

ISSN 1682-721X

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ MINERAL RESOURCES of UKRAINE УКРАЇНИ



ISSN 1682-721X



9 771682 721002

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC JOURNAL

3'2019

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

Науковий журнал, виходить 4 рази на рік,
вересень 2019 р.
Видається з 01.03.1994 р.

MINERAL RESOURCES OF UKRAINE

Scientific journal, is published 4 times per year,
September, 2019
Published since 01.03.1994

УДК 55(477)(051)
ББК 26.3(4УКР)Я5
М61

ЗАСНОВНИК / FOUNDER

Український державний геологорозвідувальний інститут
Ukrainian State Geological Research Institute

Зареєстровано в Державній реєстраційній службі
України, свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 23790-13630ПР від 15.03.2019 р.

Registered in the State Registration Service of Ukraine,
certificate of state registration
KB № 23790-13630PR dated 15.03.2019

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР / EDITOR-IN-CHIEF:

Сергій Володимирович Гюшовський
Sergii Volodymyrovych Goshovskiy

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ / EDITORIAL TEAM:

О. В. Зур'ян / O. Zurian
(заст. головного редактора / Deputy editor)
С. О. Некрасова / S. Nekrasova
(відповідальна секретарка / Executive secretary)

Ю. І. Войтенко / Yu. Voitenko, Л. В. Ісаков / L. Isakov,
М. М. Костенко / M. Kostenko, О. В. Кравченко /
O. Kravchenko, М. Д. Красножон / M. Krasnozhon,
Е. Д. Кузьменко / E. Kuzmenko, Я. Г. Лазарук /
Ya. Lazaruk, Н. Г. Люта / N. Lyuta, Г. Г. Лютий / G. Lyutyi,
О. І. Ляшенко / O. Liashenko, В. А. Михайлов /
V. Mykhailov, О. В. Плотніков / O. Plotnikov,
О. М. Пономаренко / O. Ponomarenko,
В. Л. Приходько / V. Prykhodko, Г. І. Рудько / G. Rudko,
В. В. Сукач / V. Sukach, В. М. Хоменко / V. Khomenko,
М. М. Шаталов / M. Shatalov, Є. О. Яковлев / Ye. Yakovlev

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЯ / INTERNATIONAL EDITORS:

Ад. А. Алієв / Ad. Aliyev, М. М. Зінчук / M. Zinchuk,
Лін Лі / Lin Li, А. Пестржинський / A. Piestrzynski,
Т. Тодоров / T. Todorov, В. Вімблдон / W. Wimbledon,
А. Шашмаз / A. Şaşmaz, Шенжі Юнг / Chenggui Jing

Відповідальний за випуск / Responsible for the issue:
М. М. Костенко / M. Kostenko

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

In the case of the reprint – reference to
"Mineral Resources of Ukraine" is obligatory

Рекомендовано до друку вченою радою УкрДГРІ
протокол № 2 від 25.06.2019 р.

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

Publisher UkrDHRI, Certificate of state
registration № 182 series DK dated September 18, 2000
04114, Kyiv, str. Avtozavodska, 78A

Наукове видання внесено до переліку наукових
фахових видань України з геологічної
й технічної галузей науки.

Накази Міністерства освіти та науки України
№ 515 від 16.05.2016 р., № 820 від 11.07.2016 р.

Журнал індексується в Google Scholar.
2016 року його зареєстровано в системі
Index Copernicus з індексом ICV2017 = 63.96.
З лютого 2019 р. журнал унесено в базу DOAJ.

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

КАЛАШНИК Г. А. / KALASHNYK G.

Перспективи виявлення промислових концентрацій рідкісних і рідкісноземельних елементів в Олексіївсько-Лисогірському урановорудному районі Інгульського мегаблока Українського щита
Prospects for discovery of industrial concentrations of rare and rare-earth elements in the Alekseevsko-Lysogorskiy uranium-ore area of Ingulskiy megablock of the Ukrainian shield **3**

ВАСИЛЬЄВА І. В. / VASILEVA I.

Уміст германію у вугільних пластах Львівсько-Волинського басейну та Донбасу
Contents of germanium in coal seams Lviv-Volyn basin and Donbas **11**

ВОЙТЕНКО Ю. І. / VOITENKO Yu.

Синергетика геологічних середовищ та її вплив на ефективність розроблення й пошуку родовищ корисних копалин
Synergetics of geological mediums and its impact on the effectiveness of the exploitation and exploration for mineral deposits **15**

ЗІНЧУК М. М. / ZINCHUK M.

Особливості алмазів з давніх осадових товщ на територіях впливу кристалічних масивів
Specific features of diamonds from ancient sedimentary thick layers on territories of crystalline rock masses influence **22**

ЗУР'ЯН О. В., ЛЯШОК А. Ф. / ZURIAN O., LIASHOK A.

Показники запасів і видобутку горючих корисних копалин в Україні за період 2013–2018 років з позицій технічного аналізу
Indicators of reserves and extraction of combustible minerals in Ukraine from 2013 to 2018 from the standpoint of technical analysis **30**


КИРИЛЮК В. П. / KYRYLYUK V.

Ще раз про стратиграфічні комплекси та регіональну стратиграфічну схему нижнього докембрію Українського щита
Стаття 1. Підстави для введення стратиграфічних комплексів у схему Українського щита
Revisiting stratigraphic complexes and regional stratigraphic scheme of the lower precambrian of the Ukrainian shield
Article 1. Grounds for the introduction of stratigraphic complexes in the scheme of the Ukrainian shield **40**

ШПАК О. М., ЛОГВИНЕНКО О. І. / SHPAK O., LOHVVYENKO O.

Дослідження природного самоочищення підземного середовища, забрудненого нафтопродуктами
Research of natural remediation of the subsurface contaminated with petroleum products **49**

УДК 550.8.012:528/084.3 (477)

 <https://doi.org/10.31996/mru.2019.3.3-10>

Г. А. КАЛАШНИК, д-р геол. наук, професор (Льотна академія Національного авіаційного університету (ЛНАУ)), kalashnik_anna1@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9581-9865>

G. KALASHNYK, Doctor of Geological Sciences (Dr. Sci. (Geol.)), Professor, Flight Academy Of National Aviation University, kalashnik_anna1@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9581-9865>

ПЕРСПЕКТИВИ ВИЯВЛЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ РІДКІСНИХ І РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ОЛЕКСІЇВСЬКО-ЛИСОГІРСЬКОМУ УРАНОВОРУДНОМУ РАЙОНІ ИНГУЛЬСЬКОГО МЕГАБЛОКА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АЛЕКСЕЕВСКО-ЛЫСОГОРСКОМ УРАНОВОРУДНОМ РАЙОНЕ ИНГУЛЬСКОГО МЕГАБЛОКА УКРАИНСКОГО ЩИТА

PROSPECTS FOR DISCOVERY OF INDUSTRIAL CONCENTRATIONS OF RARE AND RARE-EARTH ELEMENTS IN THE ALEKSEEVSKO-LYSOGORSKIY URANIUM-ORE AREA OF INGULSKIY MEGABLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Репрезентовано результати оцінки перспектив виявлення промислових концентрацій рідкісних і рідкісноземельних елементів у межах Олексіївсько-Лисогірського урановорудного району Інгульського мегаблока Українського щита (УЩ). Виявлено загальні закономірності в розміщенні промислових об'єктів рідкіснометалевого та уранового зрудення в Інгульському мегаблочі УЩ, зумовлені подібними глибинними чинниками рудоутворення. Обґрунтовано комплекс регіональних критеріїв уранового зрудення рідкісноземельно-торій-уранової формації в кремній-калієвих метасоматитах Олексіївсько-Лисогірського рудного району: геолого-структурних, мінералого-геохімічних, гідрогеологічних. Представлено характерні локальні особливості проявів рідкіснометалевого зрудення в цьому регіоні. За результатами аналізу геолого-геофізичних матеріалів визначено можливість виявлення в Олексіївсько-Лисогірському урановорудному районі нових уранових і комплексних уран-рідкіснометалевих родовищ з вищими параметрами зрудення в оптимальних геолого-структурних умовах. Визначено можливість виявлення в межах відомих урановорудних полів проявів уранової мінералізації рангу родовище, рудопрояв цього рудного району, промислових концентрацій рідкісних і рідкісноземельних елементів. Обґрунтовано можливість підвищення цінності відомих родовищ і рудопроявів урану Олексіївсько-Лисогірського урановорудного району внаслідок комплексного використання руд. За ступенем прояву комплексу критеріїв виділено перспективні рудні й потенційно рудні зони для можливого виявлення промислових концентрацій рідкісних металів і рідкісноземельних елементів у межах Олексіївсько-Лисогірського рудного району. Розроблено рекомендації для проведення подальших досліджень в Олексіївсько-Лисогірському урановорудному районі для якісного поліпшення сировинної бази рідкісних і рідкісноземельних елементів.

Ключові слова: рідкісноземельно-торій-уранова формація в кремній-калієвих метасоматитах, Олексіївсько-Лисогірський урановорудний район, Інгульський мегаблок, Український щит.

The article presents the results of the assessment of the prospects for discovery of industrial concentrations of rare and rare-earth elements in the Alekseevsko-Lysogorskiy uranium-ore area of Ingulskiy megablock of the Ukrainian Shield. General pattern in the distribution of industrial objects of rare-metal and uranium mineralization in the Ingulskiy megablock of the Ukrainian Shield, caused by similar deep-seated factors of ore formation, are revealed. The complex of regional and criteria of uranium mineralization of a rare-earth-thorium-uranium formation in silicon-potassium metasomatites of the Alekseevsko-Lysogorskiy ore region is substantiated: geological-structural, mineralogical-geochemical, hydrogeological. There were presented characteristic local features of manifestations of rare-metal mineralization in this region. Based on the results of the analysis of geological and geophysical materials, it was possible to identify new uranium and complex uranium rare-metal deposits with higher mineralization parameters in optimal geological and structural conditions in the Alekseevsko-Lysogorskiy uranium ore region. There has been established the possibility of identifying within the limits of known uranium ore fields, manifestations of uranium mineralization of the rank such as deposit, ore occurrence of this uranium ore region of industrial concentrations of rare and rare-earth elements. The possibility of increasing the value of known deposits and ore occurrences of uranium of the Alekseevsko-Lysogorskiy uranium ore region due to the complexity of ore use is substantiated. According to the degree of manifestation of the complex of criteria, prospective ore and potentially ore zones are discovered for possible detection of industrial concentrations of rare metals and rare-earth elements within the Alekseevsko-Lysogorskiy ore region. There were developed recommendations for further research in the Alekseevsko-Lysogorskiy uranium ore region with the aim of improving the quality of the raw material base of rare and rare-earth elements.

Keywords: a rare-earth-thorium-uranium formation in silicon-potassium metasomatites, the Alekseevsko-Lysogorskiy uranium-ore area, Ingulskiy megablock, the Ukrainian Shield.

Общая постановка проблемы, обзор публикаций и нерешенные части проблемы. Особенности минерально-сырьевой базы редких и редкоземельных элементов Украины делают актуальной задачу рационального использования соответствующи-

щих природных ресурсов, комплексной и безотходной переработки сырья с целью более эффективного их использования [1]. Комплексный характер урановых руд ряда месторождений Кировоградской урановорудной металлогенической области Украинского щита (УЩ), наличие развитой инфраструктуры горнодобывающей промышленности дают основание вы-

делить этот регион как приоритетный для проведения поисково-ревизионных работ на целый комплекс редких и рассеянных элементов, таких как: скандий, рений, тантал, ниобий, вольфрам, олово, молибден, ванадий, цирконий, гафний, рубидий, цезий, литий, стронций, редкие земли и иттрий, бериллий, висмут, индий, галлий, германий, таллий. Это позволит расширить и с учетом изучения характера распределения этих элементов в конкретных рудных телах известных месторождений урана, технологичности комплексных руд качественно улучшить сырьевую базу соответствующих элементов.

