані у ході тривалої еволюції біогеоценози відрізняються стійкістю до впливу зовнішніх факторів, здатністю до гомеостатичного регулювання, підтримці своїх властивостей. Ґрунти здатні значною мірою нівелювати перепади вологості і температури в біогеоценозах. Буферна роль ґрунтів проявляється у підтримці родючості, протистоянні водній та вітровій ерозії, хімічному забрудненню, у здатності до відновлення порушених біогеоценозів за рахунок запасу насіння. Ця сукупність процесів, здатних компенсувати флуктуації та привести до кліматичного стану ґрунтового екосистему, повинна стати основою під час розрахунку ризиків з метою врахування адаптаційного бар'єру.

4. **Родючість** – характеристика ґрунту, що визначає його здатність забезпечувати умови для життя рослин. Це інтегральна функція ґрунтового покриву, вираз всіх його властивостей.

Важкі метали та екологічне нормування. Метали перебувають у ґрунтовому профілі у вигляді мінералів, органічних сполук, адсорбовані на колоїдах, іонів у ґрунтовому розчині, включені до складу біоти або твердої фази ґрунту тощо. Вони постійно залучені до безперервних біологічних, фізичних, хімічних та фізико-хімічних процесів, які реалізують біогеохімічний цикл міграції хімічних елементів (Hg, As, Zn, Al, Pb, Cr, Cu, Ni, Co, Mn, Cd тощо).

Важливим фактором, що впливає на поведінку важких металів в ґрунті, є рН. При нейтральній і слабо лужній реакції середовища утворюються важкорозчинні сполуки важких металів: гідроксиди, сульфіді, фосфати, карбонати і оксалати. При зростанні кислотності в ґрунті важкорозчинні сполуки переходять в рухомі форми (Господаренко, 2015).

При атмосферному забрудненні ґрунтів важкими металами характерно їх зв'язування в поверхневому шарі ґрунту до 5–10 см. З атмосфери у ґрунт вони надходять у формі оксидів, які взаємодіють з ґрунтовим розчином (Andersson, 1976):



Катіони важких металів вступають у реакцію з іонами ґрунтового розчину H^+ , OH^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , H_2PO_4^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , S_2^- , Cl^- тощо, утворюють сполуки різної розчинності. Катіони важких металів утворюють з аніонами NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} легкорозчинні сполуки (хлориди, нітрати, сульфати), яких відносно небагато. У ґрунті є і нейтральні форми металів.

Різноманіття форм важких металів у ґрунтовому покриві потрібно враховувати під час екологічного нормування. Гранично допустимі концентрації хімічних елементів у ґрунті визначено за валовим вмістом, рухливими та водорозчинними формами (*Предельно допустимые концентрации...*, 2006). Оцінити небезпеку забруднення тільки на підставі валового вмісту неможливо, оскільки токсична дія полутантів залежить від їх форм, ступеня окиснення елемента зі змінною валентністю, від форми закріплення металів мінеральними та органічними носіями (Водяницкий, 2005).

Синергізм, антагонізм та адитивність забруднень ґрунтової біогеосистеми. Ефекти антагонізму (послаблювача дії), синергізму (підсилювача дії) та адитивності (незалежна дія ефектів) відбуваються у ґрунтових екосистемах. У ґрунтах антагоністами є волога й повітря, низький показник рН та існування живих організмів, біогенні (необхідні рослинам) елементи й токсичні речовини. Антагонізм проявляється у ґрунтах і рослинах у випадках, коли вступають між собою у протиріччя різні явища, дії або живильні елементи. Наприклад, чим вище у ґрунті загальна концентрація солей, тим менш доступна рослинам вода; низька або висока вологість ґрунту створює нестачу у рослинах марганцю.

У життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів велике значення має явище антагонізму, що існує між окремими видами мікроскопічних істот та відіграє досить велику біологічну роль у самоочищенні ґрунту. Це відбувається непрямым шляхом: у середовищі накопичуються продукти життєдіяльності одних організмів, згубні для інших, наприклад, антибіотики мікромететів і гриби пригнічують багато бактерій, фітонциди багатьох рослин також володіють бактерицидними властивостями.

Явища синергізму також широко розвинені у природі. Кінцевим результатом синергетичних явищ у рослинах, крім урожаю в підвищених кількостях, є поліпшення фотосинтезу, обміну речовин, посилення нагромадження вітамінів і сухих речовин. Прикладом синергізму в ґрунті може стати вплив кореневих виділень рослин на мікроорганізми ґрунту, які, у свою чергу, впливають на колообіг елементів живлення в ґрунті, й отже, на кореневе живлення рослин.

Висвітлено теоретичні основи живлення рослин, які основані на взаємодії іонів рослин і ґрунтового розчину (Господаренко, 2015). Наприклад, за надмірного вмісту катіонів та аніонів у рослинні вони заважають проникненню в клітину інших іонів. Так, за високої концентрації іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} уповільнюється надходження іонів K^+ , Na^+ і навпаки. Поряд з антагонізмом відбуваються процеси синергізму: іони з протилежними зарядами здатні активізувати надходження в рослини один одного, наприклад іонів NH_4^+ і PO_4^{3-} , K^+ і SO_4^{2-} , Ca^{2+} і NO_3^- тощо. Якщо елементи доповнюють один одного, то це явище називають адитивністю іонів. Воно полягає в тому, що дія суміші елементів живлення в розчині дорівнює сумі

дій кожного окремого елемента. Завдяки адитивності іонів можна поліпшити умови мінерального живлення рослин без підвищення норм мінеральних добрив лише забезпечивши врівноваженість ґрунтового розчину. Поліпшення азотного живлення збільшує надходження в рослини фосфору, калію, кальцію, магнію, міді, заліза, мангану і цинку. Надмірне фосфорне живлення знижує надходження в рослини міді, заліза й мангану. Під дією калію скорочується надходження в рослини кальцію, магнію та деяких інших елементів.

Механізм адаптації біоти на всіх рівнях організації. Показник ГДК належить до нормативів санітарно-гігієнічного характеру та охоплює не тільки екологічну, а й виробничу, житлово-побутову сфери життя людини, та характеризує якість навколишнього середовища відносно здоров'я людини. Під ГДК розуміється така максимальна концентрація хімічних елементів і їх сполук у довкіллі, яка при повсякденному впливі протягом тривалого часу на організм людини не спричиняє патологічних змін або захворювань, що встановлюються сучасними методами досліджень у будь-які терміни життя теперішнього і наступного покоління. Отже позиція гігієністів зрозуміла – санітарно-гігієнічне нормування базується на антропоцентризмі, тобто зосереджено на встановленні нормативів якості довкілля, прийнятних для людини. Ґрунтова біота у такому разі залишається поза увагою. Т.М. Мислива відзначає, що *Homo sapiens* не є найбільш чутливим і вразливим серед біологічних видів, і принцип "Захищена людина – захищена біосфера" є невірним (Мислива, 2011). Реалізація біогеоценотичного підходу до ґрунтового покриву, як до складної поліфункціональної системи, дозволяє застосувати принцип ієрархічної організації біоти з виділенням організмів, популяційно-видового, біогеоценотичного та біосферного рівнів. Так, вважають (Олійник та ін, 2012):

Організмівий рівень представлений живими системами від одноклітинних до найвищих істот, вони є самостійними, універсальними, саморегульованими, самовідтворюваними системами. Їх найважливіша функція – розмноження.

Популяційно-видовий рівень. Поняття "біологічний вид" з екологічного погляду відповідає поняттю "популяція", оскільки кожен вид у природі існує як сукупність популяцій. Популяції живих істот – сукупність живих особин одного виду в межах певної території, де він розмножується і може практично необмежено довго існувати. Основна функція популяції – формування в певних екологічних умовах такого виду населення, яке за структурою і життєвими особливостями найбільше відповідає даному середовищу існування. Сукупність популяцій організмів різних видів, які співіснують у певній ділянці простору і взаємодіють між собою за допомогою структурних та функціональних зв'язків, називають біотичним угрупованням або біоценозом. Кожен біоценоз нерозривно пов'язаний з його абіотичним середовищем, утворюючи єдину систему – ґрунтоекосистему.

Біогеоценотичний (екосистемний) рівень. Включає ґрунтоекосистему всіх ступенів складності на рівні макроекосистем (ґрунтоекосистема окремого материка). Системи цього рівня являють собою безперервну сукупність монотонно змінних за природними зонами ґрунтових відмін, які є функціональною єдністю живих і неживих компонентів ґрунтового покриву та охоплені безперервним обміном речовиною, енергією та інформацією. Їх основна функція – забезпечення постійного матеріально-енергетичного обміну із зовнішнім середовищем і між компонентами ґрунтоекосистеми.

Біосферний (глобальний) рівень. Ґрунтовий покрив, як сукупність всіх ґрунтових екосистем планети, є складовим елементом глобальної екосистеми – біосфери. На біосферному (планетарному) рівні ґрунтоекосистеми забезпечують постійний функціональний зв'язок між живою та неживою природою, постійний рух речовини за біогеохімічними циклами і постійну трансформацію сонячної енергії у трофічних ланцюгах.

Адаптації ґрунтової біоти до зовнішніх умов на всіх рівнях організації слід розглядати за тривалістю, у результаті чого можна виділити декілька їх типів (Лихолат, 2013): 1) еволюційна адаптація – ґрунтується на утворенні нової генетичної інформації, яка, у свою чергу, визначає нові адаптивні фенотипічні ознаки. Формується протягом багатьох генерацій; 2) акліматизація – процеси пристосування до певних доз забруднювача, який відбувається впродовж життєвого циклу організму і триває від кількох годин до кількох місяців. Типовим прикладом є різноманітні сезонні зміни у рослин; 3) миттєва адаптація – це пристосувальні процеси, які відбуваються в організмі одразу після дії подразника; 4) компенсаторна адаптація – реакція організму, направлена на формування зворотних змін, спрямованих на відновлення до контрольного рівня його функціональних спроможностей.

Під час розробки нормативно-екологічних стандартів слід враховувати основні принципи адаптації біоти ґрунтового покриву, зумовлені його генотипом. Неваріабельні та короточасні зміни концентрації забруднювача у ґрунтовому покриві не призводять до істотних порушень фізіологічних функцій біоти, що зумовлено їх здатністю зберігати відносно стабільний стан за змінних умов зовнішнього середовища, тобто підтримувати гомеостаз. Однак різкі і тривалі впливи призводять до порушення системи регуляції, енергетичного обміну, сукупного зниження фізіологічних процесів, а під час критичних рівнів (стресорів) – до загибелі ґрунтової біоти.

Обговорення результатів концептуальних основ ґрунтової біогеосистеми. ГБ являє собою біокосне тіло, що володіє поліфазністю та складається з твердих (мінеральних і органічних) речовин, рідини і газів, та утворюється у верхньому шарі літосфери. Вона підкоряється законам біокліматичної зональності, має горизонтальне поширення і характеризується послідовними горизонтами у профілі. Сукупність процесів, які має задовольняти ГБ з метою забезпечення її поліфункціональності, залежить від просторового виміру в часовому еквіваленті динаміко-функціональних міграційних потоків літосфери, атмосфери, гідросфери і біосфери в цілому.

Принцип розумної достатності в отриманні життєвих благ у просторових і часових межах (обмеження по факторах екологічного, соціального і економічного ризику) є пріоритетним пріоритетом еколого-безпечного використання ґрунту. Саме тому практичні аспекти застосування концептуальних основ ґрунтової біогеосистеми мають спрямованість на:

- раціональне землекористування сільськогосподарських земель на засадах управління елементами живлення та закону оптимальності;
- моніторинг стану земель з метою відображення динаміки фізико-хімічних процесів ґрунту;
- вдосконалення методологічного апарату збереження і підвищення родючості ґрунту, рекультивативі порушених земель;
- підвищення рівня екологічної безпеки природних та антропогенно-модифікованих територій на засадах збалансованого техногенного навантаження;
- поліпшення експертної оцінки стану та якості антропогенно-змінених земель;

- прогноз медико-екологічних ризиків захворюваності населення залежно від критичних екологічних станів ґрунтів та надзвичайних ситуацій природного і техногенного походження;

- вдосконалення нормативно-правового забезпечення у сфері охорони і невиснажливого використання земельних територій.

Подальші перспективи дослідження концептуальних основ ГБ орієнтовані на вдосконалення методологічних підходів щодо об'єктно-орієнтованого аналізу процесів міграції забруднювачів ГБ відповідно до Концепції боротьби з деградацією земель та опустелюванням (розпорядження від 22.10.2014 № 1024).

Висновки. 1. Ґрунтово-географічне районування України підпорядковане закону горизонтальної зональності на рівнинах і висотної поясності в горах. Така особливість зумовлена чітким розподілом на території країни двох головних чинників – рослинності та кліматичних умов. Генетичне різноманіття типів ґрунтів України вирізняється строкатістю. Під час великомасштабного картування нараховано близько 650 видів ґрунтів. Складність ґрунтового покриву визначається як розмаїттям типології ґрунтів, так і різними сполученнями їх ґрунтових рангів.

2. Сучасний підхід до розуміння складності процесів, що реалізуються у ГБ, повинен базуватися на принципах поліфазності та поліфункціональності. Кожна фаза ґрунтового покриву в даній місцевості має свій власний уніфікований набір характеристик, сформованих у процесі еволюційного ґрунтоутворення. Функціональна динамічність ґрунтової біогеосистеми зумовлена впливом біосферних процесів у сукупності з антропогенним навантаженням.

3. Екологічне нормування потребує удосконалення з огляду на сукупність біогеохімічних процесів, які відбуваються у ґрунтовому покриві. На нашу думку, з метою вирішення окресленої проблеми, виникла необхідність створення інформативної оптимізаційної моделі ГБ на засадах досягнення рівноважного стану у соціально-еколого-економічній системі, головними компонентами якої виступають людина та ґрунт. Принципово інша стратегія потребує реалізації у випадку нормування техногенного навантаження на ГБ з орієнтуванням на екоцентризм натомість антропоцентризму. Увагу потрібно зосередити на адаптивному бар'єрі найвразливіших видів. Такий підхід спрямований на збереження біорізноманіття та людини як біологічного виду.

4. Адаптації біоти ГБ, зумовлені її генотипом. Різноманітність адаптаційних змін може бути спричинена тривалими еволюційними перетвореннями, миттєвими та більш тривалими компенсаторними адаптаціями, як результат реагування певного угруповання на зворотні зміни з метою забезпечення його функціональності. Неваріабельні та короткочасні зміни концентрації забруднювача у ґрунтовому покриві не призводять до істотних порушень фізіологічних функцій біоти.

Список використаних джерел

- Белицина, Г.Д., Васильевская, В.Д., Гришина Л.А. и др. (1988). Почвоведение. Ч. 1. Почва и почвообразование. Под ред. В.А. Ковда, Б.Г. Розанова. Москва: Высшая школа.
- Водяницкий, Ю.Н. (2005). Изучение тяжёлых металлов в почвах. Москва: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН.
- Господаренко, Г.М. (2015). Агрохімія. Київ: ТОВ "СІК ГРУП УКРАЇНА".
- Добровольский, Г.В., Никитин, Е.Д. (2012). Учение об экологических функциях почв. Москва: Изд-во МГУ.
- Лихолат, Ю.В. (2013). Конспект лекцій із курсу "Фізіологія адаптації рослин". Дніпро: РВВ ДНУ.
- Мислива, Т.М. (2011). Екологічне нормування важких металів та концептуальні засади його здійснення. *Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю*. Вінниця, 2, 523-527.

Назаренко, І.І., Польчина, В.А., Нікорич, С.М. (2004). Ґрунтознавство. Київ: Вища освіта.

Олійник, Я.Б., Шищенко, П.Г., Гавриленко, О.П. (2012). Основи екології. Київ: Знання.

Петрук, В.Г., Васильковський, І.В., Іващенко, В.А., Петрук, Р.В., Турчик, П.М. (2012). Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Частина 1. Нормування інгредієнтного забруднення. Вінниця: ВНТУ.

Полупан, М.І., Соловей, В.Б., Величко, В.А. (2008). Український прорив у вирішенні проблеми класифікації ґрунтів. *Вісник ХНАУ. Ґрунтознавство*, 4, 3-8.

Польовий, А.М., Гуцал, А.І., Дронова, О.О. (2013). Ґрунтознавство. Одеса: Екологія.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. (2006). Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 від 1.04.2006. Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. Отримано з <http://gostrf.com/normadata/1/4293850/4293850511.pdf>.