Исходя из мантийной природы рудного вещества, нами выделен ряд глубинных факторов, приведших к формированию на УЩ крупных эндогенных месторождений: урана [2], U-V-TR-Sc руд [3], лития, Ta-Li руд [4] и определивших, в частности, специфические металлогенические тренды регионального уровня в Ингульском мегаблоке УЩ [5]. Особенности строения литосферы, в первую очередь ее мощность (и соответственно степень зрелости), определяли РТ-условия, способствовавшие эффективному первичному концентрированию тех или иных рудных компонентов на мантийном уровне, региональную геохимическую специализацию и металлогеническую зональность астеносферной мантии, а глубинные разломы транслитосферной проницаемости обеспечивали транспортировку рудного вещества в пределы земной коры [2].

УЩ является крупной докембрийской редкометалльной провинцией, данные по которому свидетельствуют о существовании определенных общих закономерностей в размещении объектов редкометалльного и уранового оруденения в краевых частях Ингульского мегаблока, что обусловлено общностью глубинных факторов рудообразования [5]. Ведущая роль в промышленном редкометалльном рудообразовании на УЩ принадлежит глубинным факторам: мантийным очаговым структурам в сегментах литосферы высокой степени зрелости и глубинным разломам транслитосферной проницаемости, обусловившим первичную мантийную сепарацию рудогенных компонентов редкометалльной специализации, глыбово-блоковые движения отдельных участков земной коры, поступление по сквозным каналам мантийных рудогенных компонентов, повышенную магматическую и метаморфическую активность [5]. Ведущую роль в непосредственном механизме финального этапа редкометалльного рудообразования в верхних слоях земной коры играли метасоматические процессы, которые обусловили мобилизацию, перераспределение и концентрацию рудных компонентов [2] в периоды определенных этапов тектономагматической и тектонометасоматической активизации. Вне очаговых структур редкометалльное оруденение контролируется исключительно зонами глубинных разломов, которые обуславливали глубокую магматическую дифференциацию вещества и мощный привнос редких и других элементов. Главная роль в непосредственном механизме редкометалльного рудообразования на верхних этажах земной коры принадлежала метасоматическим процессам, которые обуславливали неоднократную мобилизацию, перераспределение и концентрацию рудных компонентов. При этом существенную роль на финальной стадии рудообразования играла интенсивность и полнота развития как магматических серий, так и магматических процессов.

На УЩ редкометалльные метасоматиты распространены преимущественно в пределах Ингульского, Приазовского и Волынского мегаблоков [1]. На остальной территории

УЩ они встречаются на локальных участках в связи с тектонометасоматическими зонами. Накопление редких элементов на УЩ обусловлено, главным образом, щелочным, магнезиально-железистым метасоматозом, а также процессами кислотного выщелачивания. При этом достаточно отчетливо устанавливается отсутствие заметных концентраций редких элементов в связи со средне- и низкотемпературными метасоматитами, которые могут быть отнесены к группам оксеталлитов и аргиллизитов. В целом формирование основной массы редкометалльных метасоматитов происходило в диапазоне температур 400–650 °С [6]. Продукты щелочного метасоматоза в этом температурном диапазоне на УЩ представлены формациями апогранитов, альбититов, пертозитов, кремний-калиевых метасоматитов и замещенных пегматитов. С ними связано накопление основной массы литофильных редких элементов (Li, Rb, Cs, Be, Zr, Hf, Nb, Ta). Кроме того, они характеризуются и повышенными концентрациями халькофильных редких элементов (Ga, Ge, Tl, Cd). Продукты кислотного выщелачивания представлены формациями апогранитов и грейзенов, в которых накапливаются Cs, Be, Nb, Ta. Формация редкометалльных апогранитов неоднородна. Производные кислой гранитной магмы корового происхождения в куполах и выступах кровли интрузивов имеют существенно олово-танталовую специализацию (микролит, танталит-колумбит со струверитом и касситеритом). Апограниты, развитые по щелочным гранитоидам (с рибекитом, арфведсонитом, гастингситом, иногда с эгирином), имеют существенно ниобий-цирконий-редкоземельную специализацию с Ta, Th, U, Pb, Sn, Ti, Mo. Грейзены обычно приурочены к апикальным частям массивов двуслюдяных или мусковитовых лейкогранитов и зонам их эндо- и экзоконтактов. Магнезиально-железистый метасоматоз, будучи сопряженным с калиевым, приводит к формированию иттрий-редкоземельной минерализации в зонах биотитизации [7].

Продукты карбонатного метасоматоза представлены формацией карбонатитов, с их поздней фазой связано преимущественное накопление редких земель. Прослеживается отчетливая связь метасоматитов карбонатитовой формации со щелочно-ультраосновными породами. Намечается пространственная связь и щелочных метасоматитов с породами определенного петрографического состава. К ним могут быть отнесены микроклиновые порфиробластические граниты аллохтонного типа, рапакиви, щелочные и субщелочные граниты малых интрузий, нефелиновые и щелочные сиениты и некоторые другие.

Высокотемпературный кремний-калиевый метасоматоз и связанное с ним урановое оруденение проявлены в большинстве мегаблоков УЩ (за исключением Подольского блока Днестровско-Бугского мегаблока и Среднеприднепровского), но в разной степени – наиболее масштабно проявлены в Ингульском мегаблоке, в остальных мегаблоках проявлены очень локально. Приурочены к тектоническим зонам длительного развития. В этой урановорудной формации выделяют две подформации: торий-урановую (с сульфидами) в кремний-калиевых метасоматитах и урановую в микроклинитах.

Оруденение первой подформации обычно пространственно совмещено с более ранними уран-ториеносными пегматоидами в связи с единством контролирующих их структур. Оруденение представлено уранинитом, бреггеритом, редко коффинитом, настураном, торгуммитом, циртолитом.

Оруденение второй подформации установлено в Алексеевско-Лысогорском рудном районе. Оно приурочено к протяженным долгоживущим зонам разломов вблизи небольших массивов калиевых гранитов, обычно на флангах крупных зон или полос развития пегматоидов. Вмещающими породами являются граниты, гнейсы, мигматиты, иногда с жилообразными телами пегматоидов. Оруденение локализуется в микроклинитах и микроклинизированных гранитоидах. Основной рудный минерал уранинит при подчиненном значении настурана и коффинита.

Термодинамические условия формирования и минеральные формы оруденения и их ассоциации для редкоземельно-торий-урановой формации в кремний-калиевых метасоматитах, температурный режим метасоматических изменений и рудообразования отнесены к высокотемпературным, по мнению ряда исследователей, в частности А. И. Гинзбурга [7], А. И. Тишкина и А. И. Стрыгина [6], В. А. Крупенникова [8]. По данным А. И. Тишкина и др., температура образования микроклина Южного месторождения составляла 470–510 °С [6]. Для торий-урановой (с сульфидами) подформации оруденения в кремний-калиевых метасоматитах отмечено характерное повышение до 3 % содержания редких земель. Так, в уранинитах Южного месторождения на долю редких земель цериевой группы приходится 40–42 %, иттриевой группы – 54–57 %, итербиевой – 2–3 %. Такое соотношение между указанными группами элементов позволило А. И. Гинзбургу [7] считать условия формирования уранинита при оруденении достаточно высокотемпературными. Урановая подформация в микроклинитах выделяется Т. В. Билибиной [9] в самостоятельную и для нее действительно характерны более низкие температуры рудообразования, переходные термодинамические условия от высокотемпературных к среднетемпературным.

Относительно образования оруденения редкоземельно-торий-урановой формации в высокотемпературных кремний-калиевых метасоматитах существует множество точек зрения. Они просуммированы и проанализированы в работах А. В. Кузьмина (КП “Кировгеология”) [10 и др.]: А. И. Стрыгин (1969 г.) относил его к пегматоидным образованиям, Ю. П. Егоров (1969 г.) – к гранитизационным, сформированным в процессе автометасоматоза пегматоидов [11], А. И. Тишкин и др. – к переходным от пегматитов к высокотемпературным гидротермалитам [6], В. Г. Кушев (1972 г.) – к метеорно-ювенильным гидротермальным с источником рудного вещества в породах фильтра [12]. В. А. Крупенников относил месторождения калий-урановой формации (Южное, Лозоватское, Калиновское) к типичным гидротермальным с развитием процесса рудообразования как по пегматитам, так и по вмещающим blastomylonitам, blastokataklazitам и даже гнейсам [8]. Н. Ф. Сыродоев считал рудный процесс автометасоматическим, который протекал внутри пегматоидных тел при дополнительном привносе рудного вещества с перекристаллизацией ранней радиоактивной и редкоземельной минерализации [13]. При этом он исходил из многочисленных определений изотопного возраста уранинита (1,95–2,00 млрд лет по данным уран-свинцового метода), который практически совпадал с возрастом вмещающих гранитов и пегматитов (1,95–1,99 млрд лет по данным К-Аг метода) [13]. Большинство геологов КП “Кировгеология” придерживаются мнения о постранициационном гидротермальном генезисе этих образований.

Важным критерием редкометалльного оруденения является минеральный состав метасоматитов – наличие монацита, ксенотима, колумбита, танталита, сподумена, пироклора, циркона, берилла, фенакита и других рудных минералов, а также калишпата, альбита, амазонита, флюорита, турмалина, слюд и др. как индикаторов метасоматических изменений. Для всех основных формаций редкометалльных метасоматитов УЩ характерны определенные ассоциации элементов в эндогенных ореолах.

В урановых рудах месторождений в карбонатно-натриевых метасоматитах Кировоградского урановорудного района отмечаются повышенные содержания многих элементов: Pb, Zn, Be, V, Zr, TR, P, Au. Однако концентрации сопутствующих элементов не достигают промышленных уровней и урановые руды характеризуются как монометалльные [14]. Состав рудных альбититов месторождений Криворожского урановорудного района существенным образом отличается от альбититов Кировоградского рудного района того же возраста и генезиса широчайшим спектром элементов-примесей, достигающих промышленных содержаний – Sc, V, Zr, TR, P, повышенным содержанием Ge, Cu, Au, Ag [15]. В рудах ряда месторождений урана экзогенно-инфильтрационного типа Южно-Бугского, Саксаганско-Сурского, Ингуло-Ингулецкого урановорудных районов отмечаются аномальные концентрации Se, Re, Tl, TR, V, Sr, Mo, Pb, Cu, Zn, Co, Ni [16]. Наиболее высокие кларки концентрации, иногда соизмеримые с концентрациями урана в рудных залежах, характерны для селена, рения, таллия и некоторых редкоземельных элементов [17]. Для Алексеевско-Лысогорского урановорудного района характерно развитие оруденения редкоземельно-торий-урановой формации в кремний-калиевых метасоматитах.

Таким образом, существует ряд месторождений урана, на которых целесообразно проведение доизучения материалов с целью определения перспектив попутного извлечения некоторых редких элементов при отработке урановых руд либо их селективной выемки из отдельных рудных тел. На данном этапе исследований актуальной задачей является оценка возможности выявления промышленных концентраций редких и редкоземельных элементов в пределах хорошо изученных известных на УЩ урановорудных полей и участков проявления урановой минерализации ранга месторождение, рудопроявление путем анализа сводных материалов результатов геологических, геохимических, геофизических, металлогенических исследований КП “Кировгеология”, что может позволить существенно повысить эффективность геологоразведочных работ при минимальных дополнительных затратах. Особый интерес при этом представляет Алексеевско-Лысогорский урановорудный район с развитым в его пределах оруденением редкоземельно-торий-урановой формации в кремний-калиевых метасоматитах. Оценка возможности выявления промышленных концентраций редких и редкоземельных элементов в пределах Алексеевско-Лысогорского урановорудного района является частью общей проблемы, которая не была решена ранее. Обусловлено это следующим: в 60-е годы на Калиновском и Лозоватском месторождениях этой формации была выполнена буровая, а на Южном – горно-буровая предварительная разведка. В связи с обнаружением в конце 1964 года более масштабного уранового оруденения в Кировоградском рудном районе, работы на этот тип оруденения были свернуты

и ряд рудопоявлений оказался недооцененным, а часть Алексеевско-Лысогорского рудного района осталась слабоизученной. Оруденение редкоземельно-торий-урановой формации в кремний-калиевых метасоматитах является активным резервом редкометалльной и редкоземельной минерально-сырьевой базы Украины [10].

Цель статьи. Целью статьи является определение возможностей выявления промышленных концентраций редких и редкоземельных элементов, комплексных уран-редкометалльных руд в пределах Алексеевско-Лысогорского урановорудного района Ингульского мегаблока УЩ для совместной разработки.

Методы исследований. Для достижения поставленной цели нами использовался комплекс геологических, минералого-геохимических, изотопно-геохимических, гидрогеологических и структурно-геологических методов исследований.

Предпосылки формирования и региональные критерии уранового оруденения TR-Th-U формации в кремний-калиевых метасоматитах Алексеевско-Лысогорского рудного района

Алексеевско-Лысогорский урановорудный район расположен в юго-западной краевой части Ингульского мегаблока в крупном узле пересечения меридиональных разломов (Первомайско-Трактемировского, Бугско-Мироновского, Каменноостовского) с разломами северо-западного простирания системы 315–320°, входящих в состав региональной разломной зоны Центрального разлома (Алексеевско-Дашевский, Вознесенский, Николаевский) (рис. 1). Эта зона рассматривается как глубинная структура архейского заложения, выраженная в поверхности Мохо. К западу от Первомайско-Трактемировского и к юго-западу от Алексеевско-Дашевского разломов в строении района принима-

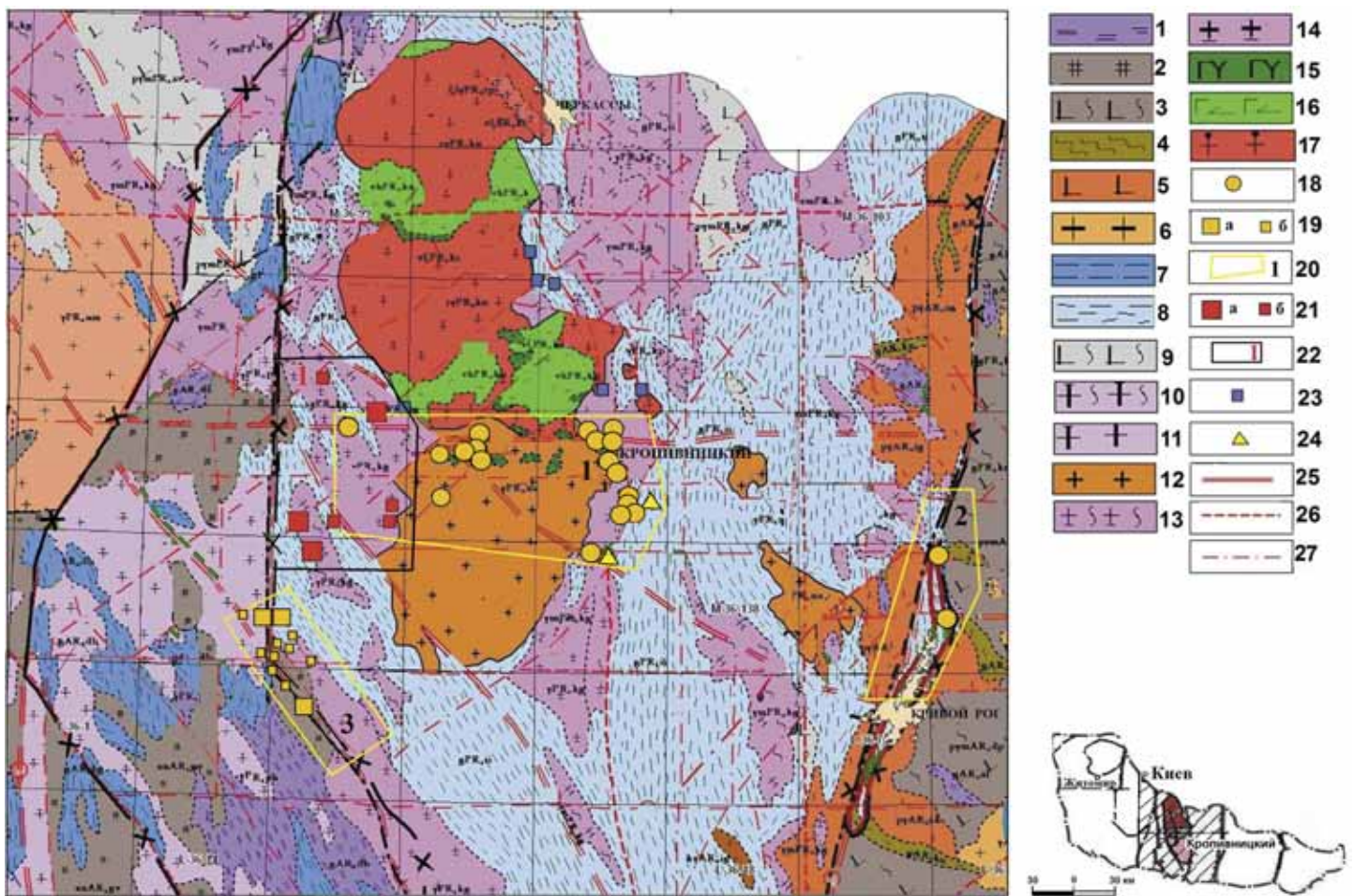


Рис. 1. Схема размещения Алексеевско-Лысогорского урановорудного района в структуре Ингульского мегаблока Украинского щита, совмещенная с геолого-структурной основой докембрийских образований (с использованием материалов КП «Кировгеология»)

(AR₁): 1 – глубокометаморфизованные вулканогенно-осадочные формации, 2 – формации эндербитов, 3 – плагиомигматиты и плагиограниты биотитовые и амфибол-биотитовые; (AR₂): 4 – конкская серия; 5 – формация ремобилизованных плагиогранитов, 6 – регрессивных ультраметаморфических автохтонных и параавтохтонных гранитов; *неоархей* (AR₃): 7 – метаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные формации (бугская, росинско-тикичская серии); *палеопротерозой* (PR₁): 8 – метаморфизованные осадочные и вулканогенно-осадочные формации (ингуло-ингулецкая, криворожская серии), 9 – ультраметаморфические плагиомигматиты, 10 – ультраметаморфические мигматиты, 11 – ультраметаморфические граниты; 12 – формация чарнокитоидов, трахитоидных гранитов; *формация прогрессивных ультраметаморфических автохтонных и параавтохтонных*: 13 – гранитов, 14 – мигматитов; *мезопротерозой* (PR₂): вулканогенно-плутоническая ассоциация: 15 – габбро-сиенитовая формация; *формация анортозит-рапакивигранитная (корсунь-новомиргородский комплекс)*: 16 – габбро-лабрадориты, 17 – граниты рапакиви и рапакивиоподобные; 18 – месторождения урана в карбонатно-натриевых метасоматитах; 19 – урановорудные объекты редкоземельно-торий-урановой формации в кремний-калиевых метасоматитах: а – месторождения, б – рудопоявления, 20 – урановорудные районы: 1 – Кировоградский, 2 – Криворожский, 3 – Алексеевско-Лысогорский; 21 – Li и Ta-Li месторождения (а) и рудопоявления (б) Шполянско-Ташлыкского редкометалльного рудного района; 22 – контуры Шполянско-Ташлыкского рудного района; 23 – фосфорно-редкоземельно-ураноториевые рудопоявления; 24 – месторождения золота; разломы: 25 – мантийные, 26 – мантийно-коровые, 27 – крупные локальные

ют участие чарнокиты и граниты побужского комплекса с останцами пород бугской серии, среди которых сохранились участки эндрбитов гайворонского комплекса (рис. 1).

К востоку от Первомайско-Трактемировского разлома развиты породы бугской серии с полями мигматитов и небольших равномернозернистых гранитоидов, отнесенных к кировоградскому комплексу. В дуговидной полосе шириной до 15 км, контролируемой глубинными Первомайско-Трактемировским и Алексеевско-Дашевским разломами и разломами более высоких порядков, в пределах Алексеевско-Лысогорского района среди гнейсов бугской серии с полями мигматитов и телами равномернозернистых гранитов, в южной части чарнокитов и эндрбитов развиты пегматоидные граниты в виде жилло- и аплитовидных тел с минерализацией акцессорной редкоземельно-торий-урановой формации (рис. 2).

Установлен практически повсеместный региональный контроль рудоносных метасоматитов зонами глубинных и региональных долгоживущих разломов северо-западного и субмеридионального простираний догранитизационного или внутригранитизационного заложения; узлами сочленения указанных зон с крупными разрывами иных простираний с признаками сходного характера заложения. Сочетание разломов северо-западной и меридиональной систем, узлы их сопряжения между собой и со структурами других направлений создали ловушки, обусловившие формирование тектонометасоматических узлов, несущих основную массу промышленных руд. Линейные участки таких структур обычно вмещают убогие руды. Минералого-геохимическими критериями месторождений редкоземельно-торий-урановой формации в кремний-калиевых метасоматитах можно считать: 1) повышенные концентрации урана в пегматоидных гранитах и микроклинизированных породах с перекристаллизованными магнезиально-железистыми минералами; 2) повышенные концентрации в пегматоидных гранитах и микроклинизированных породах элементов-спутников оруденения данной формации: тория, молибдена, свинца, иттрия; 3) повышенные концентрации урана в монацитах; 4) площадные радиогеохимические аномалии. Гидрогеологическим критерием оруденения данной формации можно считать площади с радиогидрогеологическими аномалиями, характеризующимися комплексом гидрохимических признаков урановой минерализации в кварц-микроклиновых метасоматитах и пегматоидных гранитах.