Соколов, И.А., Таргульян, В.О. (1976). Взаимодействие почв и среды: почва-память и почва-момент. В кн. Изучение и освоение природной среды. Москва: Наука, 150-164.

Andersson, A., Swed, J. (1976). Determination of ecologically significant fractions of some heavy metals in soils. *Swed. J. Agric. Res.*, 6, 1, 197-199.

Coleman, D.C., Crowsley, D.A.Jr. (2004). Fundamentals of Soil Ecology. (2nd ed.). Academic Press. Elsevier: ISBN 978-0121797263.

Duarte, A., Cachada, A., Rocha-Santos, T. (Eds.). (2017). Soil Pollution: From Monitoring to Remediation (1st ed.). Academic Press.

Schwarz, B., Barnes, A.D., Thakur, M.P. (2017). Warming alters energetic structure and function but not resilience of soil food webs. *Nature Climate Change*, 7, 895-900.

Wagg, C., Bender, S.F., Widmer, F., van der Heijden M.G.A. (2014). Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, (14). DOI: 10.1073/pnas.1320054111

References

Andersson, A., Swed, J. (1976). Determination of ecologically significant fractions of some heavy metals in soils. *Swed. J. Agric. Res.*, 6, 1, 197-199.

Belitsina, G.D., Vasil'evskaya, V.D., Grishina, L.A. et al. (1988). Pochvovedenie. P. 1. Pochva i pochvoobrazovanie. In V.A. Kovda, B.G. Rozanov Eds. Moscow: Vysshaya shkola. [in Russian]

Coleman, D.C., Crowsley, D.A.Jr. (2004). Fundamentals of Soil Ecology. (2nd ed.). Academic Press. Elsevier: ISBN 978-0121797263.

Dobrovolskiy, G.V., Nikitin, E.D. (2012). Uchenie ob ekologicheskikh funktsiyakh pochv. Moscow: Izd-vo MGU. [in Russian]

Duarte, A., Cachada, A., Rocha-Santos, T. (Eds.). (2017). Soil Pollution: From Monitoring to Remediation (1st ed.). Academic Press.

Hospodarenko, H.M. (2015). Ahrokhimiia. Kyiv: TOV. "SIK HRUP UKRAYNA". Retrieved from: <http://nmcbook.com.ua/wp-content/uploads/2017/11/NP-Ahrokhimiia.pdf> [in Ukrainian]

Lykholat, Yu.V. (2013). Konspekt lektсий iz kursu "Fiziologhiia adaptatsii roslin". Dnipro: RVV DNU. Retrieved from: http://library.dsu.dp.ua/Metodichki/fiziolog_adaptac.pdf [in Ukrainian]

Myslyva, T.M. (2011). Ekologichne normuvannya vazhkykh metaliv ta kontseptual'ni zasady yoho zdysnennia. *Proceedings of the IIIrd All-Ukrainian Congress of environmentalists with international participation*. Vinnytsia: VNTU, 523-527. [in Ukrainian]

Nazarenko, I.I., Polchyna, S.M., Nikorych, V.A. (2004). Hruntoznastvo. Kyiv: Vyscha osvita. [in Ukrainian]

Olijnyk, Ya.B., Shyschenko, P.H., Havrylenko O.P. (2012). Osnovy ekolohii. Kyiv: Znannia. [in Ukrainian]

Petrak, V.H., Vasylovskiy, I.V., Ivaschenko, V.A. et al. (2012). Normuvannya antropohennoho navantazhennia na navkolyshnie seredovysche. Part 1. Normuvannya inhdredientnoho zabrudnennia. Vinnytsia : VNTU. [in Ukrainian]

Poloviy, A.M., Hutsal, A.I., Dronova, O.O. (2013). Hruntoznastvo. Odessa: Ekolohiia. [in Ukrainian]

Polupan, M.I., Solovej, V.B., Velychko, V.A. (2008). Ukrains'kyj proryv u vyrishenni problemy klasyfikatsii gruntiv. *Visnyk KhNAU. Gruntoznastvo*, 4, 3-8. Retrieved from http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/V-Harkivskogo-NAU/V-Harkivskogo-NAU_grunt/2008-4/pdf/2008_04_01.pdf. [in Ukrainian]

Schwarz, B., Barnes, A.D., Thakur, M.P. (2017). Warming alters energetic structure and function but not resilience of soil food webs. *Nature Climate Change*, 7, 895-900.

Sokolov, I.A., Targul'yan, V.O. (1976). Vzaimodeystvie pochv i sredy: pochva-pamyat' i pochva-moment. In Izuchenie i osvoenie prirodnoy sredy, 150-164. [in Russian]

The maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil. (2006). Hygienic standards GN 2.1.7.2041-06 from 1-st April 2006. Moscow: Federal'nyy tsentr gigeny i epidemiologii Rospotrebnadzora. Retrieved from <http://gostrf.com/normadata/1/4293850/4293850511.pdf>. [in Russian]

Vodianyskiy, Yu.N. (2005). Izuchenie tyazhelykh metallov v pochvakh. Moscow: GNU Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchaeva RASKHN. [in Russian]

Wagg, C., Bender, S.F., Widmer, F., van der Heijden M.G.A. (2014). Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, (14). DOI: 10.1073/pnas.1320054111

S. Smyrnova, PhD (Geol.),
E-mail: smsmyrnova78@gmail.com,
Petro Mohyla Black Sea National University,
10 68 Marines Str., Mykolaiv, 54000, Ukraine;
V. Smyrnov, PhD (Geol.),
E-mail: vnsmirnov79@gmail.com;
R. Babushkina, PhD (Agri.),
E-mail: ruslanabab@ukr.net,
Kherson State Agrarian University,
23 Stretenskaya Str., Kherson, 73006, Ukraine

THE CONCEPT OF THE SOIL BIOGEOSYSTEM

The conceptual bases of the functional capacity of the soil biogeosystem (SB) are investigated, on which its composition and structure largely depend. Modern approach to understanding the complexity of the processes implemented in the soil cover should be based on the principle of polyfunctionality. The soil cover (in the sense of its length within the biosphere) is located at the intersection of the migration paths of the lithosphere, atmosphere, hydrosphere and biosphere as a whole, which determines its specific role in the complex system of geospheres and its polyfunctionality.

Soil heterogeneity has been analyzed (solid, liquid, gaseous, living phases). Each phase is separately characterized, which has its own unique set of characteristics, formed in the process of evolutionary soil formation and is unique throughout the length of landscapes.

Attention is focused on the diversity of the genetic nature of soils, which reflects their functional properties. The reflection of the genetic identity of soil, as a function of the environmental conditions of its formation, is the morphogenetic structure of the soil profile, which is formed in the process of soil formation.

The principle of polyfunctionality of the soil geological system is defined, which describes the totality of processes at the global (biospheric) and biogeocenotic levels. On the one hand (from a global position), the SB determines the evolutionary orientation of biota on Earth, provides a large and small circulation of substances, regulates the chemical composition of the accompanying geospheres (atmosphere, hydrosphere), acts as a bioproductivity factor of terrestrial ecosystems and a battery of non-biogenic substance and energy depot, with the other (from the biogeocenotic position) SB is characterized by a number of physical, chemical, biochemical, and physicochemical functional properties.

It has been established that the versatility of the processes that are implemented within the framework of the SB allows us to focus on the conceptual basis of a balanced anthropogenic load, and, consequently, on the preservation of biodiversity and humans as a biological species.

Keywords: soil cover, soil multifunctional, biogeocenotic functions of soil, soil heterogeneity, soil fertility, population-specific level, soil polyphase, biophase, migration, homeostasis.

С. Смирнова, канд. геол. наук, доц. (бвз),
E-mail: smsmyrnova78@gmail.com,
Черноморский национальный университет им. Петра Могилы,
ул. 68 Десантников, 10, г. Николаев, 54003, Украина;
В. Смирнов, канд. геол. наук, доц. (бвз),
E-mail: vnsmirnov79@gmail.com;
Р. Бабушкина, канд. с.-х. наук, доц.,
E-mail: ruslanabab@ukr.net,
Херсонский государственный аграрный университет,
ул. Сретенская, 23, г. Херсон, 73006, Украина

КОНЦЕПЦИЯ ПОЧВЕННОЙ БИОГЕОСИСТЕМЫ

Исследованы концептуальные основы функциональной способности почвенной биогееосистемы (ПБ), которые во многом определяют её состав и структуру. Современный подход к пониманию сложности процессов, реализуемых в почвенном покрове, должен базироваться на принципе полифункциональности. Почвенный покров (в смысле его протяженности в пределах биосферы) находится на пересечении путей миграции литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы в целом, что обуславливает его специфическую роль в сложной системе геосфер, его полифункциональность.

Проанализирована гетерогенность почвы (твёрдая, жидкая, газообразная, живая фаза). Охарактеризована отдельно каждая фаза, имеющая свой собственный уникальный и неповторимый набор характеристик, сформированный в процессе эволюционного почвообразования.

Акцентируется внимание на пестроту и разнообразие генетической природы почвы, которая отображает их функциональные свойства. Отражением генетической принадлежности почвы, как функции экологических условий ее формирования, является морфогенетическое строение профиля почвы, который сформирован в процессе почвообразования.

Определен принцип полифункциональности ПБ, который описывает совокупность процессов на глобальном (биосферном) и биогееоценоотическом уровнях. С одной стороны (с глобальной позиции), ПБ определяет эволюционную направленность биоты на Земле, обеспечивает большой и малый круговорот веществ, регулирует химический состав сопутствующих геосфер (атмосферы, гидросферы), выступает фактором биопродуктивности наземных экосистем и аккумулятором небиогенного вещества и депо энергии, с другой (с биогееоценоотической позиции) - ПБ характеризуется рядом физических, химических, биохимических, физико-химических функциональных свойств.

Установлено, что многогранность процессов, которые реализуются в рамках ПБ, позволяет сосредоточиться на концептуальных основах сбалансированной техногенной нагрузки, а, следовательно, на сохранении биоразнообразия и человека как биологического вида.

Ключевые слова: почвенный покров, полифункциональность почвы, биогееоценоотические функции почвы, гетерогенность почвы, плодородие почвы, популяционно-видовой уровень, полифазность почвенного покрова, биофаза, миграция, гомеостаз.

УДК 556.166

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.13>

О. Ободовський, д-р геогр. наук, проф.,

E-mail: obodovskiy58@gmail.com;

О. Лук'янець, канд. геогр. наук, доц.,

E-mail: luko@ukr.net;

О. Почаєвець, пров. інж.,

E-mail: po4aevets@gmail.com;

С. Москаленко, канд. геогр. наук,

E-mail: stas_univer@ukr.net;

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
Географічний факультет, пр. Акад. Глушкова, 2, Київ, 02000, Україна

БАГАТОРІЧНА МІНЛИВІСТЬ АБСОЛЮТНИХ РІЧНИХ МІНІМУМІВ СТОКУ ВОДИ РІЧОК УКРАЇНИ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. О.Є. Кошляковим)

Актуальними є дослідження мінливості мінімального стоку води, який належить до екстремальних режимних характеристик водноносності річок у періоди меженей. Така інформація представляє, у загальному випадку, лімітуючі критерії щодо водоспоживання, водокористування та охорони водних ресурсів від забруднення і виснаження, а іноді – це показники небезпечності і катастрофічності, зокрема у періоди тривалих посух. Особливо це важливо в умовах сучасних кліматичних змін, в яких суттєво підвищується ймовірність настання екстремальних гідрологічних явищ. Для оцінки багаторічної мінливості абсолютних річних мінімумів стоку води річок України сформовано вибірки мінімальних середньодобових витрат води за окремі роки з 294 гідрометричних постів з 1947 р. до 2015 р. включно та використано методи статистичної обробки випадкових величин (для визначення норм стоку, коефіцієнтів варіації та асиметрії) та випадкових функцій (для побудови інтегральних різницеєвих кривих). В основу дослідження просторових закономірностей змін абсолютних мінімумів стоку води річок України взято "Схему гідрографічного районування території України", де територія України поділяється на гідрографічні одиниці – дев'ять районів річкових басейнів та дев'ять суббасейнів. Абсолютні річні мінімуми стоку води річок на території України фіксуються у періоди літньо-осінньої чи зимової межени. Високі значення норм мінімальних за рік модулів стоку води спостерігаються на річках Карпатського регіону і змінюються від $8,7 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$ на гірських річках з невеликими площами водозборів до $0,9 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$ на річках з більшими водозборами, які виходять з гірських та передгірних ділянок протікання на рівнинні. На річках Криму абсолютні річні мінімуми модулів стоку води у переважній більшості змінюються від 0,0 до $1,8 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$. Щодо рівнинних річкових басейнів, то для річок басейну Вісли, суббасейнів Прип'яті та Десни, лівобережної частини річкового басейну Дністра діапазон норм мінімальних за рік модулів стоку води становить $0,20 \div 2,9 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$. Південніше від зазначених рівнинних річкових басейнів діапазони поступово зменшуються: на річках суббасейну Середнього Дніпра – $0,19 \div 1,19 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, суббасейну Нижнього Дніпра – $0,04 \div 0,42 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, басейну Південного Бугу – $0,09 \div 1,75 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, а у басейні річок Причорномор'я – $0,0 \div 0,001 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$. Для річкових басейнів рівнинної частини України варіація річних мінімумів знаходиться у межах $0,30 \div 2,83$, меншим є діапазон мінливості для річок Карпатського регіону – $0,20 \div 0,90$. Коефіцієнти асиметрії мінімального за рік стоку води річок для всієї території України мають діапазони від від'ємних $-0,11 \div -2,01$ до додатних значень $1,30 \div 6,4$. Щодо багаторічної мінливості абсолютних річних мінімумів стоку води річок України, то аналіз узагальнених різницеєвих інтегральних кривих для всієї сукупності річок у межах басейнів та суббасейнів гідрографічного районування України показав, що в границях періоду спільних спостережень з 1947 по 2015 р. циклічні складові проявляються у тривалому періоді зменшення їх величин до 1968–1974 рр., потім спостерігається їх збільшення, а на сучасному відрізку часу після 2006–2010 рр. помітна тенденція до зменшення.

Ключові слова: річки України, гідрографічне районування України, межень, мінімальний стік води, абсолютні річні мінімуми, статистичні параметри розподілу, різницеєві інтегральні криві, мінливість мінімального стоку води.

Постановка проблеми. Водний режим річок, який визначає ритміку надходження води в річки з поверхні їх басейнів, не залишається постійним, він схильний до помітних змін як у межах окремих років, так й багаторічному розрізі. Екстремальні витрати води належать до найважливіших режимних характеристик водноносності річкового стоку. Це, насамперед, максимальні витрати води, що сформовані в періоди проходження водопілля, паводків та мінімальні – у період меженей. Стік води в меженний період формується переважно підземними водами, і у цей час спостерігаються мінімальні витрати води. Розділяють миттєві, середньодобові, 30-денні мінімуми та ін. Інформація про мінімальний стік води річок, у загальному випадку, є лімітуючим критерієм у питаннях водоспоживання, водокористування водних ресурсів та їх охорони від забруднення і виснаження, а іноді небезпечним і катастрофічним – в періоди тривалих посух. Дослідження мінімального стоку та його багаторічної мінливості має важливе практичне значення при різних видах гідрологічних розрахунків та водогосподарського проектування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Достатньо повний аналітичний огляд історії досліджень (майже за століття) меженного та мінімального стоку води річок окремих річкових басейнів та України в цілому, а також результати досліджень закордонних вчених подано у роботі В.В. Жовнір та В.В. Гребеня (Жовнір та Гребень, 2018). Перші узагальнення низьких і найменших витрат води, мінімального стоку по території Європейської частини СРСР були зроблені у 20–30-х роках

минулого сторіччя (Кочерин, 1929; Сибирцева, 1937). Пізніше, у 50–70-х роках, ґрунтовний внесок у дослідження мінімального стоку річок України зробили К.А. Лисенко, Г.О. Чіппінг (Чіппінг та Лисенко, 1959; Лисенко, 1965; Лисенко, 1976). У цей же період (протягом 1966–1971 рр.) видаються випуски "Ресурсів поверхневих вод СРСР", в яких наведено детальні характеристики меженного і мінімального стоку річок України (Айзенберг і Каганер, 1966; Каганер, 1967, 1969, 1971). Треба відзначити, що на той час ряди спостережень за мінімальним стоком були короткими, у переважній більшості – 20–25 років. З плином часу дані гідрометричних спостережень накопичувалися, тим самим збільшувалися статистичні послідовності даних про водний стік річок, що сприяло більш ретельним його дослідженням, обґрунтованим розрахункам та висновкам. У сучасний період досліджень мінімального стоку води річок України можна відмітити наукові праці В.І. Вишневецького, О.О. Косовця (Вишневецький, 2000; Вишневецький та Косовець, 2003), монографію В.В. Гребеня (Гребень, 2010), низку публікацій, де розглядаються характеристики мінімального стоку окремих річок чи окремих річкових басейнів України (Чорноморець та Гребень 2002; Соловей, 2003; Лобода, 2004; Хільчевський та ін., 2007; Лобода та ін., 2011; Божок, 2015; Ободовський та ін., 2016; Ободовський та ін., 2018).