Результаты оценки перспектив выявления промышленных концентраций редких и редкоземельных элементов в пределах Алексеевско-Лысогорского урановорудного района

Алексеевско-Лысогорский урановорудный район включает средние по запасам промышленные месторождения урана: Южное, Калиновское, Лозоватское и ряд рудопроявлений, относимых к редкоземельно-торий-урановой формации в кремний-калиевых метасоматитах. Особенности проявления редкометалльного оруденения Алексеевско-Лысогорского урановорудного района состоят в следующем. Высокотемпературный калиевый метасоматоз (510–470 °С), связанный с заключительными этапами палеопротерозойской гранитизации, здесь развит по зонам, вмещающим пегматиты с акцессорной минерализацией монацита, циркона, ортита, уранинита и боковые породы. Как полагают ученые [6], на первой стадии замещения происходило развитие крупночешуйчатого биотита, а в основном, за счет полевых шпатов с образованием зон биотитизации по периферии тел пегматитов в процессе магнезиально-железистого метасоматоза, а также

перекристаллизация гиперстена и выделение магнетита. При этом происходило перераспределение иттрия и лантаноидов и их концентрация в зонах биотитизации, преимущественно в зонах дробления. На второй стадии происходило замещение биотита микроклином в ходе наложения кремний-калиевого метасоматоза с последующим переходом к слабой альбитизации. С этой стадией связано массовое выделение крупных зерен и агрегатов монацита и ксенотима в различных соотношениях при резко подчиненной роли апатита и циркона. Содержание урана в монацитах поздней стадии в пять раз выше, чем в ранней. С завершением микроклинизации связано формирование основной массы уранинита, определяющей запасы Калиновского, Южного, Лозоватского месторождений. Установлено повышение параметров оруденения, в том числе уранового, на участках пересечения тектонометасоматическими зонами пачек пироксен- и графитосодержащих гнейсов. Рудо-

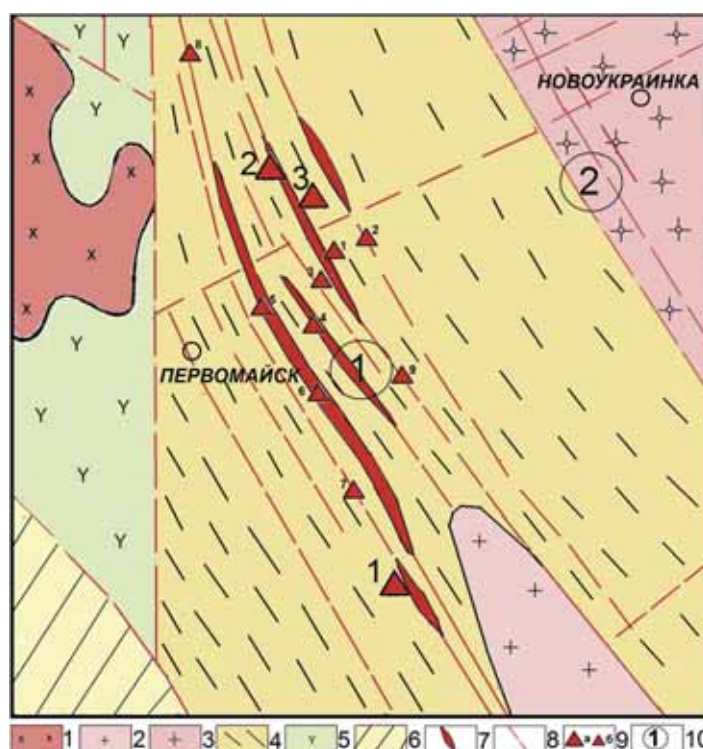


Рис. 2. Обзорная схема размещения месторождений и рудопроявлений урановых руд редкоземельно-торий-урановой формации в кремний-калиевых метасоматитах в пределах Алексеевско-Лысогорского урановорудного района

1 – аплитовидные, аплит-пегматоидные граниты; 2 – граниты порфиробластические средне-крупнозернистые вознесенские; 3 – граниты порфиробластические трахитоидные крупнозернистые биотитовые и гранат-биотитовые новоукраинские; 4 – нерасчлененные образования ингуло-ингулецкой серии: гнейсы графит-биотитовые, биотитовые, в различной степени мигматитизированные с мелкими линзовидными телами пегматоидных и аплит-пегматоидных гранитов; 5 – нерасчлененные образования днестровско-бугской серии: лептиты, альбитофиры, гнейсы гранат-биотитовые, кордиерит-биотитовые; 6 – нерасчлененные мигматиты и граниты с останцами биотитовых, гранат-биотитовых и амфибол-биотитовых гнейсов и амфиболитов; 7 – зоны развития пегматоидных гранитов, микроклинитивов, в том числе урановорудных; 8 – дизъюнктивы; 9 – рудные объекты редкоземельно-торий-урановой формации в кремний-калиевых метасоматитах: а – месторождения: 1 – Южное, 2 – Лозоватское, 3 – Калиновское; б – рудопроявления: 1 – Бандурское, 2 – Восточно-Бандурское, 3 – Виноградовское, 4 – Софиевское, 5 – Ближнее, 6 – Очеретянское, 7 – Семеновское, 8 – Добрянское, 9 – Корабельное; 10 – зоны разломов: 1 – Первомайско-Трактемировского, 2 – Звенигородско-Анновского

носные метасоматиты проявлены на фоне более широкого развития уран- и торийсодержащих пегматоидных гранитов и грейзенизированных пород. В результате сформировалось комплексное оруденение с различными соотношениями как между радиоактивными и редкими элементами, так и между группами тяжелых и редких лантаноидов.

На Корабельном участке оконтурена рудная залежь протяженностью 70 м и шириной 40 м, выявленные по скважинам рудные интервалы в ее пределах содержат аномальные концентрации суммы редких земель, а иттрия – от 0,08 до 2,22 %. Характерной особенностью руд является преобладание в их составе ценных тяжелых лантаноидов: гадолиния, тербия, диспрозия, гольмия, эрбия, туллия, иттербия, лютеция. При оценке редкоземельного рудопроявления Балка Корабельная, проведенной в 60-е годы, ему была дана отрицательная оценка из-за малых запасов. Однако важным фактором при определении промышленной ценности редкоземельного месторождения является спектр редкоземельных элементов, характер распределения и степень извлечения. Отсюда вытекает необходимость изучения характера распределения и степени извлечения редких земель цериевого и иттриевого состава в конкретных рудных телах рудопроявления Балка Корабельная. Для этого рудного объекта отсутствует значительное количество анализов каждого из лантаноидов, иттрия и суммы редкоземельных элементов. Исследования проводили в 60-е годы на устаревшей по сегодняшним меркам аппаратуре, неточными методами (химические анализы на сумму редкоземельных элементов). Для более надежных определений необходимы дополнительные экспериментальные исследования проб современной аппаратурой и усовершенствованными методами.

По ряду проб скважин, пробуренных на месторождениях Южное и Лозоватское, зафиксированы содержания ксенотима до 2 % (до 1 % иттрия), а также аномальные концентрации иттрия и лантаноидов в апатите, цирконе. На месторождении Южное иттрий присутствует почти во всех урановорудных зонах. При этом в ряде обнажений и проявлений отмечены концентрации иттрия, равные или превышающие 0,3 %, концентрации суммы лантаноидов во многих случаях превышают 0,3 %, достигая в отдельных скважинах 1,6 %. В районе Лозоватского месторождения установлена интенсивно проявленная минерализация висмута и мышьяка в ассоциации с пирротином, халькопиритом и пиритом.

В южной части Голованевской шовной зоны широко распространены высокотемпературные калиевые и кремний-калиевые метасоматиты, связанные с постгранитизационными процессами, которые формируют метасоматический тип ториевого (в основном торийсодержащего оруденения).

Ториевое оруденение этого подтипа приурочено к пегматоидным гранитам, которые залегают в форме дайко- и жлоподобных тел среди пород различного состава, без видимой связи с определенными гранитными массивами. Эти образования наиболее широко распространены в южной части Голованевской шовной зоны, где они образуют полосы шириной до 500 м с простираем более 10 км (рис. 2), контролируемые субмеридиональными тектоническими зонами глубокого заложения и длительного развития с неоднократными подновлениями. В составе этих зон преобладают тектониты, образованные в условиях пластических деформаций [18].

Микроклинизированные и, в меньшей мере, биотитизированные, как пегматоидные граниты, так и вмещающие их породы (главным образом, гнейсы или мигматиты) характеризуются метасоматической зональностью, обусловленной

воздействием калиевого и, в меньшей мере, магниезально-железистого метасоматоза. Ореолы метасоматических изменений достигают ширины в сотни метров и простираются на несколько километров. Наиболее интенсивно метасоматиты развиты в эндоконтактах пегматоидных тел. В них установлено привнесение калия, кремния и глинозема и вынесение натрия и кальция. Отсутствие существенных диафорических изменений в породах свидетельствует, что термодинамические условия формирования как пегматоидов, так и метасоматитов были близкими.

Оруденение в метасоматитах имеет комплексный TR-Th-U характер. Оно представлено уранинитом, реже коффицитом и настураном, торогумитом, монацитом, циртолитом, а также фтороапатитом. По торий-урановому отношению уранинит аналогичен ураниниту гранитных пегматитов и имеет повышенное содержание редких земель преимущественно иттриевой группы. Ураноносные высокотемпературные кремний-калиевые (и калиевые) метасоматиты часто развиты за счет бластотектонитов, в которых нет признаков синхронных им хрупких деформаций. Это позволяет считать, что формирование метасоматитов этого типа и оруденения в них происходило в условиях глубинных пластических деформаций за счет просачивания рудоносных растворов через поровые пространства рудоносных пород. Глубина формирования пегматоидов и оруденения в них оценивается в работе [6] в 8–10 км, а возраст в 2000–1950 млн лет. Урансвинцовый возраст уранинита Калиновского месторождения составляет 1972 ± 92 млн лет [19], возраст кремний-калиевых метасоматитов с редкоземельно-торий-урановым оруденением Алексеевско-Лысогорского урановорудного района по ураниниту составляет 2,03 млрд лет [20].

С территорией Алексеевско-Лысогорского рудного района совпадает обширный радиогидрогеологический ореол в трещинно-грунтовых водах, в котором с одинаковой интенсивностью проявлены аномалии с признаками редкоземельно-торий-урановой минерализации в пегматоидных гранитах и уранового оруденения в высокотемпературных кремний-калиевых метасоматитах.

На Калиновском, Лозоватском и Южном месторождениях фиксируется невысокое содержание тория, характерное и для пегматоидов за их пределами, а ряд рудопроявлений урана в кремний-калиевых метасоматитах Алексеевско-Лысогорского района (Западно- и Восточно-Бандуровское, Виноградовское и другие) характеризуются настолько низким содержанием тория, что даже не фиксируются как проявления ториевой минерализации. Урановое оруденение, как и метасоматические преобразования, главным образом приурочены к эндоконтактовым частям пегматоидных тел, а ториевая минерализация развита и в их центральных частях. Таким образом, видно, что метасоматоз и связанное с ним урановое оруденение наложены на тела пегматоидных гранитов, которые несут акцессорную минерализацию, существенно не изменяя в них среднего содержания тория.

Проведенный анализ материалов по Алексеевско-Лысогорскому урановорудному району позволил существенно уточнить положение и увязку изучавшихся ранее рудоносных участков, а также дополнительно наметить две рудные зоны в пределах известных урановых объектов и выделить пять потенциально рудных зон в пределах практически не изучавшихся ранее участков, представляющих собой узлы пересечения Николаевского, Алексеевско-Дашевского, Вознесенского разломов северо-западного простираения си-

стемы (315–320°) с меридиональными Бугско-Мироновским и Каменноостовско-Лысянским разломами. На этих участках удалось наметить субпараллельные полосы магнезиально-железисто-калиевых метасоматитов и рудопроявлений иттрия и лантаноидов (рудные подзоны).

Ожидается, что в пределах рудной зоны, вмещающей Корабельное рудопоявление, могут быть выявлены объекты не только с рядовыми, но и с богатыми рудами редких элементов. Доразведка известных и возобновление поиска новых месторождений редкоземельно-торий-урановой формации в кремний-калиевых метасоматитах с учетом нынешней конъюнктуры на мировом рынке урана и редкоземельных элементов являются целесообразными, что обусловлено высокой извлекаемостью урана из руд и комплексным характером оруденения с аномальными до промышленного содержаниями широкого спектра редкоземельных элементов.

Выводы и основные направления дальнейших исследований

Установлена возможность выявления промышленных концентраций редких и редкоземельных элементов в пределах Алексеевско-Лысогорского урановорудного района Ингульского мегаблока УЩ в оптимальных геолого-структурных условиях, а также возможность повышения ценности известных месторождений и рудопоявлений урана этого района за счет комплексного использования руд.

Дальнейшие исследования рекомендуется проводить по следующим направлениям:

- Необходимо провести доизучение фондовых материалов по Южному, Лозоватскому, Калиновскому месторождениям с доопробованием возможно сохранившихся дубликатов проб по рудным зонам месторождений с целью уточнения как уровней концентрации редких земель и иттрия в их пределах, так и степени совпадения уранового и редкометалльного оруденения в рудных зонах и телах.

- Выяснение условий локализации редких элементов и определение возможности их попутной добычи при отработке урановых руд.

Положительные результаты этих работ могут существенно повысить ценность этих урановых месторождений и перевести их в разряд промышленных объектов комплексных руд.

В связи с крайне неравномерной изученностью территории района предыдущими геологоразведочными работами требуется постановка на ряде потенциально рудных зон проведения работ методами структурной геофизики масштаба 1:50 000–1:25 000, а также проведение поискового и параметрического бурения. Проведенное доизучение при получении положительных результатов может позволить перейти к системному изучению и оценке возможности выявления промышленных концентраций редкометалльного и редкоземельного оруденения на перспективных участках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Том 1. Металлические полезные ископаемые/Д. С. Гурский, К. Е. Есипчук, В. И. Калинин и др. – Киев-Львов: Изд-во “Центр Европы”, 2005. – 785 с.
2. Калашиник А. А. Прогнозирование крупных эндогенных месторождений урана с учетом особенностей строения литосферы Украинского щита/А. А. Калашиник//Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия. Геология. – 2014. – № 2. – С. 5–12.
3. Калашиник А. А. Источники рудных компонентов Криворожско-Кременчугской минерагенической зоны Украинского щита. Статья 1. Пространственная и геохимическая связь ураново-, железорудных объектов и кимберлитов-(лампроитов-)проявлений в

пределах Криворожско-Кременчугской зоны/А. А. Калашиник//Мінеральні ресурси України. – 2011. – № 3 – С. 14–23.

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

5. Калашиник А. А. Причины пространственной связи и монометалльности формирования промышленного золотого и уранового оруденения в Кировоградском рудном районе УЩ//36. наукових праць УкрДГРІ. – 2015. – № 3. – С. 88–103.

6. Тишкин А. И. Особенности поведения урана в пегматитовом процессе/А. И. Тишкин, В. А. Стрельцов//Очерки геохимии отдельных элементов. – М.: Наука, 1973. – С. 148–161.

7. Гинзбург А. И. Генетические типы месторождений редких элементов/А. И. Гинзбург//Разведка и охрана недр. – 1957. – № 6. – С. 17–23.

8. Крупенников В. А. Месторождения областей тектоно-ультраметаморфогенной активизации, образованные в процессе высокотемпературного калиевого метасоматоза и тесно связанные с ультраметаморфизмом и абиссальными гранитоидным магматизмом/В. А. Крупенников//Гидротермальные месторождения урана. – М.: Изд-во ВИМС, 1978. – С. 85–100.

9. Билибина Т. В. Урановорудные формации Украинского и Алданского щитов и вопросы прогнозирования уранового оруденения/Т. В. Билибина. – М.: Изд-во ВИМС, 1977. – 365 с.

10. Кузьмин А. В. Оруденение в кремний-калиевых метасоматитах – активный резерв минерально-сырьевой базы урана Украины//Тезисы докладов научно-практической конференции “Кировгеология – 60 лет: история, достижения, перспективы?” (Киев, 22–23 ноября 2007 г.), КП “Кировгеология”, 2007. – С. 15–17.

11. Егоров Ю. П. Некоторые закономерности формирования размещения метасоматических месторождений урана в докембрии/Ю. П. Егоров//Геологический журнал. – 1969. – Т. 29. – Вып. 2. – С. 14–17.

12. Кушев В. Г. Щелочные метасоматиты докембрия/В. Г. Кушев. – Л.: Недра, 1972. – 124 с.

13. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины/Белевцев Я. Н., Коваль В. Б., Бакаржиев А. Х. и др.; под ред. Я. Н. Белевцева, В. Б. Ковалья. – К.: Наукова думка, 1995. – 376 с.

14. Иванов Б. Н. Рідкісноземельно-торій-уранові, урано-торієві пегматити і граніти центральної частини Українського щита та деякі проблеми їхнього походження/Б. Н. Иванов//Вісник Київського нац. університету. Серія. Геологія. – 2004. – Вип. 31–32. – С. 85–88.

15. Калашиник А. А. Закономерности формирования урановорудных метасоматитов в связи с особенностями глубинного строения литосферы Украинского щита/А. А. Калашиник//Вісник Київського нац. університету. Сер. Геологія. – 2016. – № 3. – Т. 74. – С. 51–57. (Web of Science).

16. Калашиник А. А. Глубинные факторы формирования крупных U-V-TR-Sc месторождений в метасоматитах на Украинском щите/А. А. Калашиник//Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия. Геология. – 2015. – № 2. – С. 68–72.

17. Калашиник А. А. Геолого-структурные особенности экзогенно-инфильтрационных месторождений урана в Ингуло-Ингулецком рудном районе Украинского щита/А. А. Калашиник//Науковий вісник НГУ. – 2013. – № 3. – С. 11–18.

18. Калашиник А. А. Структурная позиция месторождений калий-урановой формации Алексеевско-Лысогорского урановорудного района Украинского щита/А. А. Калашиник, А. В. Кузьмин//36. наукових праць УкрДГРІ. – 2012. – № 2. – С. 78–90.

19. Пономаренко О. М. Радиогеохронология процесів метасоматозу в кристалічних породах УЩ/О. М. Пономаренко, Л. М. Степанюк, С. Г. Кривдік, В. О. Синицин: тези доповідей наукової конференції “Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд” (Київ, 14–16 березня 2012 р.), ИГМР 2012. – С. 64–66.

20. Сьомка В. О. Геохімія, мінералогія та вік торій-уранового зруденіння докембрію Українського щита/В. О. Сьомка, С. М. Бондаренко. – К.: ИГМР НАНУ, 2010. – 258 с.

REFERENCES

1. Metallic and nonmetallic minerals of the Ukraine. Volume 1. Metallic minerals/D. S. Gurskij, K. E. Esipchuk, V. I. Kalinin and dr. – Kiev-Lvov: Izd-vo “Centr Evropy”, 2005. – 785 p. (In Russian).

2. Kalashnik A. A. Prognostication of major endogenous uranium deposits with take into account to features of the Ukrainian Shield lithosphere structure//Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya. Geologiya. – 2014. – № 2. – P. 5–12. (In Russian).

3. Kalashnik A. A. Sources of ore components within the Krivoy Roh – Kremenchuh mineragenic zone of the Ukrainian Shield. Article 1. Spatial and geochemical relationship of uranium ore, iron-ore objects and kimberlite (lamproite-) magmatism within the Krivoy Rog – Kremenchug zone//Mineralni resursy Ukrainy. – 2011. – № 3. – P. 14–23. (In Russian).

4. Kalashnik A. A. Deep factors of formation of lithium major industrial deposits in rare-metal pegmatites of Shpolyano-Tashlyksky ore region of UkrSh/Article 1. The basic physical and chemical properties of elements of ore paragenesis in rare-metal pegmatites of Shpolyano-Tashlyksky ore region and geochemical characteristics of metasomatites//Mineralni resursy Ukrainy. – 2015. – № 2. – P. 12–21. (In Russian).

5. Kalashnik A. A. Causes of spatial relationships and monometal of industrial gold and uranium ore formation in Kirovograd ore region of the UkrSh//Zb. naukovykh prats UkrDHRI. – 2015. – № 3. – P. 88–103. (In Russian).

6. Tishkin A. I., Strelcov V. A. Peculiarities of uranium behavior in the pegmatite process//Ocherki geohimii otdelnykh elementov. – Moskva: Nauka, 1973. – P. 148–161. (In Russian).

7. Ginzburg A. I. Genetic types of deposits of rare elements//Razvedka i ohrana neдр. – 1957. – № 6. – P. 17–23. (In Russian).

8. Krupennikov V. A. Deposits of areas of tectono-ultrametamorphic activation, formed in the process of high-temperature potassium metasomatism and closely related to ultrametamorphism and abyssal granitoid magmatism//Gidrotermalnye mestorozhdeniya urana. – Moskva: Izd-vo VIMS, 1978. – P. 85–100. (In Russian).

9. Bilibina T. V. Uranium ore formations of the Ukrainian and Aldan shields and the issues of forecasting uranium mineralization. – Moskva: Izd-vo VIMS, 1977. – 365 p. (In Russian).

10. Kuzmin A. V. Mineralization in silicon-potassium metasomatites - an active reserve of the uranium mineral base of Ukraine: Abstracts of the reports of the scientific and practical conference “Kirovgeology – 60 years: history, achievements, prospects. (Kyiv, 22–23 noyabrya 2007). – SE “Kirovgeologija”, 2007. – P. 15–17. (In Russian).

11. Egorov Ju. P. Some regularities of the formation of the location of metamorphic uranium deposits in the Precambrian//Geologicheskij zhurnal. – 1969. – V. 29. – Iss. 2. – P. 14–17. (In Russian).

12. Kushev V. G. Alkaline Precambrian metasomatites. – Leningrad: Nedra, 1972. – 124 p. (In Russian).

13. Genetic types and regularities of location Uranium of deposits in Ukraine/Belevceva Ja. N., Koval V. B., Bakarzhiev A. H. and others; pod red. Ja. N. Belevceva, V. B. Kovalya. – Kyiv: Naukova dumka, 1995. – 376 p. (In Russian).

14. Ivanov B. N. Rare earth-thorium-uranium, uranium-thorium pegmatites and granites of the central part of the Ukrainian shield and some problems of their origin/Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Seriya heolohichna. – 2004. – Iss. 31–32. – P. 85–88. (In Ukrainian).

15. Kalashnik A. A. Patterns of uranium ore metasomatites localization in association with features of the Ukrainian Shield lithosphere's deep structure// Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu. Seriya. Heolohiia. – 2016. – № 3. – V. 74. – P. 51–57. (In Russian). (Web of Science).

16. Kalashnik A. A. Deep factors of forming of major U-V-TR-Sc deposits in metasomatites within The Ukrainian Shield//Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya. Geologiya. – 2015. – № 2. – P. 5–12. (In Russian).

17. Kalashnik A. A. Geological and structural features of exogenous-infiltration uranium deposits in the Ingulo-Inguletsky uranium ore region of the Ukrainian Shield//Naukovyi visnyk natsionalnoho hirnychoho universytetu. – 2013. – № 3. – P. 11–18. (In Russian).

18. Kalashnik A. A., Kuzmin A. V. Structural position of the uranium deposits of potassium-formation of the Alekseevsko-Lysogorskiy uranium ore district of the Ukrainian Shield//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2012. – № 2. – C. 78–90. (In Russian).

19. Ponomarenko O. M., Stepaniuk L. M., Kryvdik S. H., Synytsyn V. O. Radiogeochronology of metasomatites processes in crystal rocks of the UkrSh: tezy dopovidei naukovi konferentsii “Teoretychni pytannia i praktyka doslidzhennia metasomatychnykh porid i rud”; (Kyiv, 14–16 bereznia 2012). – IHMR, 2012. – P. 64–66. (In Ukrainian).

20. Somka V. O., Bondarenko S. M. Geochemistry, mineralogy and age of thorium-uranium ores of the Precambrian of the Ukrainian Shield. – Kyiv: IHMR NANU, 2010. – 258 p. (In Ukrainian).

Рукопис отримано 11.03.2019.

ТЕРМІНОВО



Черговий **36-й Міжнародний геологічний конгрес** та **ГЕОЕКСПО-2020** відбудеться 2–8 березня 2020 року в Делі (Індія), у країні давніх цивілізацій та культури, в одному з найбільших і найсучасніших центрів Індії – **India Expo Center & Mart**.