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. За наявності достатньої кількості публікацій стосовно вивчення меженного та мінімального стоку

води річок України, немає узагальнень просторових особливостей зміни характеристик мінімального стоку води в межах всієї країни, співвідношень мінімального та середнього річного стоку води річок. Також мало уваги приділено оцінці міжрічної мінливості мінімального стоку води річок України загалом, опису тенденцій його минулих та сучасних часових змін.

Постановка завдання. Мета даного дослідження – оцінка абсолютних річних мінімумів стоку води річок України та їх багаторічної мінливості у межах річкових басейнів відповідно Гідрографічному районуванню України. Для цього сформовано вибірки мінімальних середньодобових витрат води за окремі роки (тобто послідовності абсолютних річних мінімумів стоку води річок) від початку спостережень до 2015 р. включно, з 294 гідрометричних постів. Така фактографічна база даних створена за матеріалами спостережень Державної гідрометеорологічної служби ДСНС України.

У межах України періоди спостережень за стоком води річок більше 70 років мають близько 20 % гідрологічних постів, у межах 50÷70 років – 63 %. Отже, 83 % гідрологічних постів мають періоди спостережень ≥ 50 років і лише 17 % мають період спостережень ≤ 50 років.

В основу дослідження просторових закономірностей зміни абсолютних мінімумів стоку води в річках України взято "Схему гідрографічного районування території України", яка розроблена у 2013 р. За нею територія України поділяється на гідрографічні одиниці – дев'ять районів річкових басейнів та дев'ять суббасейнів (*Гребінь та ін.*, 2013). Гідрографічне районування території України виконано відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу з метою розробки планів інтегрованого управління річковими басейнами (*Водна Рамкова Директива ЄС...*, 2006; *Хільчевський та Гребінь*, 2017).

Виклад основного матеріалу дослідження. Зміна середнього багаторічного стоку води річок у межах території підкоряється певним закономірностям, в основному географічної зональності (широтної чи висотної). Глибина залягання підземних вод, як правило, збільшується від зон надлишкового, достатнього зволоження до зон недостатнього. У тому же напрямку зменшується водність межені, а отже, знижуються й мінімальні витрати води аж до повного зникнення.

Для виконання поставленої мети, а саме, оцінки абсолютних річних мінімумів стоку води річок України та їх багаторічної мінливості авторами використано методи статистичної обробки випадкових величин (для визначення параметрів розподілу – норм стоку води, коефіцієнтів варіації та асиметрії) та випадкових функцій (для побудови інтегральних різницевоїх кривих), а також статистичний аналіз залежності між гідрологічними змінними (*Рождественский и Чеботарев*, 1974; *Сикан*, 2007).

Норма абсолютних річних мінімумів стоку води річок визначалася як

$$\bar{Q}_n = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{n} = n^{-1} \cdot \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (1)$$

де $Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$ – значення стоку води річки за окремі роки; n – кількість років спостережень.

Мірою багаторічної мінливості стокової характеристики річок є параметри її розподілу – коефіцієнти варіації C_V і асиметрії C_S , які розраховуються за формулами:

$$C_V = \sqrt{n^{-1} \cdot \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}, \quad (2)$$

$$C_S = n^{-1} \cdot C_V^{-3} \cdot \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3, \quad (3)$$

де $k_i = Q_i / \bar{Q}$ – модульні коефіцієнти значень змінної величини.

У табл. 1 подано діапазони норм мінімальних за рік витрат води ($\bar{Q}_{\min}$, $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$) та модулів стоку води ($\bar{M}_{\min}$, $\text{л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$) річок, показників їх мінливості C_V та C_S у межах річкових басейнів та суббасейнів за схемою Гідрографічного районування України, а також найменші значення мінімального річного модуля стоку води, які зафіксовано за періоди спостережень на річках.

Високі значення норм мінімальних за рік модулів стоку води спостерігаються на річках Карпатського регіону в межах суббасейнів Тиси, Пруту і Сірету та правобережної частини річкового басейну Дністра (табл. 1). У зазначених річкових басейнах мінімальні за рік модулі стоку води змінюються від $8,7 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$ на гірських річках з невеликими площами водозборів до $0,9 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$ на річках з більшими водозборами, які виходять з гірських та передгірних ділянок протікання на рівнині (табл. 1).

Широким діапазоном абсолютних мінімальних за рік модулів стоку води характеризується й басейн річок Криму – $0,0 \div 11,3 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$ (табл. 1), хоча такий високий мінімальний стік води у $11,3 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$ за даним багаторічних спостережень зафіксовано лише на р. Біюк-Карасу – с. Карасівка (площа водозбору $F = 7,10 \text{ км}^2$). Здебільшого абсолютні річні мінімуми модулів стоку води на річках Криму змінюються від $0,0$ до $1,8 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$.

Щодо рівнинних річкових басейнів, то для річок басейну Вісли (Західного Бугу та Сяну), суббасейнів Прип'яті та Десни, басейну Дніпра, лівобережної частини річкового басейну Дністра діапазони норм мінімальних за рік модулів стоку води порівняно з іншими рівнинними річковими басейнами досліджуваної території є високими – $0,20 \div 2,9 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$ (табл. 1). Південніше від зазначених рівнинних річкових басейнів діапазони норм мінімальних за рік модулів стоку води поступово зменшуються: на річках суббасейну Середнього Дніпра змінюються у межах $0,19 \div 1,19 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, суббасейну Нижнього Дніпра – $0,04 \div 0,42 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, басейну Південного Бугу – $0,09 \div 1,75 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$. У басейні річок Причорномор'я мінімальні річні модулі стоку води річок дорівнюють $0,0 \div 0,001 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, нерідко ці річки – періодичні водотоки, які у маловодні роки протягом декількох місяців пересихають.

На загальному фоні зменшення на рівнинній території України діапазонів норм мінімальних за рік модулів стоку води дещо виділяються басейн річок Приазов'я, у межах якого мінімальні річні модулі стоку води річок дорівнюють $0,15 \div 6,46 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, та річки басейну Дону – $0,09 \div 2,15 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, що течуть із Донецького кряжу та Приазовської височини (табл. 1).

Здебільшого для річкових басейнів рівнинної частини України коефіцієнти варіації абсолютних річних мінімумів змінюються від $0,30$ до $2,83$. Меншим є діапазон мінливості мінімального за рік стоку води для річок Карпатського регіону в межах суббасейнів Тиси, Пруту і Сірету та правобережної частини річкового басейну Дністра – $0,20 \div 0,90$. Найбільш високе значення коефіцієнта варіації фіксується у басейні річок Криму – $6,56$. Це пояснюється тим, що найменші за період спостережень абсолютні мінімальні модулі стоку на більш ніж 50 % річок дорівнюють $0,0 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$. Коефіцієнти асиметрії мінімального за рік стоку води для всієї території України мають діапазони від від'ємних $-0,11 \div -2,01$ до додатних значень $1,30 \div 6,4$, тобто для рядів мінімального річного стоку характерними є як симетричні, так і помірно-асиметричні і вкрай асиметричний розподіл.

Таблиця 1

Характеристики абсолютних річних мінімумів стоку води річок України та параметри їх мінливості за даними гідрометричних спостережень (від їх початку по 2015 р. включно)

Річкові басейни та суббасейни відповідно до гідрографічного районування України	Діапазони		коефіцієнтів варіації C_v	коефіцієнтів асиметрії C_s	Найменший за період спостережень абсолютний мінімальний модуль стоку, $л \cdot с^{-1} \cdot км^{-2}$
	норм абсолютних річних мінімумів стоку води річок у витратах води $\bar{Q}_{\min}$, $м^3 \cdot с^{-1}$	у модулях стоку $\bar{M}_{\min}$, $л \cdot с^{-1} \cdot км^{-2}$			
I. Річковий басейн Вісли (Західного Бугу та Сяну)	0,09÷11,1	0,78÷6,82	0,38÷0,85	-0,54÷3,32	0,02 (р. Свиня – м. Жовква)
II. Річковий басейн Дунаю					
Суббасейн Тиси	0,05÷44,8	0,93÷8,69	0,32÷0,66	0,08÷1,33	0,07 (р. Стара – с. Зняцьово)
Суббасейн Пруту і Сірету	0,05÷10,6	1,53÷6,62	0,37÷0,66	-0,17÷2,68	0,17 (р. Путила – смт Путила)
III. Річковий Басейн Дністра					
лівобережжя	0,02÷5,0	0,11÷2,97	0,29÷1,09	-0,21÷2,24	0,01 (р. Мурафа – с. Кудіївці)
правобережжя	0,25÷90,9	0,93÷5,52	0,19÷0,92	-0,34÷2,64	0,06 (р. Дністер – м. Самбір)
IV. Річковий басейн Південного Бугу	0,05÷8,9	0,09÷1,75	0,31÷1,38	0,22÷2,62	0,00 (р. Мертвовід – с. Крива Пустош, р. Савранка – с. Осички, р. Кодима – с. Катеринка)
V. Річковий басейн Дніпра					
суббасейн Прип'яті	0,12÷17,7	0,19÷2,83	0,29÷1,26	-0,43÷4,00	0,004 (р. Вижівка – с. Стара Вижівка)
суббасейн Десни	1,00÷151	0,79÷2,21	0,25÷2,83	-0,11÷4,87	0,08 (р. Івотка – с. Івот)
суббасейн Середнього Дніпра	0,04÷12,9	0,19÷1,19	0,33÷1,71	-0,41÷2,82	0,001 (р. Удай – с. Прилуки)
суббасейн Нижнього Дніпра	0,09÷2,4	0,04÷0,42	0,58÷1,72	0,08÷3,59	0,01 (р. Мала Терса – с. Троїцьке, р. Гайчур – с. Андріївка)
VI. Басейн Річок Причорномор'я	0,0	0,0	-	-	0,00
VII. Річковий басейн Дону	0,08÷47,7	0,09÷2,15	0,29÷1,17	-2,01÷4,32	0,000-0,002 (р. Лопань – смт Козача Лопань, р. Сухий Торець – смт Черкаське, р. Айдар – смт Білолуцьк)
VIII. Басейн річок Приазов'я	0,05÷5,1	0,15÷6,46	0,32÷0,97	-0,34÷2,15	0,00 (р. Молочна – м. Токмак, р. Обитічна – м. Приморськ, р. Берда – с. Осипенко)
IX. Басейн річок Криму	0,00÷0,51	0,00÷11,3	0,37÷6,56	0,08÷6,4	0,0 (більш ніж на 50 % річок)

Для порівняння абсолютних річних мінімумів та середнього річного стоку води річок побудовано залежності між ними (рис. 1–3). Виявилося, що апроксимація таких зв'язків у межах районів басейнів та суббасейнів відповідно до гідрографічного районування України дуже висока, переважно коефіцієнти апроксимації $R^2=0,85\div0,99$, лише для басейну річок Криму $R^2=0,34$.

Якщо порівнювати норми річних абсолютних мінімумів та середній річний стік води у витратах води, то для річок Карпатського регіону в межах суббасейнів Тиси, Пруту і Сірету значення середніх річних витрат води в середньому у 5–7 разів більше значень їх абсолютних річних мінімумів, а для гірських річок Криму – майже в 10 разів. Для річкового басейну Дністра, як для гірської (правобережної), так й для рівнинної (лівобережної) його частин – у 3,0–3,3 раза. Для рівнинних річкових басейнів значення середніх річних витрат води порівняно із середнім річним мінімумом на річках басейну Вісли (Західного Бугу та Сяну), суббасейнів Прип'яті та Десни (басейну Дніпра) вище у середньому в 2,0–2,5 раза, на річках суббасейну Середнього Дніпра та басейну Південного Бугу – в середньому в 3,8–4,2 раза, на річках суббасейну Нижнього Дніпра – у 8,0 разів, для річкових басейнів Дону, Приазов'я – у середньому в 2,5–3,0 рази. Виявлені співвідношення між середнім річним стоком води річок та їх абсолютними річними мінімумами добре

відповідають фізико-географічним умовам їх формування, ступеню зволоженості водозборів, глибині залягання підземних вод та водно-балансовим співвідношенням у межах річкових басейнів та суббасейнів відповідно до гідрографічного районування України.

Поширеним способом для виявлення багаторічної мінливості будь-яких характеристик річкового стоку води, тобто тенденцій до групування років з відносно великими та малими їх значеннями, які зумовлені внутрішньорядною скорельованістю або наявністю циклічного тренду, є графічний аналіз різницевої інтегральної кривої, ординати функції якої визначаються за формулою

$$S_i = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(k_i - 1)}{C_v}, \quad (4)$$

де k_i – модульний коефіцієнт значень характеристик стоку води, який дорівнює відношенню $Q_i / \bar{Q}$, при цьому $\bar{Q}$ – середнє арифметичне всього ряду $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$, C_v – коефіцієнт варіації членів досліджуваного ряду, S_i – крива накопичення стандартного перетворення значень характеристик річкового стоку води (Рождественский и Чеботарев, 1974; Сукан, 2007).

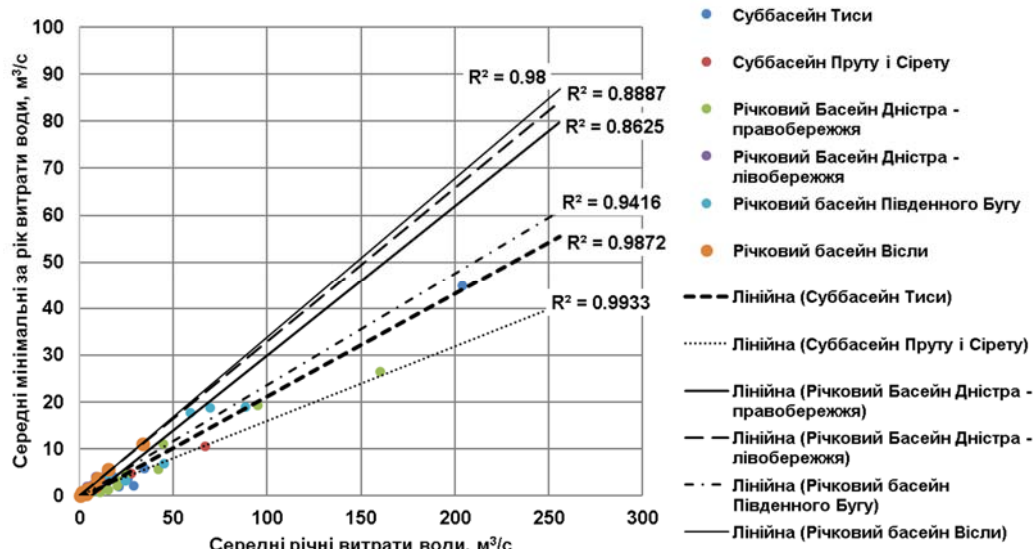


Рис. 1. Залежність норм абсолютних річних мінімумів від середніх річних витрат води річок у річкових басейнах Вісли, Дунаю (суббасейни Тиси, Пруту і Сірету), Дністра, Південного Бугу