Міжнародний геологічний конгрес (МГК) (англ. **International Geological Congress IGC**) – найвище зібрання геологів, яке з 1878 року проводять у різних країнах світу.

Український державний геологорозвідувальний інститут (УкрДГРІ) визначено організатором участі геологів України в 36-му Міжнародному геологічному конгресі, зокрема й підприємств Державної геологічної служби України.

Девіз 36-го МГК “Геонаука: фундаментальна наука в інтересах стійкого майбутнього”. Окрім Індії, в організації та проведенні заходу також беруть участь Бангладеш, Непал, Пакистан і Шрі-Ланка.

Ключові дати:

31 жовтня 2019 року	завершення приймання тез доповідей
31 жовтня 2019 року	завершення бронювання екскурсій
30 листопада 2019 року	завершення ранньої реєстрації
31 січня 2020 року	завершення стандартної реєстрації
2 березня 2020 року	початок реєстрації на місці

Конгрес має наукову програму, що складається із 45 тем і 287 симпозіумів, де буде виголошено понад 3000 доповідей та 2000 презентацій з використанням електронних постерів.

На кожну доповідь надається 15 хвилин (включно з її обговоренням), основний доповідач має 30 хвилин. Доповідач може особисто представити лише одну усну доповідь, але одночас може бути співавтором декількох усних доповідей.


Робочою мовою конгресу є англійська.

Для учасників 36-го МГК заплановано понад 50 геологічних екскурсій переважно на території Індії і частини Непалу, Бангладеш і Шрі-Ланки. Опис польових геологічних екскурсій наведено в III циркулярі.

Доказніше з програмою роботи 36-го МГК, прізвищами тематичних координаторів і темами симпозіумів можна ознайомитися на сайті 36-го МГК <http://36igc.org> або надіславши звернення на адресу УкрДГРІ ukrdgri@ukrdgri.gov.ua.

Чекаємо на Вашу участь у великій події у світі геонаук – 36-му Міжнародному геологічному конгресі!

УДК 553.493.57

 <https://doi.org/10.31996/mru.2019.3.11-14>

I. В. ВАСИЛЬЄВА, аспірантка Українського державного геологорозвідувального інституту, vasilieva1982@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5487-9896>

I. VASILEVA, graduate student (Ukrainian State Geological Research Institute), Kyiv, Ukraine, vasilieva1982@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-5487-9896>

УМІСТ ГЕРМАНІЮ У ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТАХ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО БАСЕЙНУ ТА ДОНБАСУ

CONTENTS OF GERMANIUM IN COAL SEAMS LVIV-VOLYN BASIN AND DONBAS

Основним джерелом вилучення германію в Україні є вугілля. Згідно із сучасними вимогами вміст германію в енергетичному вугіллі має перевищувати 10 г/т (повітряно-сухої ваги), у коксівному – 3 г/т. Крім вугілля, для отримання германію також придатні вуглевмісні породи та шахтні води. В Україні германієносні вугільні пласти поширені у відкладах Львівсько-Волинського й Донецького басейнів.

Пошуково-розвідувальні роботи на германій сягнули найбільшого розвитку, починаючи з 1954 р. Роботи тривали на різних родовищах корисних копалин і мали на меті виявити сировинні джерела для супутнього вилучення германію. Ступінь вивченості й промислове освоєння цих районів неоднакові. Уміст германію у вугіллі різних пластів варіює в широкому діапазоні.

Германій використовують у багатьох галузях промисловості, і попит на нього постійно зростає. Супутнє вилучення германію – це один зі способів поліпшення економічних показників вугільної галузі.

Ключові слова: супутні елементи, германій, вугільний пласт, вугільний басейн, вугілля, пошуково-розвідувальні роботи.

The main source of germanium sequestration in Ukraine is coal. According to modern requirements, the content of germanium in coal should be more than 10 g/t (air-dry weight), in coking - 3 g/t. Germanium can be obtained from mine water and coal rocks, as well. In Ukraine, germanium carbonate rocks are distributed in the sediments of the Lviv-Volyn and Donetsk basins. The distribution of germanium in the rocks of coal basins is different and rarely obeys laws. All coal layers tested are more or less germanium. Tectonic disturbances had no controlling effect on the accumulation and spread of germanium in the coal basin. The highest content of germanium is found in the central and western parts of the Donetsk coal basin district.

The search and reconnaissance work on germanium has been widely disseminated since 1954. The work was carried out at various mineral deposits in order to identify raw materials for the related extraction of germanium. The degree of study and industrial development of these areas are different. The content of germanium in the coal of different layers varies in a wide range.

Germanium is used in many industries and demand for it is constantly increasing. The scope of the metal is quite wide; it is used for the manufacture of transistors and circuits, for engineering and electronics. Radar installations use thin germanium films that are pre-applied to the glass substrate.

The subsequent withdrawal of germanium is one way to improve the economic performance of the coal industry. Concomitant extraction of germanium from coal, products of its processing and mine waters of Donbas is now quite realistic and can help to increase the profitability of coal enterprises.

Keywords: related elements, germanium, coal seam, coal basin, coal, prospecting.

Германій має велике значення в багатьох галузях промисловості, і попит на нього постійно зростає. Сфера застосування металу досить широка, його використовують для виготовлення транзисторів і мікросхем, застосовуваних у техніці та електроніці. У радарних установках як елементи опору використовують тонкі германієві плівки, які попередньо наносять на скляну основу. Як елемент сплавів германій використовують у виробництві детекторів і радарів [7].

Цей елемент є стратегічно важливим матеріалом, який використовують для виготовлення оптичних приладів, що пропускають інфрачервоне світло [9]. Оптиковолоконні системи, інфрачервона оптика й напівпровідникові діоди, виготовлені з германію, повсюдно використовують у комп'ютерній техніці, приладах нічного бачення, навколосезонних супутниках і системах наведення ракет. Германій є надпровідним матеріалом, який зберігає свої характеристики в умовах роботи за температури рідкого азоту. Застосовують метал і в ядерній фізиці, з нього виробляють детектори, що вловлюють гамма-випромінювання.

Германій унаслідок незначного вмісту в земній корі й геохімічної спорідненості з деякими дуже поширеними елементами виявляє обмежену здатність до утворення власних мінералів, проникаючи в кристалічні решітки інших мінералів. Тому власні мінерали германію трапляються вкрай рідко.

Починаючи з 1954 року, широкого розвитку набули пошуково-розвідувальні роботи на германій. Роботи тривали на різних родовищах корисних копалин з метою виявлення сировинних джерел для супутнього вилучення германію. Унаслідок ревізійних робіт з'ясовано, що джерелом промислового виробництва германію має стати енергетичне вугілля, сировинна база якого досить перспективна.

В Україні германієносні вугільні пласти поширені у відкладах Львівсько-Волинського й Донецького басейнів. Ступінь вивченості й промислове освоєння цих районів неоднакові. Уміст германію у вугіллі різних пластів варіює в широкому діапазоні. У різні часи на етапах розвідувальних робіт та на стадії освоєння родовищ вугілля тривали дослідження вмісту германію у вугіллі для його подальшого вилучення.

Львівсько-Волинський басейн. В адміністративному плані площа охоплює північно-західну частину Львівської та південно-західну частину Волинської областей України. У геологічній будові Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну беруть участь комплекси порід від докембрію до четвертинного періоду. Найдослідженішими є відклади кам'яновугільної системи. З достатньою повнотою вивчено також мезозойсько-кайнозойські відклади, що їх укривають. Відомості про давні палеозойські та докембрійські відклади ґрунтуються на даних геофізичної розвідки й невеликої кількості пошукових свердловин, що нерівномірно розміщені по території басейну та за його межами [4].

У геоструктурному плані Львівсько-Волинський басейн охоплює центральну частину палеозойського прогину, що отримав назву в геологічній літературі Львівсько-Брестська западина. На півночі вона переходить у Білорусько-Подільську западину, на півдні – Прикарпатську депресію.

Палеозойські відклади Львівсько-Волинської западини слабо дислоковані та зберігають форму рельєфу кристалічної основи. На тлі загального пологого моноклінального падіння кам'яновугільних утворень на захід під кутом 1–3° геологорозвідувальними й геофізичними роботами встановлено дислокації другого порядку у вигляді окремих підняттях і занурень.

Вугленосними є вестфальський, намюрський, візейський яруси, до яких належать понад 50 пластів і прошарків вугілля. Найбільшу вугленосність мають відклади намюрського ярусу, до якого належать основні промислові пласти басейну: $n_8^s, n_8, n_7^s, n_7, n_7^u$. Вугленосність основної продуктивної товщі – намюра – помітно збільшується в південному напрямку. Робочої потужності досягають від двох до п'яти пластів, залежно від розміщення.

За потужністю всі вугільні пласти басейну зараховують до категорії тонких 0,50–1,50 м, за стійкістю – до групи нестійких. Пласти вугілля мають переважно просту будову, належать до марки Г, груп Г₆, Г₁₂.

Дослідження германієносності вугілля на площі басейну було розпочато 1955 року. Випробування пластів тривало у два етапи: попередній і детальний. Під час попереднього етапу за рідкою сіткою було випробувано всі шахтопласти з використанням усіх відомостей стосовно них, накопичених упродовж попередніх досліджень. Одночасно із цим було встановлено поширення германію по розрізу пласта та площі басейну.

Під час детального етапу розвідки основний обсяг випробувальних робіт був зосереджений на найперспективніших за вмістом германію площах – на робочих шахтах Волинського родовища. Водночас із масовим випробуванням на германій тривало спеціальне випробування задля отримання даних щодо збагачення вугілля на германій, галій і берилій, а також інформації стосовно закономірностей концентрації та поширення германію у вугіллі басейну.

У стратиграфічному розрізі із 16 вугільних пластів найщільніше випробувані п'ять основних пластів: $n_8^s, n_8, n_7^s, n_7, n_7^u$. Уміст германію у вугіллі визначали напівкількісним спектральним методом. Разом з германієм розшифровували спектрограми для 25 інших малих елементів: Be, Ga, Sc, Y, Yb, La, V, Cr, Co, Ni, Zn, Sn, W, Pb, Mo, Zr, Ag, As, Sb, Hf, Te, Tl, Nb, In, Cd.

Золу вугілля аналізували за методом Клера. Починаючи з 1958 р., застосовували кількісний спектральний і хімічний методи. З 1960 р. вміст германію у вугіллі басейну визначали лише хімічним способом.

Вугілля Львівсько-Волинського басейну за вмістом і характером поширення германію належить до категорії бідних з нерівномірним поширенням як за площею, так і стратиграфічним розрізом. Уміст германію на площі басейну досягає максимальних значень у центральній частині басейну, у південно-північному напрямку він набагато зменшується (табл. 1).

Уміщувальні породи теж, як і вугілля, є носіями германію, у кількісному співвідношенні вони у 2,1–3,7 раза бідніші на германій, ніж вугілля. Середній уміст германію у вміщувальних породах басейну до 2 г/т. Бідні на германій також і породні прошарки, уміст германію в яких становить 1–2 г/т.

Під час досліджень вмісту й поширення германію у вугіллі та вміщувальних породах встановлено такі закономірності поведінки германію в процесі накопичення осадів.

1. Поширення германію по розрізу пласта нерівномірне, що проявляється в аномальному зруденні невеликих за потужністю (0,10–0,20 м) прошарків вугілля в покрівлі та підшві пласта.

2. Тектонічні порушення не мали контролювального впливу на накопичення й поширення германію у вугіллі басейну.