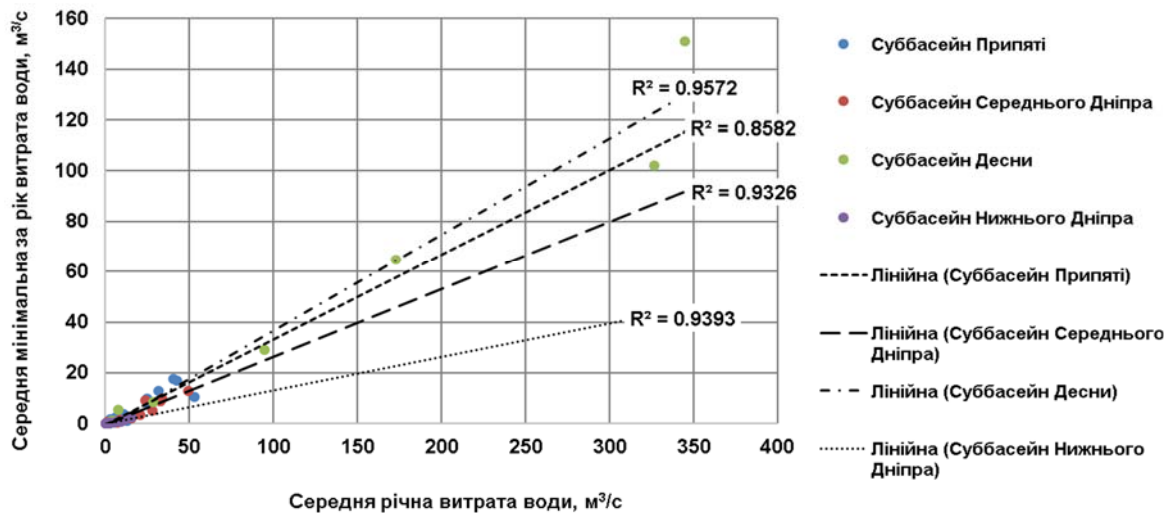


Рис. 2. Залежність норм абсолютних річних мінімумів від середніх річних витрат води річок у річкових басейнах Дніпра (суббасейни Прип'яті, Десни, Середнього та Нижнього Дніпра)

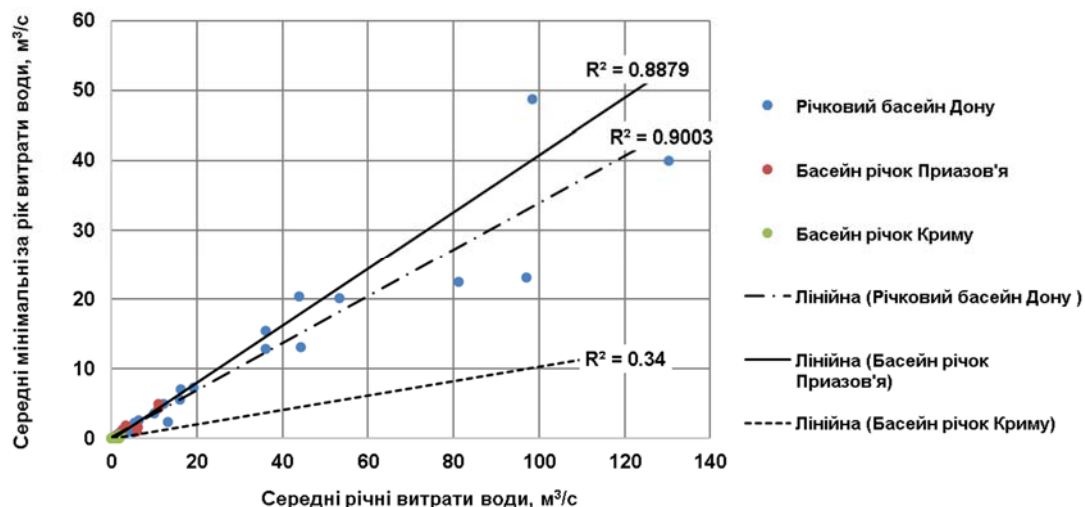


Рис. 3. Залежність норм абсолютних річних мінімумів від середніх річних витрат води річок у річкових басейнах Дону, Приазов'я та Криму

Позитивна наростаюча сума відхилень S_i означає середнє зростання значень характеристик річкового стоку води, негативна спадна сума S_i характеризує середнє зменшення стоку води. Позитивна наростаюча разом з негативною спадною сумою утворюють повний цикл водності досліджуваної стокової характеристики.

Для аналізу мінливості абсолютних річних мінімумів у межах України за різницевиими інтегральними кривими, спочатку було розраховано їх ординати для всіх річок, на яких ведуться спостереження за стоком води і які протікають усередині річкових басейнів та суббасейнів відповідно до гідрографічного районування України. Потім

різницеви інтегральні криві часових послідовностей абсолютних річних мінімумів стоку води окремих річок у межах досліджуваних річкових басейнів та суббасейнів було узагальнено (рис. 4).

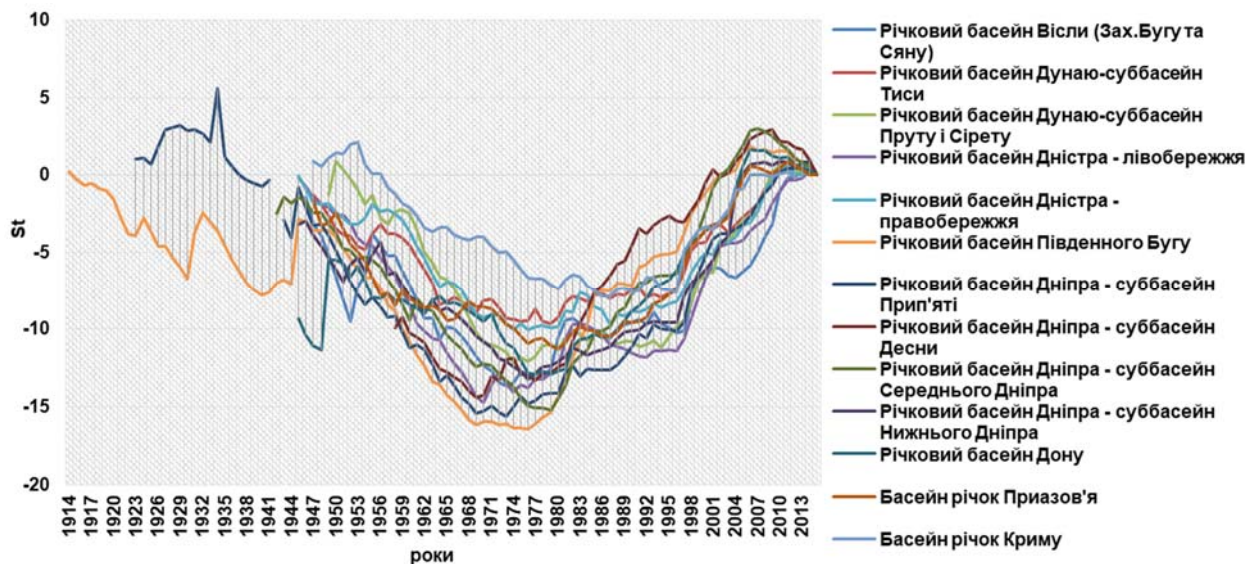


Рис. 4. Узагальнені різницеви інтегральні криві мінімального річного стоку води річок у межах річкових басейнів та суббасейнів за гідрографічним районуванням України

У мінімальному річному стоці води у межах спільного періоду спостережень з 1947 по 2015 р. для всіх річкових басейнів та суббасейнів – як для рівнинних, так і гірських – спостерігається майже синхронні періодичності (рис. 4). Як бачимо, коридор коливань таких періодичностей для всіх річкових басейнів та суббасейнів України у цілому проявляється у тривалому періоді зменшення величин абсолютних річних мінімумів стоку води на річках України до 1968–1974 рр., потім спостерігається їх збільшення і на сучасному відрізку часу – після 2006–2010 рр. – помітна тенденція до зменшення.

Висновки. Для річок рівнинних річкових басейнів, а саме для річок басейну Вісли, суббасейнів Прип'яті та Десни, лівобережної частини річкового басейну Дністра діапазон норм абсолютних річних мінімальних модулів стоку води сягає $0,20 \pm 2,9 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$. Південніше ці діапазони поступово зменшуються: на річках суббасейну Середнього Дніпра $0,19 \pm 1,19 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, суббасейну Нижнього Дніпра $0,04 \pm 0,42 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, басейну Південного Бугу $0,09 \pm 1,75 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, а у басейні річок Причорномор'я $0,0 \pm 0,001 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$. Коефіцієнти варіації абсолютних річних мінімумів для річкових басейнів рівнинної частини України знаходяться у межах $0,30 \pm 1,70$.

Більш високі значення норм абсолютних річних мінімумів стоку води серед річок України спостерігається на річках Карпатського регіону, що відповідає відповідно до гідрографічного районування України суббасейнам Тиси, Пруту і Сирету та правобережжю Дністра. На цих територіях вони змінюються від $8,7 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$ на невеликих за площею гірських річках до $0,9 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$ на передгірних річках з більшими водозбірними площами. Міжрічна зміна абсолютних річних мінімумів стоку води тут відрізняється меншим діапазоном мінливості – коефіцієнти варіації в межах $0,20 \pm 0,90$.

Коефіцієнти асиметрії річних мінімумів стоку води річок для всієї території України мають діапазони від від'ємних $-0,11 \pm -2,01$ до додатних значень $-1,30 \pm 6,4$.

Аналіз узагальнених різницеви інтегральних кривих часових рядів абсолютних річних мінімумів стоку води

для всієї сукупності річок у межах басейнів та суббасейнів гідрографічного районування України показав, що в їх структурі присутні періодичності, які являють собою послідовну зміну в часі досліджуваної стокової характеристики з відносно великими та малими їх значеннями. З 1947 р. (початок масових спостережень) фіксується зменшення величин абсолютних річних мінімумів стоку води на річках України в період 1968–1974 рр., далі за хронологією – збільшення їх величин у період 2006–2010 р. У сучасний період спостерігається спадна тенденція. Але виділити повний цикл з повними фазами зменшення та збільшення абсолютних річних мінімумів стоку води для всієї сукупності річок з прив'язкою до конкретних календарних років не має можливості, що зумовлено недостатньою довжиною рядів гідрологічних спостережень на річках.

Перспектива подальшого дослідження полягає в оцінці просторового розподілу абсолютних річних мінімумів стоку води річок у цілому для всієї території України з виділенням його регіональних та сезонних особливостей, у дослідженні умов формування мінімального стоку води річок у сучасний період глобальних та регіональних кліматичних змін та з розвитком антропогенної діяльності на водних об'єктах.

Список використаних джерел

- Айзенберг, М.М., Каганер, М.С. (Ред.) (1966). Ресурси поверхневих вод СРСР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 4. Крым. Ленинград: Гидрометеиздат.
- Божок, Ю. В. (2015). Річний та меженний стік річок Північно-Західного Причорномор'я в умовах змін клімату. Автореф. дис... канд. геогр. наук: 11.00.07. Одеса.
- Вишневський, В.І. (2000). Річки і водойми України. Стан і використання. Київ: Віпол.
- Вишневський, В.І., Косовець, О.О. (2003). Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-центр.
- Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС (2006). *Основні терміни та їх визначення: вид. офіційне*. Київ: Твій формат.
- Гребін, В.В. (2010). Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ: Ніка-центр.
- Гребін, В.В., Мокін, В.Б., Сташук, В.А., Хільчевський, В.К., Яцюк, М.В., Чунарьов, О.В., Крижановський, Є.М., Бабчук, В.С., Ярошевич, О.Є. (2013). Методики гідрографічного та водогосподарського районування

території України відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу. Київ: Інтерпрес ЛТД.

Жовнір, В.В., Гребін, В.В. (2018). Аналітичний огляд досліджень мінімального стоку води. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 1 (48), 16-24.

Каганер, М.С. (Ред.) (1967). Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 3. Бассейн Северского Донца и реки Приазовья. Ленинград: Гидрометеиздат.

Каганер, М.С. (Ред.) (1969). Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 1. Западная Украина и Молдавия. Ленинград: Гидрометеиздат.

Каганер, М.С. (Ред.) (1971) Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 2. Среднее и нижнее Поднепровье. Ленинград: Гидрометеиздат.

Кочерин, Д.И. (1929). Низкие и наименьшие расходы воды на территории Европейской части СССР. *Труды Московского института инженеров транспорта*, XI.

Лобода, Н.С. (2004). Расчеты минимального стока зимней межени Верхнего Днестра на основе метода множественной регрессии. *Метеорология, климатология та гідрологія*, 48, 468-472.

Лобода, Н.С. (2011). Оцінка характеристик посушливості Закарпаття в сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2(23), 49-56.

Лысенко, К. А. (1965). Минимальный сток рек Украины и Молдавии. *Тр. УкрНИГМИ*, 64, 143-154.

Лысенко, К. А. (1965). Подземный сток Украины. *Тр. Укр. НИГМИ*, 50, 75 -108.

Лысенко, К. А. (1976). Минимальный сток рек малых рек Карпат и его расчеты. *Тр. Укр. НИГМИ*, 149, 130-141.

Ободовський, О.Г., Почаєвцев, О.О., Заварзін, М.А. (2016). Оцінка зв'язків мінімального та середнього стоку води річок Українських Карпат. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2(49), 6-15.

Ободовський, О.Г., Сурай, К.С., Почаєвцев, О.О. (2018). Оцінка мінімального стоку води річок суббасейну Ужа (басейн річки Тиса). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2(49), 6-15.

Рождественский, А.В., Чеботарев, А.И. (1974). Статистические методы в гидрологии. Ленинград: Гидрометеиздат.

Сибирцева, Л.А. (1937). Минимальный сток и его распределение на Европейской части СССР. *Исследования рек СССР*, 10.

Сикан, А.В. (2007). Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Санкт-Петербург: изд. РГГМУ.

Соловей, Т.В. (2003). Характеристика минимального стоку річок басейну Прута. *Тези доп. II Всеукр. наук. конф. "Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія"*. Київ: Ніка-Центр, 76-77.

Хильчевский, В.К. (Ред.) (2007). Гидролого-гидрохимическая характеристика минимального стоку річок басейну. Київ: Ніка-Центр.

Хильчевский, В.К., Гребін, В.В. (2017). Гидрографические та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 р. – реалізація положень ВРД ЄС. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 1(41), 8-20.

Чіппінг, Г.О., Лисенко, К.А. (1959). Річний та мінімальний стік на території України. Київ: Вид-во АН УРСР.

Черноморець, Ю.О. (2002). Характеристика меженного стоку річок Закарпаття. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 4, 115-119.

References

Ajzenberga, M.M., Kaganer, M.S. (Eds.). (1966). Resursy poverhnostnykh vod SSSR. T.6. Ukraina i Moldavija. Vyp. 4. Krym. Leningrad: Gidrometeizdat. [in Russian]

Bozhok, Yu. V. (2015). Rіchnyi ta mezhenniy stіk rіchok Pivnichno-Zakhidnoho Prychomoria v umovakh zmin klimatu. Avtoref. dys. ... kand. heohr. nauk: 11.00.07. Odesa. [in Ukrainian]

Chippin, H.O., Lysenko, K.A. (1959). Rіchnyi ta minimalnyi stіk na terytorii Ukrainy. Kyiv: Vyd-vo AN URSR. [in Ukrainian]

Chomomoret, Yu.O. (2002). Kharakterystyka mezhennogo stoku rіchok Zakarpattia. *Hidrologiia, hidrokhimiia i hidro ekologiia*, 4, 115-119. [in Ukrainian]

Hrebin, V.V. (2010). Suchasnyi vodnyi rezhym rіchok Ukrainy (landshaftno-hidrolohiichnyi analiz). Kyiv: Nika-Tsentr. [in Ukrainian]

Hrebin, V.V., Mokin, V.B., Stashuk, V.A., Khilchevskiy, V.K., Yatsiuk, M.V., Chunarov, O.V., Kryzhanovskiy, Ye.M., Babchuk, V.S., Yaroshevych, O.Ye. (2013). Metodyky hidrografichnoho ta vodohospodarskoho raionuvannia terytorii Ukrainy vidpovidno do vymoh Vodnoi Ramkovoї Dyrektyvy Yevropeiskoho Soiuzu. Kyiv: Interpres LTD. [in Ukrainian]

Kaganer, M.S. (Eds.). (1967). Resursy poverhnostnykh vod SSSR. T.6. Ukraina i Moldavija. Vyp. 3. Basejn Severskogo Donca i reki Priazov'ja. Leningrad: Gidrometeizdat. [in Russian]

Kaganer, M.S. (Eds.). (1969). Resursy poverhnostnykh vod SSSR. T.6. Ukraina i Moldavija. Vyp. 1. Zapadnaja Ukraina i Moldavija. Leningrad: Gidrometeizdat. [in Russian]

Kaganer, M.S. (Eds.). (1971). Resursy poverhnostnykh vod SSSR. T.6. Ukraina i Moldavija. Vyp. 2. Srednee i nizhnee Podneprov'e. Leningrad: Gidrometeizdat. [in Russian]

Khilchevskiy, V.K. (Eds.). (2007). Hidroloho-hidrokhimichna kharakterystyka minimalnogo stoku rіchok baseinu Dnipro. Kyiv: Nika-Tsentr. [in Ukrainian]