3. Між потужністю пласта й вмістом германію є зворотна залежність – зі збільшенням потужності пласта вміст германію зменшується.

4. Мінеральні домішки двояко впливають на осад германію у вугільному пласті. Прямий зв'язок або ж його відсутність спостережено в прошарках вугілля із зольністю 16–18 %. Перевищення встановленої межі за золою веде до різко негативної корелятивної залежності. Таким чином, германію притаманна вибіркова приуроченість до вугілля з невеликою зольністю, тобто малозольне вугілля (до 18 %) перспективніше на германій, ніж високозольне.

5. Петрографічний склад вугілля не є контролювальним чинником накопичення й розподілу германію у вугіллі басейну. Однак роль вихідної речовини під час накопичення й акумуляції германію була неоднаковою й проявлялась у вибірковій концентрації його геліфікованою речовиною.

Західний Донбас. Це промислово розвинений вугленосний район. Площа його охоплює широку смугу розвитку продуктивних відкладень нижнього й середнього карбону, що простягається від промислового Донбасу на північний захід на понад 250 км.

Таблиця 1. Середній уміст германію в пластах вугілля потужністю від 0,20 м і більше

Синоніміка пласта	Забугське родовище			Міжрічанське родовище			Волинське родовище		
	Потужність пласта, м	Уміст германію, г/т		Потужність пласта, м	Уміст германію, г/т		Потужність пласта, м	Уміст германію, г/т	
		У вугіллі	У золі		У вугіллі	У золі		У вугіллі	У золі
w ₄	0,63	79	97						
w ₃	0,32	74	40	0,45	4,5	24			
w ₁	0,43	8,4	80	0,54	6,1	47			
n ₁₂	0,38	8,4	72	0,38	7,8	40			
n ₁₁	0,38	7,6	32	0,37	11,1	66			
n ₁₀	0,28	12,5	65	0,50	4,0	17			
n ₈ ^s	0,64	5,5	30	0,84	2,8	15			
n ₈	0,54	6,6	74	0,57	4,1	35	1,20	4,1	33
n ₇ ^s	0,52	6,2	34	0,77	3,9	24	0,44	4,8	26
n ₇	0,45	7,0	38	0,56	4,5	30	0,71	6,9	51
n ₇ ^u	0,55	6,3	37	1,30	2,3	22			
n ₆	0,64	5,0	20						

Розвідані родовища нижнього карбону, особливо в Павлоградсько-Петропавлівському геологопромисловому районі, на сьогодні і далі інтенсивно освоює промисловість [5].

У геологічній будові району бере участь потужний комплекс осадових утворень девонського, кам'яновугільного, пермського, тріасового, юрського, палеогенового й четвертинного віку, що лежать на породах докембрійського кристалічного фундаменту.

Кам'яновугільні відклади в районі представлені всіма свитами нижнього й середнього відділів. Основною продуктивною товщею нижнього карбону є самарська свита C_1^3 (С), яка розділяється на дві підсвіти. Нижня підсвіта залягає в інтервалі вапняків C_1-C_5 і містить 60 вугільних пластів і прошарків, з яких 21 пласт має промислове значення. Середня потужність нижньої підсвіти становить приблизно 400 м. Верхня підсвіта має потужність 70–80 м і характеризується майже повною відсутністю вугілля.

Відклади середнього карбону мають широкий розвиток у північній частині району, де їхня потужність досягає 1800 м. Усі свити середнього карбону містять вугільні пласти робочої потужності, але найпродуктивнішими є свити C_2^6 і C_2^7 . Уміщувальні породи карбонових відкладів представлені перемешаними між собою шарами аргілітів, алевролітів, пісковиків і вапняків.

Потужність пластів аргілітів коливається від декількох сантиметрів до 20–30 м, алевролітів – до 40–50 м. Алевроліти часто перешаровуються тонкими пластами пісковіку. В аргілітах є вкраплення кремнієво-глинистих нирок. Пласти пісковиків мають потужність до 45 м, вапняків – до 10 м. Процентне співвідношення порід карбонових відкладень у розрізі, за даними пробурених під час дослідження свердловин, таке: аргіліти – 40,3 %; алевроліти – 29,7 %; пісковики – 27,0 %; вугілля – 1,5 %; вапняки – 1,5 %.

Вугленосна карбонова товща перекрита мезозойськими відкладами потужністю від 50 до 300 і більше метрів, представленими переважно піщано-глинистими породами. До глинистих порід належать щільні, в'язкі глини, строкато-кольорові й світло-сірі, а також лесоподібні суглинки четвертинного періоду. До піщаних порід належать слабо зцементовані дрібнозернисті пісковики й пухкі піски. Пісковики часто містять гальку і гравій.

Західний Донбас приурочений до південно-східного крила Дніпровсько-Донецької западини. Комплекс осадових порід характеризується моноклінальним заляганням з кутами

падіння 2–5° у напрямку до осі западини. Переважне простягання порід – північно-західне.

Основним типом тектонічних порушень у басейні є скиди. Скиди зазвичай стрімко падні, паралельні, рідко такі, що сходяться та створюють цілу систему розломів. Кути падіння площин змішувачів становлять 40–85°, амплітуда зміщення від кількох до 350 метрів. Складчасті форми дислокації спостерігаються на окремих, найбільш порушених ділянках і проявляються у вигляді хвилястого залягання порід, що місцями переходить у дрібну пологу складчастість з кутами падіння крил від 3–5° до 7–8°.

Вивчення германієносності кам'яного вугілля Західного Донбасу систематично розпочато з 1955 р. На першому етапі дослідження проводили методом спектрального напівкількісного аналізу. З-поміж виконавців – трест “Дніпрогеологія”, Львівська й Дніпропетровська геологічні експедиції та трест “Артемгеологія”.

Упродовж 1951–1959 років досліджено 18189 проб. З них за родовищами Західного Донбасу – 12097 проб, Львівсько-Волинського району – 3322 проби, Дніпробасу – 2770 проб. Унаслідок досліджень у кам'яному вугіллі Західного Донбасу визначено промисловий уміст германію 0,18 % у золі. Зіставляючи дані, отримані за іншими вугільними басейнами, встановлено, що вугленосна площа родовищ Донбасу належить до родовищ з найбагатшим рудопроявом германію. Германієносним є вугілля нижнього й середнього карбону.

Під час другого етапу випробування пластів 1956 року складено карту поширення та вмісту германію масштабу 1:25000. Відібрані з розвідувальних свердловин проби досліджено за допомогою: напівкількісного спектрального аналізу, кількісного спектрального аналізу, хімічного аналізу, вуглепетрографічних методів. Уміст германію за деякими вугільними пластами Західного Донбасу репрезентовано в табл. 2.

На підставі досліджень германієносності вугілля Західного Донбасу зроблено такі висновки.

1. Усі випробувані пласти вугілля більшою чи меншою мірою є германієносними.
2. Просторове поширення германію в кожному пласті окремо та за стратиграфічним розрізом загалом нерівномірне; закономірностей не виявлено.
3. Найбільш германієносними пластами є такі: c_4^1 , c_4^3 , c_6^3 , c_7^b , c_9 . До пластів з найменшим умістом германію належать: c_1 , c_2^1 , c_6 , c_{10}^c , c_{10}^b (9 г/т).

Таблиця 2. Уміст германію в деяких вугільних пластах Західного Донбасу

Синоніміка пласта	Характеристика вугільного пласта	Загальна площа германієносного вугілля, км ²	Середньозважений уміст германію, г/т
V_8	потужність до 0,45–0,60 м, будова складна	26,7	11,6
c_3	потужність невитримана, до 0,45–0,75 м, будова проста	142,4	10,1
c_4^1	потужність 0,45–0,75 м, будова проста, трапляються розмиви пласта по площі	278,6	11,0
c_4^3	невитриманий, 0,45–0,95 м	137,1	12,1
c_4^4	потужність 0,50–0,60 м, будова проста	86,3	11,7
c_5^1	потужність 0,10–0,35 м (іноді 0,40–0,45 м), будова проста	63,6	9,35
c_6^3	порівняно стійкий робочий пласт з потужністю 0,45–0,75 м	186,2	10,1
c_7^b	потужність не перевищує 0,75 м, будова проста	247,9	11,35
c_9	потужність 0,45–1,20 м, будова проста	91,8	10,7
c_{10}^h	потужність неробоча, будова складна	38,3	9,35
c_{10}^{2b}	потужність невитримана, будова складна	33,3	10,6
c_{11}	потужність до 0,40–0,50 м, пласт нестійкий	27,7	11,1
c_{12}	потужність від 0,45 до 0,70 м, будова проста	41,6	11,0

Таблиця 3. Результати атомно-емісійного спектрального аналізу вугільно-породного матеріалу відвалу ш. “Київська”

№ проби	Масова частка германію у %, що обчислюється на повітряно-сухе навішування	Уміст германію, г/т	Примітки
проба 1	$2 \cdot 10^{-4}$	2,0	проба з осередку нагрівання порід, глибина 25 см, t 109 °C
проба 2	$2 \cdot 10^{-4}$	2,0	проба з осередку нагрівання порід, глибина 25 см, t 90 °C
проба 3	$2 \cdot 10^{-4}$	2,0	проба з осередку нагрівання порід, глибина 25 см, t 60 °C
проба 4	$1,5 \cdot 10^{-4}$	1,5	проба з осередку нагрівання порід, глибина 25 см, t 60 °C
проба 5	$3 \cdot 10^{-4}$	3,0	проба з осередку нагрівання порід, глибина 25 см, t 50 °C
проба 6	$3 \cdot 10^{-4}$	3,0	пробу відібрано з ділянки перегорілої породи
проба 7	$1 \cdot 10^{-4}$	–	пробу відібрано з ділянки перегорілої породи
проба 8	$1,5 \cdot 10^{-4}$	1,5	пробу відібрано з ділянки перегорілої породи
проба 9	$2 \cdot 10^{-4}$	2,0	пробу відібрано з ділянки свіжовідсипаної породи

4. Найбільше зруденіння розміщується в центральній та західній частинах району на ділянках Димитрівській, Таранівській, Алефірівській, Благодатненській, Павлоградській.

5. Збагачені германієм ділянки та лінзи мають звивисті контури й розміщуються як на виходах пластів, так і на їхньому середньому й глибокому заляганні.

6. Уміст германію зменшується від кларенів до ультрадіуренів і прямо залежить від умісту мікрокомпонентів групи вітриніту та обернено – від умісту мікрокомпонентів групи фіузеніту та лейптиніту.

7. Основним концентратором германію є геліфікована речовина незалежно від типу вугілля.

Уміст германію в породних відвалах вугільних шахт. Вугілля Львівсько-Волинського й Донецького басейнів характеризується досить високим умістом германію. Під час видобутку германій не вилучають [3]. Але попередні дослідження вказують на те, що в продуктах збагачення й шахтних водах також трапляються його промислові концентрації.

2013 року співробітники УкрДГРІ дослідили породи відвалу ш. “Київська” [1]. Випробувано верхні шари породного відвалу. Результати атомно-емісійного спектрального аналізу свідчать про зменшення концентрації германію у вугільно-породному матеріалі відвалу, порівнюючи з концентрацією германію у вугільних пластах шахти. Це може бути пов’язане з його леткістю. Результати атомно-емісійного спектрального аналізу наведено у табл. 3.

Супутне вилучення германію – це один зі способів поліпшення економічних показників вугільної галузі. Його вартість на світовому ринку становить 1300 дол./кг і постійно коливається [8]. Головним джерелом вилучення германію в Україні є вугілля. Згідно із сучасними вимогами вміст германію в енергетичному вугіллі має перевищувати 10 г/т (повітряно-сухої ваги), у коксівному – 3 г/т. Для отримання германію також придатні вміщувальні породи та шахтні води.