Khilchevskiy, V.K., Hrebin, V.V. (2017). Hidrografichne ta vodohospodarske raionuvannia terytorii Ukrainy, zatverdzhene u 2016 r. – realizatsiia polozhen VRD YeS. *Hidrologiia, hidrokhimiia i hidroekologiia*, 1(41), 8-20. [in Ukrainian]

Kocherin, D.I. (1929). Nizkie i naimen'shie rashody vody na territorii Evropejskoj chasti SSSR. *Trudy Moskovskogo instituta inzhenerov transporta*, XI. [in Russian]

Loboda, N.S. (2004). Raschety minimal'nogo stoka zimnej mezheni Verhnego Dnestra na osnove metoda mnozhestvennoj regressii. *Meteorologiya, klimatologiya ta hidrologiya*, 48, 468-472. [in Russian]

Loboda, N.S. (2011). Otsinka kharakterystyk posushlyvosti Zakarpattia v suchasnykh ta maibutnikh umovakh (za stsennariem hlobalnogo poteplinnia). *Hidrologiia, hidrokhimiia, hidroekologiia*, 2(23), 49-56. [in Ukrainian]

Lysenko, K. A. (1965). Minimal'nyj stok rek Ukrainy i Moldavii. *Tr. UkrNIGMI*, 64, 143-154. [in Russian]

Lysenko, K. A. (1965). Podzemnyj stok Ukrainy. *Tr. Ukr. NIGMI*, 50, 75 - 108. [in Russian]

Lysenko, K. A. (1976). Minimal'nyj stok rek malyh rek Karpat i ego raschety. *Tr. Ukr. NIGMI*, 149, 130-141. [in Russian]

Obodovskiy, O.H., Pochaievets, O.O., Zavarzin, M.A. (2016). Otsinka zv'iazkiv minimalnogo ta srednogo stoku vody rіchok Ukrainykh Karpat. *Hidrologiia, hidrokhimiia i hidroekologiia*, 1(40), 60–69. [in Ukrainian]

Obodovskiy, O.H., Surai, K.S., Pochaievets, O.O. (2018). Otsinka minimalnogo stoku vody rіchok subbaseinu Uzha (basein rіchky Tysa). *Hidrologiia, hidrokhimiia i hidroekologiia*, 2(49), 6–15. [in Ukrainian]

Rozhdestvenskij, A.V., Chebotarev, A.I. (1974). Statisticheskie metody v gidrologii. Leningrad: Gidrometeizdat. [in Russian]

Sibirceva, L.A. (1937). Minimal'nyj stok i ego raspredelenie na Evropejskoj chasti SSSR. *Issledovaniya rek SSSR*, 10. [in Russian]

Sikan, A.V. (2007). Metody statisticheskoy obrabotki gidrometeorologicheskoy informacii. Sankt-Peterburg: izd. RGGMU. [in Russian]

Solovei, T.V. (2003). Kharakterystyka minimalnogo stoku rіchok baseinu Pruta. *Tezy dop. II Vseukr. nauk. konf. "Hidrologiia, hidrokhimiia i hidroekologiia"*. Kyiv: Nika-Tsentr, 76-77. [in Ukrainian]

Vodna Ramkova Dyrektyva YeS 2000/60/leS. (2006). Osnovni terminy ta yikh vyznachennia: vyd. ofitsiine. Kyiv: Tvii format. [in Ukrainian]

Vyshnevskiy, V.I. (2000). Rіchky i vodoimy Ukrainy. Stan i vykorystannia. Kyiv: Vipol. [in Ukrainian]

Vyshnevskiy, V.I., Kosovets, O.O. (2003). Hidrolohiichni kharakterystyky rіchok Ukrainy. Kyiv: Nika-tsentr. [in Ukrainian]

Zhovnir, V.V., Hrebin, V.V. (2018). Analitichnyi ohliad doslidzhen minimalnogo stoku vody. *Hidrologiia, hidrokhimiia i hidroekologiia*, 1 (48), 16-24. [in Ukrainian]

Надійшла до редколегії 14.05.19

O. Obodovskiy, Dr. Sci. (Geogr.), Prof.

E-mail: obodovskiy58@gmail.com;

O. Lukianets, PhD (Geogr.), Assoc. Prof.

E-mail: luko@ukr.net;

O. Pochievets, PhD student, Leading Engineer

E-mail: po4aevets@gmail.com;

S. Moskalenko, PhD (Geogr.), Assistant

E-mail: stas_univer@ukr.net;

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Department of Geography,

2A Glushkov Ave., Kyiv, 02000, Ukraine

LONG-TERM VARIABILITY OF THE ABSOLUTE ANNUAL MINIMUM WATER FLOW OF THE RIVERS OF UKRAINE

Studies of the variability of the minimum flow of water, which relates to the extreme regime characteristics of river water flow during periods of low water, are relevant. Such information, in general, is the limiting criteria for water consumption, water use and protection of water resources from pollution and depletion, and sometimes are indicators of danger and catastrophe, in particular, during periods of prolonged droughts. This is especially important in the conditions of modern climate change, in which the probability of occurrence of extreme hydrological phenomena increases significantly. To assess the long-term variability of the absolute annual minima of the flow of water from the rivers of Ukraine, sequences of minimum daily average water flows for a multi-year period from 294 gauging stations from the beginning of the observations to 2015 inclusive were formed. The methods of statistical processing of random variables (for determining the norms of runoff, coefficients of variation and asymmetry) and random functions (for constructing integral difference curves) were used. The study of the spatial specifics of changes in the absolute minima of the water flow of the rivers of Ukraine is based on the "Hydrographic zoning of Ukraine's territory". According to it, the territory of Ukraine is divided into

hydrographic units — nine areas of river basins and nine sub-basins. The absolute annual minima of river runoff on the territory of Ukraine are recorded during periods of summer-autumn or winter low-water periods.

High values of absolute annual minima in the modules of water flow are observed on the rivers of the Carpathian region and reach $8,7 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Basically, such values are on mountain rivers with small catchment areas; on rivers with large catchment areas that extend from the mountain and foothill areas of their flow to the plains, up to $0,9 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$; on the rivers of the Crimea, the absolute annual minimums in the water flow modules, in the vast majority, vary from 0,0 to $1,8 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.

Regarding flat river basins, for the rivers of the Vistula basin, the sub-basins of the Pripyat and the Desna, the left-bank part of the Dniester river basin, the range of changes in the absolute annual minima of the water flow modules is $0,20 \div 2,9 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. To the south of the indicated flat river basins, the ranges of absolute annual minima are gradually decreasing. On the rivers of the sub-basin of the Middle Dnieper there is $0,19 \div 1,19 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, the sub-basin of the Lower Dnieper — $0,04 \div 0,42 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, the basin of the Southern Bug — $0,09 \div 1,75 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. And in the basin of the rivers of the Black Sea region there is $0,0 \div 0,001 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.

For river basins of the flat part of Ukraine, the variation of annual minima is within $0,30 \div 2,83$, the smaller one is the range of variability for the rivers of the Carpathian region — $0,20 \div 0,90$. The asymmetry coefficients of the minimum river flow during the year for the whole territory of Ukraine range from negative $-0,11 \div -2,01$ to positive values $1,30 \div 6,4$.

The long-term variability of the absolute annual minima of the water flow of the rivers of Ukraine has been studied. Analysis of generalized difference integral curves for the entire set of rivers within the basins and sub-basins of the hydrographic zoning of Ukraine showed for the period of joint observations from 1947 to 2015 marked cyclic component. It manifests itself in a long period of decreasing absolute annual minimum values until 1968-1974, then there is an increase, and at the present time period, after 2006-2010, there is a tendency to decrease.

Keywords: rivers of Ukraine, hydrographic zoning of Ukraine, low flow, minimum flow of water, absolute annual minima, statistical distribution parameters, difference integral curves, variability of the minimum flow of water.

А. Ободовский, д-р геогр. наук, проф.

E-mail: obodovskiy58@gmail.com;

О. Лукьянец, канд. геогр. наук, доц.

E-mail: luko@ukr.net;

Е. Почаевец, вед. инж.

E-mail: po4aevets@gmail.com;

С. Москаленко, канд. геогр. наук, ассист.

E-mail: stas_univer@ukr.net;

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, географический факультет,

Пр. Академика Глушкова, 2, Киев, 02000, Украина

МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ АБСОЛЮТНЫХ ГОДОВЫХ МИНИМУМОВ СТОКА ВОДЫ РЕК УКРАИНЫ

Исследования изменчивости минимального стока воды, который относится к экстремальным режимным характеристикам водности рек в периоды межени, не теряют своей актуальности, потому что такая информация, в общем случае, — лимитирующие критерии водопотребления, водопользования и охраны водных ресурсов от загрязнения и истощения, а иногда — это показатели опасности и катастрофичности, в частности в периоды длительных засух. Особенно такие исследования важны в условиях современных климатических изменений, когда существенно повышается вероятность наступления экстремальных гидрологических явлений. Для оценки многолетней изменчивости абсолютных годовых минимумов стока воды рек Украины сформированы выборки минимальных среднесуточных расходов воды за многолетний период по 294 гидрометрическим постам от начала наблюдений до 2015 г. включительно, использованы методы статистической обработки случайных величин (для определения норм стока, коэффициентов вариации и асимметрии) и случайных функций (для построения интегральных разностных кривых). В основу исследования пространственных закономерностей изменений абсолютных минимумов стока воды рек Украины взята "Схема Гидрографического районирования территории Украины", где территория страны делится на гидрографические единицы — девять районов речных бассейнов и девять суббассейнов. Абсолютные годовые минимумы стока воды рек на территории Украины фиксируются в периоды летне-осенней или зимней межени.

Высокие значения норм минимальных за год модулей стока воды наблюдаются на реках Карпатского региона и изменяются от $8,7 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$ на горных реках с небольшими площадями водосборов до $0,9 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$ на реках с большими водосборами, которые выходят с горных и предгорных участков протекания на равнинные. На реках Крыма абсолютные годовые минимумы модулей стока воды в подавляющем большинстве меняются от 0,0 до $1,8 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$.

Относительно равнинных речных бассейнов — для рек бассейна Вислы, суббассейнов Припяти и Десны, левобережной части речного бассейна Днестра диапазон норм минимальных за год модулей стока воды составляет $0,20 \div 2,9 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$. Южнее указанных равнинных речных бассейнов диапазоны постепенно уменьшаются и составляют: на реках суббассейна Среднего Днепра — $0,19 \div 1,19 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, суббассейна Нижнего Днепра — $0,04 \div 0,42 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, бассейна Южного Буга — $0,09 \div 1,75 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$, а в бассейне рек Причерноморья — $0,0 \div 0,001 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{км}^{-2}$.

Для речных бассейнов равнинной части Украины вариация годовых минимумов находятся в пределах $0,30 \div 2,83$, меньшим есть диапазон изменчивости для рек Карпатского региона — $0,20 \div 0,90$. Коэффициенты асимметрии минимального за год стока воды рек для всей территории Украины имеют диапазоны от отрицательных $-0,11 \div -2,01$ до положительных значений $1,30 \div 6,4$.

Что касается многолетней изменчивости абсолютных годовых минимумов стока воды рек Украины, то анализ обобщенных разностных интегральных кривых для всей совокупности рек в пределах бассейнов и суббассейнов гидрографического районирования Украины показал, что за период совместных наблюдений с 1947 по 2015 г. циклические составляющие проявляются в длительном периоде уменьшения их величин до 1968–1974 гг., затем наблюдается их увеличение, а на современном отрезке времени после 2006–2010 гг. заметна тенденция к уменьшению изменчивости минимального стока воды.

Ключевые слова: реки Украины, гидрографическое районирование Украины, межень, минимальный сток воды, абсолютные годовые минимумы, статистические параметры распределения, разностные интегральные кривые.

УДК 556.3:502.51(282.03):728.1(1-21):(477-25)
DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.14>

О. Кошляков, д-р геол. наук, проф.
E-mail: kosh57@ukr.net;
О. Диняк, канд. геол. наук, доц.
E-mail: oksdyn@ukr.net;
Д. Чомко, канд. геол. наук, доц.
E-mail: dimath@ukr.net;
І. Кошлякова, інж.
E-mail: irkos@ukr.net;

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

ВРАХУВАННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ, РОЗПОДІЛУ ТА ВПЛИВУ ПІДЗЕМНИХ ВОД З МЕТОЮ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОГНОЗНОЇ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ НА ДІЛЯНКАХ УЩІЛЬНЕНОЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, ст. наук. співроб. О.Л. Шевченком)

Проведені дослідження мають за мету розробку оптимального підходу, що дозволяє коректно оцінити гідрогеологічні умови будівельних майданчиків. Вивчені загальні закономірності формування, розподілу та руху підземних вод у межах ділянок проєктної та існуючої забудови і прилеглих до них територій на прикладі м. Києва. Для досліджуваної території та аналогічних ділянок зі складними гідрогеологічними умовами, які зумовлені чергуванням у розрізі та в плані шарів невитриманої потужності з різними коефіцієнтами фільтрації, доцільніше використати саме метод математичного моделювання геофільтрації з метою прогнозних розрахунків. Оскільки детальна гідрогеологічна карта ділянки відсутня, природну гідрогеологічну модель доречно будувати на основі даних інженерно-геологічних вишукувань (дані по рівнях підземних вод) на різні періоди часу, що відтворенні у середовищі ГІС.

Отримані результати дають змогу обґрунтувати математичну модель та з достатньою точністю виконати прогнозне моделювання для техногенно порушених територій. Застосування методу математичного моделювання дозволяє уникнути зайвої грубої схематизації природних гідрогеологічних умов, врахувати складність і розмаїтість граничних умов ґрунтового потоку і, тим самим, дати більш реальну оцінку впливу інженерних заходів на гідрогеологічні умови території.

Для врахування закономірностей формування, розподілу та руху підземних вод на ділянках ущільненої забудови доцільно, на думку авторів, проводити моделювання процесів геофільтрації за схемою наведеною у даній роботі. При цьому саме створення обґрунтованої математико-картографічної просторово-часової природної гідрогеологічної моделі території є визначальним моментом для подальшого моделювання. Застосування модуля Darcy Flow програмного засобу ArcGIS дозволяє виявити та уточнити умови живлення і розвантаження потоку підземних вод. Це дає можливість за рахунок, з одного боку, уникнення зайвої схематизації природних гідрогеологічних умов, з другого – врахування складності і різноманітності граничних умов ґрунтового потоку, дати більш реальну оцінку впливу можливих інженерних заходів під час будівництва на гідрогеологічні умови території.

Ключові слова: ущільнена забудова, підземні води, математичне моделювання, геофільтрація, картографічна модель

Вступ. При оцінці гідрогеологічних умов територій, де проводиться ущільнена забудова та відбувається облаштування нових будівельних котлованів, необхідно враховувати порушення умов поверхневого стоку атмосферних опадів за межі ділянки будівництва, відсіпку на території переміщених ґрунтів (які можуть накопичувати та утримувати у собі воду), втрати з існуючих водогінних комунікацій тощо. Всі ці чинники зумовлюють зміну умов міграції воли у зоні аерації, збільшення кількості води у верхніх частинах розрізу і часто призводять до зміни фізико-механічних та міцнісних властивостей ґрунтів (Koshliakov et al., 2017). Також при обґрунтуванні прогностичних моделей доцільно враховувати ділянки з різного роду слабопроникним поверхневим покриттям, фундаменти споруд, особливо палеві, різні екрануючі конструкції, що сприяють збільшенню вологості та можуть сприяти утворенню тимчасових водоносних горизонтів типу "верховодка" (Holzbecher, 2013). Така інформація зазвичай наявна у картографічному вигляді (Бертланд, 1986).

Викладення основного матеріалу. Так, на ділянці у м. Києві, де виконується будівництво офісно-житлового центру – багатоповерхові (19–27 поверхів) будинки з підземними (3–5) поверхами, за результатами попередніх досліджень до несприятливих інженерно-геологічних чинників необхідно віднести залягання в основі будівлі і будівельного майданчика товщі пілуватих насичених водою супісків, що мають пливунні властивості.

Гідрогеологічні умови на ділянці досліджень характеризуються наявністю двох горизонтів підземних вод. Перший приурочений до делювіальної товщі, виявлений за результатами інженерно-геологічних вишукувань на різні періоди часу на відмітках від 151,2 до 171,6 м. Горизонт безнапірний. Водовмісними породами є пілуваті лесоподібні супіски. Водотривким шаром слугують бурі та сіро-бурі глини (рис. 1).

Другий водоносний горизонт залягає в пісках полтавської світи. Горизонт безнапірний. Водотривким шаром служить мергельна глина. Вплив на коливання рівня підземних вод також можуть мати суглинисті різновиди харківської світи. Місцями горизонти утворюють єдиний водоносний горизонт.

Так, у 1993 р. рівень першого водоносного горизонту зафіксовано на відмітках 155,4–164,5 м; у 2004 р. – 151,8–171,6 м. У 2008 р. рівень зафіксовано на відмітках 155,0–171,6 м; у 2012 р. – 150,9–153,8 м; у 2016 р. – 150,7–167,6 м; у 2017 р. – 166,7–170,78 м.

Другий водоносний горизонт, виявлений на відмітках від 133,7 до 137,9 м, розкритий вишукувальними свердловинами тільки у 2004 та 2012 рр. У 2004 р. рівень зафіксовано на відмітках 133,9–137,9 м, у 2012 р. – 133,7–134,7 м.

Загальний напрямок руху підземних вод з півночі на південь у напрямку загального стоку (розвантаження в долину р. Либідь). Живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок розвантаження підземних вод з боку схилу, інфільтрації атмосферних опадів та витоків з водогінних мереж. Прогнозний підйом рівня в горизонтах встановлюється на основі розрахунків гідрогеологічного режиму прилеглої території з врахуванням впливу заглиблених конструкцій офісно-житлового центру.

При аварійних витоках з інженерних мереж або випаданні великої кількості атмосферних опадів можливий локальний підйом рівня підземних вод і підтоплення фундаментів житлових будинків (Кошляков та ін., 2018). За аналогією із сусідніми територіями, суттєво впливають на режим водоносних горизонтів метеорологічні умови. Коливання рівнів протягом року становлять до 0,8...1,2 м, причому максимальні коливання спостерігаються після весняного сніготанення та тривалих атмосферних опадів.

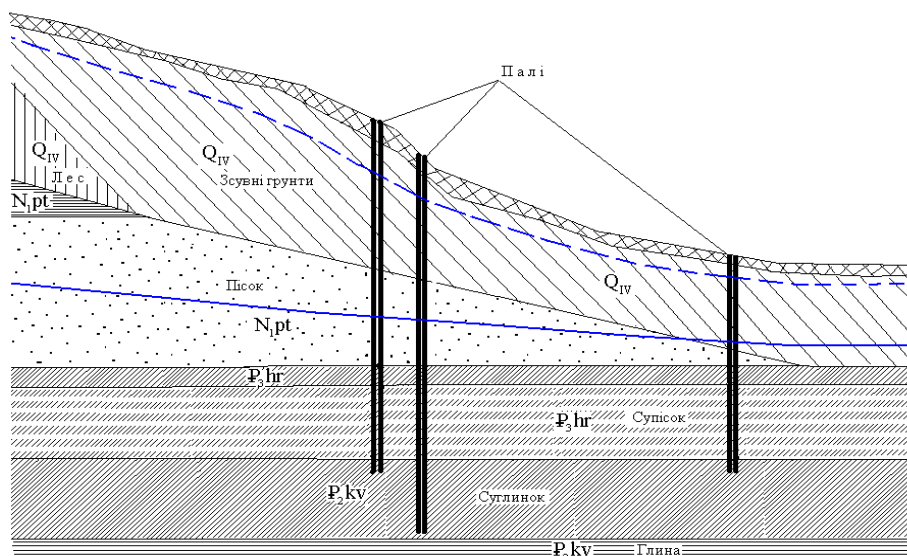


Рис. 1. Схематичний геолого-гідрогеологічний розріз ділянки досліджень

Поповнення водоносних горизонтів відбувається за рахунок атмосферних опадів і втрат з водонесучих комунікацій. Частина ділянки території підтоплена верховодкою.

Режимні спостереження за змінами рівня ґрунтових вод на ділянці проводилося з червня 2015 р. по жовтень 2016 р. За цей час зафіксовано коливання рівнів амплітудою від 0,08 до 0,37 м.

З характеристики геолого-гідрогеологічних умов території досліджень випливає, що у результаті спорудження фундаментів будівель є ймовірність (Кошляков та ін., 2010):

- коливання рівнів ґрунтових вод, що зумовлені природними та техногенними чинниками;
- виникнення баражного ефекту як у водоносному шарі еолово-делювіальних відкладів, так і у водоносному горизонті в полтавських відкладах;
- виникнення опливин відкосів котловану через надмірне зволоження та низькі міцнісні властивості ґрунтів;
- активізація схилових процесів.

Тому, в даному випадку для прогнозних розрахунків використаний саме метод математичного моделювання геофільтрації (Holzbecher, 2013; Lalehzari et al., 2010).

Застосування методу математичного моделювання дозволяє уникнути зайвої грубої схематизації природних гідрогеологічних умов, врахувати складність і розмаїтість граничних умов ґрунтового потоку і тим самим дати більш реальну оцінку впливу інженерних заходів із реконструкції існуючої споруди на гідрогеологічні умови території (Жернов, 1982).

Детерміновані гідрогеодинамічні моделі будуються з використанням складної фізичної теорії і базуються на крайових задачах геофільтрації. Крайова задача – це диференціальне рівняння геофільтрації (рівняння математичної фізики другого порядку, еліптичного або параболічного типів) та крайові умови до нього (граничні умови та початкові умови) (Гавич, 1980). У такому розумінні моделювання – це розв'язання крайової задачі геофільтрації в стаціонарній або нестаціонарній постановках (Gorokhovski, 2012).

Моделювання процесів геофільтрації виконувалось у такій послідовності.

1. Спочатку за допомогою ArcGIS була створена математико-картографічна просторово-часова природна гідрогеологічна модель території на основі інформації, що отримана у процесі пошуково-розвідувальних робіт, а саме (рис. 2):

- геологічної будови території;

- умов залягання та поширення водоносних та слабопроникних шарів;

- основних гідрогеологічних параметрів водоносних і слабопроникних шарів та закономірностей їх зміни у розрізі та плані;

- умов живлення та розвантаження підземних вод.

Саме створення обґрунтованої математико-картографічної просторово-часової природної гідрогеологічної моделі території було визначальним моментом для подальшого моделювання. Його застосування при дослідженні забудованої території дало можливість поряд із побудовою порівняно простих моделей (найпростішими є ізолінії карти), застосовувати більш складні, які потребують перетворень математичних залежностей у картографічну форму та навпаки. Отже, були використані властивості математичних та картографічних моделей у процесі аналізу-синтезу складної просторово-часової гідрогеологічної інформації. Як відомо, картографічна компонента продовжує та розвиває математичну модель. Вона перетворює вихідну (початкову) інформацію відповідно до мети та завдань дослідження. Картографічне подання інформації дає змогу візуалізувати її у вигляді, оптимальному для дослідження, позбавляє від помилок та прорахунків, дає уявлення про точність математичного моделювання та його географічну вірогідність. На думку авторів, найефективнішим при цьому було застосування модуля *Darcy Flow* програмного засобу ArcGIS, що дозволило на основі міркувань балансу та ламінарного закону руху виявити та уточнити умови живлення і розвантаження потоку підземних вод.

2. Потім створювалась геофільтраційна модель на основі складеної природної. На ній реальна гідрогеологічна обстановка була формалізована з виділенням основних чинників формування підземних вод (водоносних, слабо проникних шарів і їх меж, джерел живлення, розподілу параметрів, граничних умов на межах) та встановленням їх кількісних характеристик.

3. Після цього на основі геофільтраційної була побудована розрахункова математична модель, яка враховує режим фільтрації, необхідність розділення водоносного пласта на декілька розрахункових шарів, планову розбивку області фільтрації на розрахункові блоки, інфільтрацію атмосферних опадів та техногенних вод. Адекватність розрахункової моделі перевірялась шляхом розв'язання оберненої задачі з побутівими початковими умовами розподілу рівнів підземних вод, їх живлення та розвантаження (Шестопалов та ін., 1991).

У процесі розв'язання оберненої задачі виконувалось уточнення та корегування як параметрів геофільтраційної моделі, так і джерел формування підземних вод. Межі області фільтрації у плані вибрані таким чином, щоб у ній витримувалася рівність прибуткових та витратних елементів балансу підземних вод. На півночі межа проходить по геоморфологічній вододільній лінії. Тут прийнята гранична умова I-го роду ($H = \text{const}$) по гідроізогіпсі з відміткою 194,0 м. Бокові межі, західна та східна, проведені по лініях течії підземних вод. На цих межах прийнята гранична умова II-го роду ($q = \text{const} = 0$). На півдні гідродинамічна межа проходить по колишньому дну яра, над яким була споруджена дорога. Про наявність цієї дрени свідчить ухил поверхні підземних вод у бік дороги з обох її сторін. На верхній межі (на поверхні горизонту) приймається гранична умова II-го роду ($q = \text{const}$), яка відповідає інфільтраційному живленню природного та техногенного

походження, нижня межа (на підшві горизонту) – гранична умова II-го роду ($q = \text{const} = 0$) – прийнята по поверхні супіску харківської світи.

Вибір геофільтраційних параметрів об'єкта моделювання проведений на основі вивчення: інженерно-геологічних розрізів; геофільтраційних параметрів порід (коефіцієнти фільтрації, пористість), які отримані у результаті лабораторних робіт (точкові визначення); даних визначення рівня ґрунтових вод в інженерно-геологічних свердловинах.

На рис. 3 наведено розташування природної поверхні рівня підземних вод у вигляді карти гідроізогіпс за даними моделювання (другий водоносний горизонт приурочений до полтавських пісків).

4. На основі відкоригованої розрахункової моделі був виконаний прогностичний розрахунок рівнів підземних вод за умов різних варіантів техногенного впливу при будівництві та експлуатації споруд.

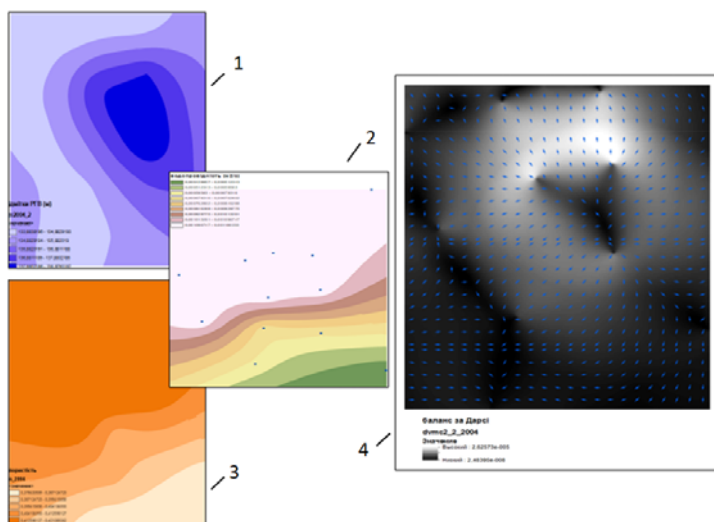


Рис. 2. Приклад просторової природної гідрогеологічної моделі на ділянці м. Києва:

- 1 – поверхня гідродинамічних напорів, 2 – пористість водонасиченої товщі, 3 – водопровідність водоносного горизонту, 4 – баланс моделі за Дарсі

Висновки. Виконане авторами моделювання та аналіз отриманих результатів дозволяють зробити такі висновки.

1. Для врахування закономірностей формування, розподілу та руху підземних вод на ділянках ущільненої забудови доцільно, на думку авторів, проводити моделювання процесів геофільтрації за схемою, наведеною у даній роботі. При цьому саме створення обґрунтованої математико-картографічної просторово-часової природної гідрогеологічної моделі території було визначальним моментом для подальшого моделювання. Застосування модуля *Darcy Flow* програмного засобу ArcGIS дозволило виявити та уточнити умови живлення і розвантаження потоку підземних вод.

2. Це дає можливість за рахунок, з одного боку – уникнення зайвої схематизації природних гідрогеологічних умов, з другого – врахування складності і різноманітності граничних умов ґрунтового потоку, дати більш реальну оцінку впливу інженерних заходів під час будівництва на гідрогеологічні умови території.

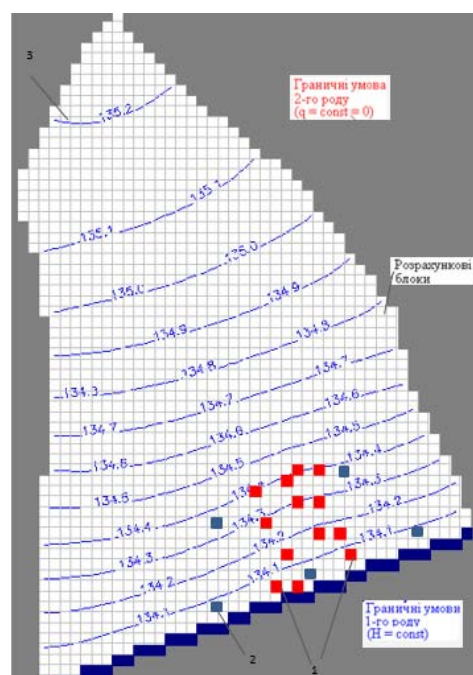


Рис. 3. Природна розрахункова модель.

- 1 – інженерно-геологічні свердловини з відмітками рівня підземних вод першого від поверхні горизонту, 2 – інженерно-геологічні свердловини з відмітками рівня підземних вод другого від поверхні горизонту, 3 – гідроізогіпси рівня підземних вод другого водоносного горизонту за даними моделювання

3. Максимальний перепад рівня підземних вод, зафіксований на ділянці за час проведення спостережень, може призвести до виникнення значних градієнтів гідродинамічного напору. Найбільший спостерігатиметься безпосередньо біля стінок споруди. Це може призвести до активізації суфозійних та інших небезпечних процесів.

4. Аналіз геолого-гідрогеологічних умов вказує на необхідність розрахунку в подальшому декількох варіантів захисних заходів, з яких буде обрано оптимальний на основі техніко-економічних розрахунків.

Список використаних джерел

- Бертлянд, А.М. (1986). Использование карт в науках о Земле. М.
Гавич, И.К. (1980). Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. М.
Жернов, И.Е. (1982). Динамика подземных вод. К.
Кошляков, О., Диняк, О., Кошлякова, И., (2010). Використання картографічного моделювання при вивченні підземної гідросфери. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія"*, 32, 38-41.

Кошляков, О., Диняк, О., Кошлякова, І., Кошлякова, Т. (2018). Гідрогеологічні особливості розрахунків стійкості укосів і схилів у межах урбанізованих територій. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 83, 79-83.

Шестопапов, В. М. та ін. (1991). Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в нарушенных условиях. К.

Gorokhovskiy, V. (2012). Effective Parameters of Hydrogeological Models. NY. Holzbecher, E. (2013). Aquifer Physics Modes for Hydrogeological Modeling. *Application of the COMSOL Physics Builder, COMSOL Conference in Rotterdam, Holland*.

Koshliakov, O., Dyniak, O., Koshliakova, I. (2017). Tehnogenic infiltration nutrition component under groundwater as a factor the emergence and activation of dangerous exogenous processes in industrial and city agglomerating territories. *Abstracts of XI International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of Environment"*, Kyiv, Ukraine.

Lalehzari, R., Tabatabaei, S. H., Kholghi, M. (2010). Hydrodynamic coefficients estimation and aquifer simulation using PMWIN model. *Fourteenth International Water Technology Conference (IWTC-14)*, Cairo, Egypt.

References

Berland, A.M. (1986). The use of maps in earth sciences. M. [in Russian] Gavich, I.K. (1980). Theory and practice of applying modeling to hydrogeology. M. [in Russian] Gorokhovskiy, V. (2012). Effective Parameters of Hydrogeological Models. NY.

Holzbecher, E. (2013). Aquifer Physics Modes for Hydrogeological Modeling. *Application of the COMSOL Physics Builder, COMSOL Conference in Rotterdam, Holland*.

Koshliakov, O., Dyniak, O., Koshliakova, I., Koshliakova, T. (2018). Hydrogeological peculiarities of calculation of scarps and slopes stability within urbanized territories. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University of Kyiv: Geology*, 83, 79-83. [in Ukrainian]

Koshliakov, O., Dyniak, O., Koshliakova, I. (2010). Using of cartographic desing for the study of underground hydrosphere. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, 32, 38-41. [in Ukrainian]

Koshliakov, O., Dyniak, O., Koshliakova, I. (2017). Tehnogenic infiltration nutrition component under groundwater as a factor the emergence and activation of dangerous exogenous processes in industrial and city agglomerating territories. *Abstracts of XI International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of Environment"*, Kyiv, Ukraine.

Lalehzari, R., Tabatabaei, S. H., Kholghi, M. (2010). Hydrodynamic coefficients estimation and aquifer simulation using PMWIN model. *Fourteenth International Water Technology Conference (IWTC-14)*, Cairo, Egypt.

Shestopalov V.M. et al., (1991). Water cycle in hydrogeological structures of Ukraine: Water cycle in disturbed conditions. K. [in Russian]

Zhernov, I.E. (1982). Dynamics of groundwater. K. [in Russian]

Надійшла до редколегії 25.08.19

O. Koshliakov, Dr. Sci. (Geol.), Prof.,
E-mail: kosh57@ukr.net;
O. Dyniak, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof.
E-mail: oksdyn@ukr.net;
D. Chomko, Cand. Sci. (Geol.), Assoc. Prof.
E-mail: dimath@ukr.net;
I. Koshliakova, Engineer
E-mail: irkos@ukr.net;
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology
90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

THE STUDY OF THE LAWS OF FORMATION, DISTRIBUTION, AND INFLUENCE OF GROUNDWATER TO JUSTIFY SUBSTANTIATE THE PREDICTED HYDROGEOLOGICAL MODEL AT THE URBAN COMPACTED AREA

The conducted researches have the purpose to develop the optimum approach which allows us to correctly estimate the hydrogeological conditions of building sites. The general patterns of formation, distribution and movement of groundwater within the sections of the planned and existing buildings and adjacent territories for Kyiv as an example were studied. For the study area and similar sites with complex hydrogeological conditions, which are caused by the alternation in section and in terms of layers of unsteady thickness with different filtration coefficients, it is more appropriate to use the method of mathematical modeling of geofiltration for predictive calculations. Since there is no detailed hydrogeological map of the site, it is advisable to build a natural hydrogeological model on the basis of engineering and geological survey data (groundwater levels data) for different periods reproduced by GIS.

The obtained results make it possible to justify the mathematical model and to perform predictive modeling with sufficient accuracy for technogenically disturbed territories. The application of mathematical modeling allows avoiding unnecessary rough schematization of natural hydrogeological conditions, taking into account the complexity and diversity of boundary groundflow conditions, and thus give more realistic assessment of engineering measures impact on hydrogeological conditions of the territory.

In order to take into account the patterns of formation, distribution and movement of groundwater for territories with dense urban development it is advisable, according to the authors, to simulate processes geofiltration according to the scheme given in this article. At the same time, the creation of scientifically sound mathematical and cartographic space-time natural hydrogeological model of the territory is the defining moment for further modeling. Application of Darcy Flow module of ArcGIS software enables to detect and specific groundwater flow recharge and discharge conditions. This makes it possible, on the one hand, to avoid unnecessary schematization of natural hydrogeological conditions, and on the other hand, to take into account the complexity and diversity of groundflow boundary conditions, to give a more realistic assessment of possible engineering measures impact on the hydrogeological conditions of the territory during the construction.

Keywords: dense urban development, groundwater, mathematical modeling, geofiltration, cartographic model.

A. Кошляков, д-р. геол. наук., проф.,
E-mail: kosh57@ukr.net;
О. Диняк, канд. геол. наук., доц.,
E-mail: oksdyn@ukr.net;
Д. Чомко, канд. геол. наук., доц.,
И. Кошлякова, инж.,
E-mail: irkos@ukr.net;
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, г. Киев, 03022, Украина

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ВЛИЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ ПРОГНОЗНОЙ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА УЧАСТКАХ УПЛОТНЕННОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Исследования проведены с целью разработки оптимального подхода, позволяющего корректно оценить гидрогеологические условия строительных площадок. При этом изучены общие закономерности формирования, распределения и движения подземных вод в пределах участков проектной и существующей застройки, а также прилегающих к ним территорий на примере г. Киева. Для прогнозных расчетов на исследуемой территории и аналогичных участках со сложными гидрогеологическими условиями, которые обусловлены чередованием в разрезе и в плане слоев неустойчивой мощности с различными коэффициентами фильтрации, целесообразнее использовать именно метод математического моделирования геофильтрации. Так как подробная гидрогеологическая карта участка отсутствует, естественную гидрогеологическую модель целесообразно строить на основе данных инженерно-геологических изысканий (данные по уровням подземных вод) на различные периоды времени, построенные в среде ГИС.

Полученные результаты позволяют обосновать математическую модель и с достаточной точностью выполнить прогнозное моделирование для техногенно нарушенных территорий. Применение метода математического моделирования позволяет избежать излишней грубой схематизации природных гидрогеологических условий, учесть сложность и разнообразие граничных условий почвенного потока и тем самым дать более реальную оценку влияния инженерных мероприятий на гидрогеологические условия территории.

Для учета закономерностей формирования, распределения и движения подземных вод на участках уплотненной застройки целесообразно, по мнению авторов, проводить моделирование процессов геофильтрации по схеме, приведенной в данной работе. При этом именно создание обоснованной математико-картографической пространственно-временной природной гидрогеологической модели территории является определяющим моментом для дальнейшего моделирования. Применение модуля Darcy Flow программного средства ArcGIS позволяет выявить и уточнить условия питания и разгрузки потока подземных вод. Это дает возможность, с одной стороны, избежать излишней схематизации природных гидрогеологических условий, а с другой – учесть сложность и разнообразие граничных условий почвенного потока, дать более реальную оценку влияния возможных инженерных мероприятий при строительстве на гидрогеологические условия территории.

Ключевые слова: плотная застройка, подземные воды, математическое моделирование, геофильтрация, картографическая модель.

ДО ЮВІЛЕЇВ

УДК 55:929

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.87.15>

М. Шаталов, д-р геол. наук, пров. наук. співроб.,

E-mail: shatalov@casre.kiev.ua,

Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі

Інституту геологічних наук Національної академії наук України",

вул. О. Гончара, 55-Б, Київ, 03054, Україна

**НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПЕРШОГО ДЕКАНА
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ
КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ПРОФЕСОРА В.І. КРОКОСА. ДО 130-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ**

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

Присвячено науково-педагогічній діяльності видатного українського геолога, геоморфолога, ґрунтознавця, палеонтолога, зоолога, стратиграфа, гідрогеолога, першого декана геолого-географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка Володимира Івановича Крокоса (1889–1936). Відображено основні етапи життя та науково-освітньої роботи вченого в Одесі та Києві.

Ключові слова: В.І. Крокос, перший декан, геолог, геоморфолог, ґрунтознавець, палеонтолог, зоолог, стратиграф.



Володимир Іванович Крокос – людина-енциклопедист, один з найвидатніших учених України ХХ ст. У видатній плеяді дослідників четвертинних відкладів держави, таких як К.М. Феофілактів, П.А. Армашевський, Г.Н. Висоцький, П.А. Тутковський, В.В. Різниченко, Н.А. Димо, Б.Б. Полинов, О.Г. Набоких, В.Г. Бондарчук, П.К. Заморій, І.Г. Підолічко, одне з чільних місць належить В.І. Крокосу. Його фундаментальним внеском до світового поступу геологічної науки є розробки з питань теоретичної геології, регіональної геології, палеонтології, палеонтології ссавців, геології антропогенних відкладів, геоморфології, ґрунтознавства, вивчення стратиграфії четвертинних відкладів та решти фауни хребетних півдня України. Він удосконалив методику вивчення лесів і розробив схему їх стратиграфічного розчленування, успішно впровадив ідею використання явищ динамічної геології для вирішення питань генетичного ґрунтознавства, запропонував власну гіпотезу щодо походження четвертинних відкладів, розташованих на теренах України, Молдови, Росії. Проводив гідрогеологічні дослідження та вивчав ґрунти півдня України. Наукові розробки В.І. Крокоса вражають, його методологію вивчення покладено в основу сучасного розчленування і кореляції четвертинних утворень. Вперше закономірність поширення лесового покриву території України він обґрунтовує геоморфологічними особливостями місцевості та регіону в цілому. Запропонований ним палеопедологічний метод вивчення викопних ґрунтів вперше дозволив йому стратиграфічно розчленувати лесову товщу України на окремі "яруси" або горизонти. Окрім того, похованим

ґрунтам він надавав такого ж значення, як і керівним викопним решткам організмів.

Життєвий, творчий та науково-педагогічний шлях професора В.І. Крокоса можна поділити на два періоди: перший – одеський період навчання, становлення особистості та науковця, та другий – київський період розвитку його науково-педагогічної діяльності.

Народився Володимир Іванович у м. Одеса 26 червня 1889 р. у сім'ї священика. У м. Одеса пройшли його дитячі та студентські роки, тут він розпочав і свою науково-педагогічну діяльність. Після закінчення початкової школи вступив до гімназії. Він захоплювався природничими науками, багато читав, відзначався працелюбством. У 1907 р. закінчив Рішельєвську гімназію зі срібною медаллю та вступив на природниче відділення фізико-математичного факультету Новоросійського університету м. Одеси. Юнаку поталанило – місто Одеса на початку ХХ ст. процвітало, а в наукових закладах та в університеті був зосереджений значний науковий потенціал. У той час у Новоросійському університеті працювали такі відомі професори, як В.Д. Ласкарев, О.Г. Набоких, І.П. Хоменко, А.К. Алексєєв, А.М. Криштофович, М.О. Григорович-Березовський. Заклад пишався цим блискучим професорсько-викладацьким складом. Тоді в університеті особливо успішно розвивалися два наукових напрями: ґрунтознавство і стратиграфія неогенових відкладів. Багато уваги також приділялось палеонтології. Це було зумовлено численними знаходженнями решток хребетних у міоценових відкладах Причорномор'я. Тому в Одесі виникла своя школа палеонтологів. Безумовно, захоплюючі лекції університетських професорів стимулювали розвиток самостійного наукового мислення, виховували любов до наукових досліджень. Ще у студентські роки Володимир Іванович розпочав свої наукові дослідження під керівництвом відомого професора Новоросійського університету В.Д. Ласкарева на території Бессарабії та Поділля, а потім і в районі Тилігульських лиманів. Результати цих польових експедиційних робіт пізніше (у 1914 р.) увійшли в одну з перших наукових праць молодого вченого "Геологічні спостереження в басейні Тилігулу". Потім, з 1911 р. студент В.І. Крокос бере активну участь в експедиційних дослідженнях ґрунтів і геологічної будови України, які у той час проводив проф. Набоких О.Г. у межах південної, західної та східної частини України. Від вчителя він опанував різні методики вивчення ґрунтів четвертинної серії.

У 1912 р. Володимир Іванович успішно закінчив природниче відділення фізико-математичного факультету

Новоросійського університету з дипломом I ступеня. Відразу ж по закінченні університету він отримав посаду позаштатного лаборанта Геологічного кабінету на кафедрі геології. Протягом трьох років брав активну участь в експедиційних дослідженнях ґрунтів, а в перервах між цими роботами працював викладачем фізики, природознавства і географії в гімназії міста Одеса. У 1913–1915 рр. В.І. Крокос керував палеонтологічними розкопками біля селища Тудорово в Бессарабії та брав участь в експедиції з гідрологічного дослідження Херсонщини.

У 1914 р. В.І. Крокоса обирають на посаду молодшого асистента Геологічного кабінету Новоросійського університету і з цього часу він займається науковою працею і проводить практичні заняття зі студентами. Робота в польових експедиціях дуже захоплювала молодого ученого, тому він багато часу мандрував, опановуючи різні методики вивчення ґрунтів четвертинної серії, а потім ретельно аналізував отримані геологічні матеріали. Володимир Іванович так характеризував польові роботи: *"Яка гарна і здорова праця на чистому степовому повітрі, який бадьорий і підвищений настрій від усвідомлення, що ти провадиш роботу великої наукової цінності. Як скоро летять години, дні, тижні... А праця була не легка, вставали зі сходом сонця, а закінчували з заходом його"*. У 1914 р. у басейні р. Кучурган (Одеська обл.) він вивчав середньопліоценові пісько-глинисті поклади з характерним горизонтом, так званого кучурганського пісковика, до складу якого входить характерна галька – яшма, кварц тощо.

У 1915 р. Володимир Іванович керував палеонтологічними розкопками поблизу селища Гребінники Тираспольського р-ну на Херсонщині; також упродовж 1915–1917 рр. не припиняв читати прилюдні лекції з геології України.

Пізніше він згадував: *"Протягом 1913–1917 рр. я брав участь в ґрунтознавчих експедиціях О.І. Набоких, як науковий співробітник та для вивчення материнських ґрунтового порід закладав на різних елементах рельєфу шурфи та свердловини. Я цілком усвідомив величезне значення цієї методи в справі вивчення четвертинних покладів і переді мною стало завдання запровадити її при суто геологічних роботах. Це я вперше зробив у 1914 році при гідрогеологічному дослідженні Тираспольського повіту коло Херсонської губернії"*. У результаті цих дослідів вийшли друком дві праці В.І. Крокоса: *"Маршрутний список почвенных образцов, взятых в 1913 г. в Изюмском уезде"* та *"Маршрутний список поверхностных образцов почв, собранных летом 1914 года в Тираспольском уезде Херсонской области"*.

У 1917 р. В.І. Крокоса було призначено на посаду старшого асистента Геологічного кабінету Новоросійського університету. У 1917–1920 рр. Володимир Іванович за сумісництвом викладав природознавство в Одеському народному університеті, на Робфаці та у червоноармійських клубах. Проводив геологічні дослідження територій одеських лиманів, як геолог брав активну участь у розкопках стоянки прадавньої людини біля с. Усатово.

У січні 1922 р. після зразкових факультетських лекцій В.І. Крокос одержав доручення від Новоросійського університету викладати доцентський курс *"Четвертинні поклади України"*. Так глибокі теоретичні знання і практичний досвід прискорили підвищення молодого науковця по службових сходах в університеті м. Одеса. Науково-освітня та дослідницька діяльність Володимира Івановича в 1922–1923 рр. вражає своєю насиченістю та різноплановістю: він викладав такі курси, як мінералогія, геологія, ґрунтознавство, корисні копалини, теорія неорганічної еволюції. За дорученням Головного курортного управління він продовжував працювати в експедиціях з геологічних досліджень району Слов'янських мінераль-

них вод; за дорученням Секції ґрунтознавства сільськогосподарського наукового комітету досліджував ґрунти на материнських породах України.

У квітні 1923 р. В.І. Крокос брав участь у I Всеукраїнському з'їзді ґрунтознавців у Києві, на якому було представлено дві його доповіді: *"Почво-грунты Одесской и Николаевской губерний"* (з картографування ґрунтів) та *"О лессах Харьковской губернии"* (з ґрунтово-геологічних питань).

У 1923 р. на ім'я ученого надійшло запрошення взяти участь у 4-й Міжнародній ґрунтознавчій конференції, яка намічалася на травень 1924 р. у Римі. Секція ґрунтознавства Сільськогосподарського комітету України була представлена двома доповідачами: проф. Маховим Г.Г. та проф. Крокосом В.І. Доповіді були надіслані на Конференцію двома мовами: українською та французькою. Тема доповіді В.І. Крокоса: *"Лес і фосильні ґрунти південно-західної України"*.

У заяві, адресованій завідувачу дослідними кафедрами м. Одеса, В.І. Крокос детально обґрунтував необхідність його відрядження на цей міжнародний форум: *"Росія і Україна справедливо гордяться тим, що сучасне наукове ґрунтознавство виникло на їх неосяжних рівнинах. Видатні праці Докучаєва, Сибірцева і їх учнів заслужено користуються почесною світовою славою. Наші західні сусіди і північні американці з великою зацікавленістю слідували за розвитком ґрунтознавства у нашій країні. Починаючи з 1912 р., українська територія потрапила під майже суцільне ґрунтове обстеження. У Харківській, Херсонській і Подільській губерніях працює ґрунтознавча експедиція талановитого вченого О.Г. Набоких, у Київській губернії провадить роботу експедиція Флорова і Махова, в Чернігівській – Ділю, у Волинській – Левченко... У період 1912–1919 рр. я брав участь у вивченні ґрунтів України в експедиціях Набоких і частково Флорова і Махова. У зазначений час мною опубліковано 9 праць, які стосуються ґрунтів різних областей України, а також склав 3-верстові ґрунтові карти Изюмського і Куп'янського повітів Харківської губернії і Тираспольського повіту Одеської губернії. З 1923 р. я беру участь в дослідженні ґрунтового покриву Дослідних Полів України... На конференцію прибудуть представники всього світу. І хочеться мені, з одного боку, дізнатись, що було зроблено за останнє десятиліття іноземними ґрунтознавцями, а з другого боку – розповісти їм про наші досягнення".* На жаль, тяжкі економічні умови, які переживала країна, не дозволили здійснитися цьому відрядженню вченого в Рим.

У 1923–1926 рр. в Інституті народної освіти м. Одеса Володимир Іванович читав курс *"Теорія неорганічної еволюції"*, у грудні-січні 1924–1925 рр. брав участь у з'їзді у справі дослідження продуктивних сил та народного господарства України в Харкові. Навесні 1925 р. він проводив гідрогеологічні дослідження околиць Одеси, а в травні 1925 р. брав участь у I Всеукраїнському з'їзді радіологів в Одесі. У цей же час вийшла його праця з дослідження радіоактивності ґрунтів території України. Проблемою радіоактивних властивостей ґрунтів і лесів, що їх підстиляють, В.І. Крокос займався ще у 1924 р. разом з Є.С. Бурксером, на основі спостережень вони з'ясували, що концентрація радіоактивних речовин більша в ґрунті, ніж у материнській породі.

У 1925 р. в Одеському сільськогосподарському інституті В.І. Крокоса перевели на посаду професора мінералогії та геології, у той же час він продовжував викладати ґрунтознавство, мінералогію та геологію в Одеському меліоративному та землеустрійному технікумі.

У 1926 р. В.І. Крокоса обрали завідувачем кафедри геології та ґрунтознавства Одеського сільськогосподарського інституту. Цю кафедру організував і очолював до

виходу на пенсію його вчитель О.Г. Набоких, який був учнем і послідовником видатного ґрунтознавця В.В. Докучаєва. У 1925–1926 рр. Володимир Іванович керував експедицією з дослідження Олешківських пісків та ґрунтів та підґрунтя Донбасу, проводив дослідження материнських порід та підґрунтя в межах Полтавщини та Київщини, а також гідрогеологічні дослідження в Низово-Дніпрянському районі. Дослідження Г.Г. Махова та В.І. Крокоса в 1925 р. виявили, що Донбас, який вважався безлесовим районом, вкритий ярусною лесовою серією.

У січні 1926 р. В.І. Крокос брав участь у V Всесоюзному з'їзді ґрунтознавців у Москві. Основною метою з'їзду було обговорення досягнень у галузі дослідження ґрунтового покриву СРСР, складання єдиного узгодженого плану подальшого дослідження ґрунтів, інвентаризації їх продуктивних сил, використання даних результатів для потреб сільського господарства та розгляд питання участі радянської делегації у проведенні Першого Міжнародного конгресу ґрунтознавців у США в 1927 р.

У тому ж році, у жовтні, В.І. Крокос відвідав II Всесоюзний з'їзд геологів у Києві. З'їзд пройшов під головуванням першого президента Академії наук України, академіка В.І. Вернадського, який вперше після багатьох років приїхав до Києва. На з'їзді було продемонстровано можливості наукової школи геологів Українського геологічного комітету, сформованого В.І. Лучицьким і Б.Л. Личковим. Цикл доповідей на з'їзді присвячувався фізико-географічним відкладанням лесу Європейської частини СРСР і стратиграфії четвертинних відкладів. Володимир Іванович відзначив: *"на II Всесоюзному з'їзді геологів у Києві в 1926 р. я доводив потребу застосування методи шурфів та свердловин при геологічних дослідках"*.

У 1927 р. вийшла з друку монографічна робота В.І. Крокоса *"Матеріали до характеристики четвертинних покладів східної та південної України"*. Після виходу цієї праці Володимир Іванович захищає її як докторську дисертацію. У монографії було наведено значну кількість розрізів для різних ландшафтно-геоморфологічних районів України. На їх підставі він виділив такі генетичні типи відкладів: лес і його варіанти, морену і пов'язані з нею флювіогляціальні і алювіальні відклади, дюнні піски і лиманно-морські черепашники. Утворення лесу В.І. Крокос пов'язує з льодовиковою епохою, а викопні ґрунти з міжльодовиковими. При цьому він вважав, що лес утворився в льодовикові епохи в умовах сухого степу, а викопні ґрунти – в умовах вологого степу. Викопним ґрунтам Володимир Іванович надав стратиграфічного значення, а також вказував, що вони *"змальовують нам ті кліматичні обставини міжльодовикової доби, за якої вони сформувалися, це є продукт певного комплексу фізико-географічних умов"*. Щодо червоно-бурих глин, то, на думку ученого, вони утворилися за рахунок звітрювання неогенових відкладів в умовах особливого клімату. Він розрізняє два типи червоно-бурих глин. Глини першого типу утворилися в пізньому пліоцені, вони залягають на куюльницьких відкладах, а другі могли відкладатись і на початку четвертинного періоду. У питанні стратиграфії четвертинної товщі В.І. Крокос надав ярусам місцеві назви, наприклад: сульський, тилігульський, орільський, дніпровський, бузький.

Прилюдний захист докторської дисертації В.І. Крокоса відбувся 16 квітня 1927 р. Офіційними опонентами на захисті були найбільш досвідчені фахівці з четвертинної геології: акад. Тутковський П.А., акад. Різнченко В.В. і проф. Личков Б.Л. У рецензії на наукову роботу П.А. Тутковський писав: *"Серед наукових творів, що виходили з друку за останнє десятиліття на Україні, дуже мало є таких, що могли б бути порівняні з твором В.І. Крокоса щодо багатства на новий фактичний матеріал, здобутий самим автором шляхом власних дослідів, так і щодо важливості та новизни наукових*

висновків. Праця автора являє собою значне придбання для науки... Дуже великий, самостійно здобутий матеріал та надзвичайно цікаві, оригінальні, почасти справедливі, лише почасти помилкові висновки. Цією працею (й чисельними попередніми працями) автор доводить свою велику ерудицію, свою здібність до великої продуктивної праці в полі та висловлює цілком нові, цікаві, оригінальні думки. Все це дає підставу визнати розглянуту працю В.І. Крокоса як гарну докторську дисертацію та визнати автора гідним докторського ступеня".

Академік В.В. Різнченко у своїх "Критичних зауваженнях до дисертації проф. В.І. Крокоса" назвав її *"поважною книгою"*, і відзначив, що *"проф. В.І. Крокос зібрав міцний фактичний матеріал, що є цінним внеском у науку про українські леси і взагалі"*. А також оцінив внесок В.І. Крокоса до бібліографії четвертинних покладів України, яка стане важливою підмогою для майбутніх дослідників.

Після успішного захисту докторської дисертації академік П.А. Тутковський запросив Володимира Івановича працювати до Києва. Він прийняв пропозицію і разом з дружиною Валентиною Іванівною у 1927 р. переїжджає до Києва, де розпочинається вже наступний етап його життя та творчості, який тривав до самої смерті. В Українському науково-дослідному геологічному інституті АН УРСР В.І. Крокос очолив новостворений сектор палеонтології та стратиграфії, а пізніше – відділ четвертинної геології. Так розпочалась наукова кар'єра молодого одеського вченого у місті Києві, в системі Академії наук, поруч з видатною особистістю свого часу – П.А. Тутковським. Академік Павло Аполлонович Тутковський відзначив Володимира Івановича Крокоса, як спроможного досягнути високих наукових результатів і не помилився. На природничому відділенні Київського державного університету (тоді Київського інституту народної освіти), В.І. Крокос працював з 1927 р. на посаді професора кафедри геології та палеонтології, а згодом (1932–1936 рр.) став першим деканом геолого-географічного факультету та завідувачем кафедри геології і палеонтології (1933 р.). Крім того, у період 1927–1936 рр. він обіймав посаду заступника по науково-технічній частині в Українському геологорозвідувальному управлінні та працював в інших геологічних установах. З приводу цього, В.І. Крокос особисто написав: *"У 1928 році Український Геологічний Комітет доручив мені сформувати спеціальну партію для дослідження четвертинної серії, за час робіт якої я широко вжив цю методику для вивчення стратиграфії окремих геоморфологічних елементів. З моєї ініціативи знімальні партії Українського Геологорозвідувального Тресту, починаючи з 1929 р., стали застосовувати для дослідження четвертинної поволоки шурфи та свердловини"*. Тобто В.І. Крокос був одним із організаторів в УРСР геологічної 3-верстової зйомки четвертинних відкладів із застосуванням передової методики їх досліджень. Під час проведення зйомки він безпосередньо знімав два аркуші в Миргород-Зіньківському районі України. Володимир Іванович також заохочував до цієї зйомки своїх студентів. Наприклад, під його керівництвом четвертинні поклади північно-східної частини Азовського моря вивчав майбутній академік В.Г. Бондарчук.

Київський період діяльності В.І. Крокоса вважається найбільш продуктивним. Багато сил і знань він віддавав науковій і педагогічній роботі. У цей період він також приділяв багато уваги палеонтологічним дослідженням, любов до яких з'явилась ще у студентські роки завдяки його учителю – відомому професору Новоросійського університету Володимиру Дмитровичу Ласкареву. У затишку наукових кабінетів м. Києва Володимир Іванович обробляв матеріал, який давав змогу відкрити завісу над давно минулими епохами міоцену, пліоцену, плейстоцену і голоцену, відтворити їх палеогеографічні умови на теренах

України і Молдови. Цікаво, що найбагатші поховання фауни хребетних вчений знайшов в околицях с. Тудорова (Південна Бессарабія), с. Гребінники (Молдова), с. Еметовка поблизу Одеси. На жаль, В.І. Крокос встиг опрацювати лише невелику частину того, що зібрав. Решта палеонтологічних матеріалів перейшла до фондів музею Інституту зоології АН України.

На геолого-географічному факультеті Київського державного університету він читав низку геологічних предметів. У цей період В.І. Крокос написав і видав українською мовою перший підручник – *"Курс палеозоології"* (Т. 1. *Безхребетні*; Т. 2. *Хребетні*) та ряд посібників з геології, землезнавства й астрономії. Багато хто із студентів Володимира Івановича стали кандидатами і докторами наук, доцентами, професорами і академіками, лауреатами і заслуженими діячами науки. Серед них – В.Г. Бондарчук, Н.М. Баранова, В.М. Ващенко, М.Г. Дядченко, К.А. Жуковський, Г.В. Закревська, П.К. Заморій, О.К. Каптаренко-Черноусова, І.Л. Личак, К.І. Маков, Г.А. Макухіна, Г.І. Молявко, О.Д. Сергєєв, І.Д. Царовський, М.В. Чирвинська, П.Л. Шульга, І.М. Ямниченко та ін.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що за час науково-педагогічної діяльності в Одесі та Києві В.І. Крокос проявив себе як талановитий вчений і викладач, спектр наукових інтересів якого був дуже широким, а праця в галузі освіти відзначалась самовіддачею та наполегливістю. Видатний вчений старанно пройшов усі ланки поступового зростання науковця від лаборанта, молодшого та старшого асистента до посади викладача, доцента, професора, завідувача кафедри і декана геолого-географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Незважаючи на напружену науково-педагогічну діяльність, проф. Крокос В.І. знаходив час для популяризації геологічних знань серед широкого кола учнівської молоді, червоногвардійців, робітників і селян. Він автор науково-популярних брошур *"Что дали раскопки на Украине"*, *"Геологическое строение Одесского района"*, *"Появление жизни на Земле"*, *"Волшебное зеркало науки"*, *"Земля, небо, погода"*, *"Як плазуни завоювали море"*, *"Земля, її походження і найдавніша історія"* та багатьох інших.

Взагалі внесок вченого у розвиток геологічної науки України і світу вражає. Все яскраве життя В.І. Крокоса минуло у напруженій науковій і педагогічній роботі. Історично-науковий аналіз науково-педагогічної діяльності та творчої спадщини Володимира Івановича на ниві ґрунтознавства в Україні свідчить про те, що на її величність НАУКУ ГЕОЛОГІЮ він працював і в науковому кабінеті, і в полі. Це був вчений міжнародного рівня. Він опублікував більше 100 наукових праць, зокрема, понад 50 щодо характеристики четвертинних покладів і ґрунтів півдня України та 10 – палеонтологічного напрямку. За результатами багаторічних польових спостережень В.І. Крокосом було складено 3-верстові карти ґрунтів Ізюмського і Куп'янського повітів Харківщини та Тираспольського повіту Одеської губернії; перейнято та впроваджено методику проф. Набоких О.І. щодо закладання шурфів і свердловин та вперше запропоновано її використання в геологічних та гідрологічних дослідженнях; проведено широкомасштабні дослідження ґрунтів на материнських породах півдня України – Харківської, Подільської, Одеської, Миколаївської, Катеринославської, Херсонської губерній; підготовлено та видано твір найвищого наукового доробку – монографію *"Матеріали до характеристики четвертинних покладів східної та південної України"* (1927 р.).

Восени 1936 р. за наклепницьким доносом у ворожій діяльності В.І. Крокоса викликали до НКВС м. Києва. Після цього він, незважаючи на пізню осінь, на початку листопада виїхав у незаплановану польову експедицію в Одесу, де наклав на себе руки в кінці листопада. Висновок експертизи, складений через майже півтора місяця, визначив смерть як "раптову", не повідомляючи про виявлення під час огляду квартири флакона, що зберіг запах ефіру. Володимира Івановича Крокоса поховано на Старобайковому цвинтарі у Києві, його могила розташована по головній алеї праворуч, близько від могили митрополита Іосафа. Надгробок – плита з чорного каменю з написом: *"Владимир Иванович Крокос, профессор Киевского университета и АН УССР, доктор геологии. 26. 06. 1889–1936. 28. 11. Твоей образ светлый через жизнь мы в сердцах пропели"*.

Надійшла до редколегії 03.06.19

N. Shatalov, Dr. Sci. (Geol.), Leading Researcher

E-mail: shatalov@casre.kiev.ua

State Establishment "Scientific Center for Aerospace Earth Research of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine", 55-B, O. Gonchara Str., Kyiv, 03054, Ukraine

SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL ACTIVITY OF PROFESSOR V.I. KROKOS, THE FIRST DEAN OF THE GEOLOGICAL AND GEOGRAPHIC FACULTY OF TARAS SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY OF KYIV. THE 130-TH ANNIVERSARY OF THE BIRTHDAY

The article is devoted to the research of scientific and pedagogical activity of Vladimir Ivanovich Krokos (1889–1936), an outstanding Ukrainian geologist, geomorphologist, soil scientist, paleontologist, zoologist, stratigraphist, geologist, first dean of the geological-geographical faculty of Taras Shevchenko Kyiv National University. It also displays the main stages of the life and scientific and pedagogical work of the scientist in Odessa and Kyiv.

Keywords: V. Krokos, first dean, geologist, geomorphologist, soil scientist, paleontologist, zoologist, stratigraphist.

Н. Шаталов, д-р геол. наук, вед. науч. сотруд.

E-mail: shatalov@casre.kiev.ua

Государственное предприятие "Научный центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук Национальной академии наук Украины", ул. О. Гончара, 55-Б, Киев, 03054, Украина

НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПЕРВОГО ДЕКАНА ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА КИЕВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ТАРАСА ШЕВЧЕНКО ПРОФЕССОРА В.И. КРОКОСА. К 130-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

Посвящено научно-педагогической деятельности выдающегося украинского геолога, геоморфолога, почвовед, палеонтолога, зоолога, стратиграфа, гидрогеолога, первого декана геолого-географического факультета Киевского национального университета имени Тараса Шевченко Владимира Ивановича Крокоса (1889–1936). Отображены основные этапы жизни и научно-педагогической работы ученого в Одессе и Киеве.

Ключевые слова: В.И. Крокос, первый декан, геолог, геоморфолог, почвовед, палеонтолог, зоолог, стратиграф.

Наукове видання



ВІСНИК

КИЇВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ГЕОЛОГІЯ

Випуск 4(87)

Комп'ютерна обробка статей – О. О. Козіонова

Оригінал-макет виготовлено Видавничо-поліграфічним центром "Київський університет"

Opinions, statements, accuracy of the quotations, economic and statistical data, terminology, proper names and other information are made on the responsibility of 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, відповідної галузевої термінології, власних імен та інших відомостей. Редколегія залишає за собою право скорочувати та редагувати подані матеріали.



Формат 60x84^{1/8}. Ум. друк. арк. 12,1. Наклад 300. Зам. № 220-9648.
Гарнітура Arial. Папір офсетний. Друк офсетний. Вид. № Гл4.
Підписано до друку 25.12.19

Видавець і виготовлювач
ВПЦ "Київський університет"
Б-р Тараса Шевченка 14, м. Київ, 01030
☎ (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