Щоб отримати докладнішу інформацію про вміст германію у вугільних пластах, характер його поширення по вугільній товщі, крім лабораторних методів дослідження керна, можна також скористатися методами спектрометричного каротажу. Спектрометрія гамма-випромінювання непружного розсіяння нейтронів ґрунтується на ефекті взаємодії швидких нейтронів, які випускає зовнішнє джерело, з ядрами елементів у складі гірських порід. Швидкі нейтрони в процесі непружних зіткнень породжують жорстке гамма-випромінювання, вимірювання спектра якого дає змогу виявити наявність багатьох елементів у породи, зокрема вуглецю, кременю, германію тощо. Цей метод каротажу рекомендовано внести до складу комплексу геофізичних досліджень свердловин (ГДС) вугільних родовищ для того, щоб на

стадії розвідки й освоєння родовища визначити наявність германію у вугільних пластах і його ймовірну кількість.

Залежно від складу вихідної сировини застосовують різні способи первинного оброблення матеріалу для отримання багатших за вмістом германію продуктів – германієвих концентратів [2]. Це може бути вилуговування сірчаною кислотою або вилучення германію методами екстракції та сорбції. Супутнє вилучення германію з вугілля, продуктів його перероблення і шахтних вод Донбасу нині цілком реальне, і може сприяти підвищенню рентабельності роботи вугільних підприємств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева И. В. Актуальные вопросы мониторинга породных отвалов угольных шахт и охраны окружающей среды//Минеральные ресурсы Украины. – 2015. – № 3. – С. 39–45.
2. Войткевич Г. В., Кокін А. В., Мирошников А. Е., Прохоров В. Г. Справочник по геохимии. – Москва: Недра, 1990. – 480 с.
3. Геологические работы на угледобывающих предприятиях Украины. Инструкция. КД 12.06204-99.
4. Кулиненко О. Р., Пазухина Д. К., Бердюкова М. Д. Отчет по теме “Содержание германия в углях Львовско-Волынского бассейна” – Днепропетровск: Днепропетровская экспедиция УкрНИГРИ, 1962. – 215 с.
5. Найдис Т. А. Отчет по теме: “Содержание германия в углях Западного Донбасса, Павлоградско-Межевской район” – Днепропетровск: Днепропетровская экспедиция УкрНИГРИ, 1960. – 232 с.
6. Heiland C. A. Geophysical exploration. – Prentice-Hill, Inc., 1940. – 1013 p.
7. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Германій>.
8. <http://www.infogeo.ru/metalls/worldprice/?vid=5>.
9. <http://www.mining-enc.ru/g/germanij/>.

REFERENCES

1. Vasileva I. V. Actual questions of monitoring red dams coal mines and environmental protection//Mineralni resursy Ukrainy. – 2015. – № 3. – P. 39–45. (In Russian).
2. Vojtkevich G. V., Kokin A. V., Miroshnikov A. E., Prohorov V. G. Handbook on geochemistry. – Moskva: Nedra, 1990. – 480 p. (In Russian).
3. Geological work at coal-mining enterprises of Ukraine. Instructions. CD 12.06204-99. (In Russian).
4. Kulinenko O., Pazuhina D., Berdyukova M. The report on “The content of germanium in coals of the Lviv-Volyn Basin” – Dnepropetrovsk: UkrNIGRI, 1962. – 215 p. (In Russian).
5. Najdis T. Report on the topic: “The content of Germany in the coals of Western Donbass, Pavlograd-Mezhevsky district” – Dnepropetrovsk: UkrNIGRI, 1960. – 232 p. (In Russian).
6. Heiland C. A. Geophysical exploration. – Prentice-Hill, Inc., 1940. – 1013 p.
7. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Германій>.
8. <http://www.infogeo.ru/metalls/worldprice/?vid=5>.
9. <http://www.mining-enc.ru/g/germanij/>.

Рукопис отримано 11.06.2019.

УДК 622.552.51;539.422.3;539.8

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2019.3.15-21>

Ю. І. ВОЙТЕНКО, д-р техн. наук, головний науковий співробітник (Український державний геологорозвідувальний інститут), voytenkou@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3077-2207>

Yu. VOITENKO, Doctor of Technical Sciences, Ukrainian State Geological Research Institute, voytenkou@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3077-2207>

СИНЕРГЕТИКА ГЕОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБЛЕННЯ Й ПОШУКУ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

СИНЕРГЕТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТКИ И ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

SYNERGETICS OF GEOLOGICAL MEDIUMS AND ITS IMPACT ON THE EFFECTIVENESS OF THE EXPLOITATION AND EXPLORATION FOR MINERAL DEPOSITS

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Досліджено механізми спільного впливу гірських і пластових тисків, насичувальної рідини, елементів структури гірських порід і зовнішнього динамічного чи квазістатичного впливу на їхню поведінку в природних умовах, зокрема поблизу свердловини. На конкретних прикладах показано, що поведінка гірських порід з таким набором впливових чинників визначається законами синергетики і спільною дією зовнішнього впливу, нерівномірного напружено-деформованого стану породи, порового тиску й хіміко-механічних ефектів. Як приклади розглянуто результати газодобітних і газометричних досліджень ліквідованих свердловин, а також результати вибухової перфорації та інтенсифікації роботи нафтогазових свердловин на різних глибинах. Виникнення дефектів у мінералах з високим модулем пружності на мезо- та мікрорівнях ініціюється зовнішнім динамічним ефектом і незалежно під дією насичувальної рідини. Тоді під дією об'ємного нерівномірного стиснення та пластового тиску, хіміко-механічних ефектів відбувається поступове руйнування теригенних порід на мікро- та макрорівнях. Результатом цих процесів є утворення ділянок поліпшеної проникності поблизу свердловин під час їхнього буріння, експлуатації та консервації. Під час буріння за традиційною технологією вони погіршуватимуть колекторські властивості пласта через проникнення фільтрату та твердої фази. Під час добування нафти й газу, зупинки та консервації свердловин – поліпшуватимуть ці властивості. Аналіз поведінки порід з позицій синергетики засвідчує, що найкращий режим навантаження на пласт під час буріння, закінчення та експлуатації свердловин – депресія (знижений тиск) на пласт. Визначено відомі та нові перспективні технології інтенсифікації видобутку нафти й газу.

Ключові слова: синергетика, дисперсія міцності, дисипативна структура, дилатансія, диспергування, хіміко-механічний ефект.

The mechanisms of joint influence of mountain and reservoir pressures, saturating fluid, structure elements of rocks and external dynamic effects on their behavior in natural conditions, in particular near of the well, are investigated. With specific examples, it is shown that the behavior of rocks with such a set of influencing factors is determined by the laws of synergetics and the combined action of external influences, uneven stress-strain state of the rocks, the pore pressure and chemo mechanical effects. Examples are the results of gas-flow and gas-metric studies of closed wells, as well as the results of explosive perforation and intensification of producing wellbores at different depths.

Defects occurrence in minerals with a high modulus of elasticity is initiated by an external dynamic effect and independently under the action of the saturating fluid. Then, under volumetric non-uniform compression and reservoir pressure, gradual fracturing of terrigenous rocks occurs at the micro and macro level. The result of these processes is the formation of areas of the improved permeability near the wells during drilling, production and suspending. When drilling on traditional technology they will impair formation reservoir properties via infiltration of water and solid phase. In oil and gas wells and in closed wells - improve these properties. Analysis of the behavior of rocks from the synergetic position shows that the best mode of loading on the reservoir during wells drilling, wells completion and oil and gas production is depression (reduced pressure) on the reservoir. The known and new promising technologies for the intensification of oil and gas production are determined.

Keywords: synergetic, strength dispersion, dissipative structure, dilatancy, dispersion, chemo mechanical effect.

Введение

Термин синергетика происходит от греческого “синергос”, что означает “вместе действующий”. Отцами-основателями этого научного направления считаются Г. Хакен и Р. Б. Фуллер, которые исследовали закономерности неравновесных процессов и самоорганизации сложных систем далеких от равновесия [20, 22]. Эти закономерности являются общими для живой и неживой природы. Общность заключается в том, что биологическим, химическим, физическим и другим неравновесным процессам свойственны неравновесные фазовые переходы, отвечающие особым точкам – точкам бифуркации, по достижению которых спонтанно изменяются свойства среды, обусловленные самоорганизацией при этом диссипативных структур. Контролирующим параметром самоорганизации диссипативных структур яв-

ляется стремление открытых систем к снижению производства энтропии. Ярким примером диссипативных структур, означающим переход открытой термодинамической системы из одного устойчивого состояния в другое, является переход ламинарного течения жидкости в турбулентное. Это происходит при достижении скорости течения u в точке бифуркации критического значения. Оно определяется критическим значением числа Рейнольдса $Re_{cr} = ud/\nu$ (d , ν – размер канала и вязкость жидкости). Как будет показано ниже, аналогичные эффекты проявляются в горных породах при динамических воздействиях: взрыв или удар, а также в предварительно напряженных горных породах при совместном действии насыщающей жидкости, горного и пластового давлений и внешнего динамического воздействия с определенными параметрами. Процессы деформирования и разрушения горных пород и неметаллических конструкционных материалов также протекают в соответствии с законами и прин-

ципами синергетики. В частности, скачкообразное движение трещин в конструкционных материалах при взрыве и ударе [14] горных пород вокруг выработок в процессах разрушительного деформирования под действием горного давления [23] можно объяснить только с позиций основного принципа синергетики – принципа снижения энтропии в открытых системах при нестационарных процессах. Следует заметить, что рассматриваемые в статье вопросы являются далеко не единственными для решения с позиций синергетики. С помощью синергетики и фрактального анализа успешно анализируются процессы формирования осадочных комплексов, возникновения в них флюидонасыщенных зон дилатансии и дальнейшего их преобразования под действием высоконапорных перегретых жидкостей [24].

Цель работы – оценка возможности применения достижений современной физики твердого тела и физико-химической геомеханики для анализа поведения геологических материалов в условиях совместного действия горного и пластового давлений, насыщающей жидкости и внешних воздействий.

Основной материал. Элементы структуры, масштабный эффект, вид напряженно-деформированного состояния и их влияние на прочность горных пород вокруг выработки.

Известно, что горные породы (ГП) характеризуются физико-механическими свойствами, далекими от идеальной упругости [19]. Причем широкое разнообразие этих свойств объясняется не только минеральным составом и неравномерностью распределения компонент минерального скелета, но и тем, что ГП фактически являются средами со структурой. Структурными элементами, которые определяют как упругие, пластические, реологические, прочностные и другие физико-механические свойства ГП в массиве и геологических формациях, являются поры и трещины в широком смысле этих понятий: нано-, мезо-, микропоры и трещины; каверны, карстовые полости и макротрещины. Этот ряд можно дополнить дефектами (вакансиями, дислокациями) кристаллической решетки (снизу) и мегаобъектами – тектоническими разрывами и разломами (сверху). Последние учитываются в задачах глобальной геодинамики, а также для прогноза и поиска месторождений полезных ископаемых. Как правило, распределение элементов структуры в геологической среде подчинено стохастическим закономерностям. Поэтому в инженерной практике и прикладных исследованиях это распределение не учитывают, а исследуют деформационные и прочностные свойства ГП с позиций механики сплошной среды. При этом для описания поведения при нагрузке ГП используют упругие, упругопластические или вязкоупругопластические континуальные модели. В то же время многочисленные экспериментальные результаты исследований деформирования и разрушения ГП, дисперсия их физико-механических характеристик, в частности прочности, зависящей от соотношения “размер объекта – размер и количество дефектов”, свидетельствуют о том, что поведение ГП подчиняется законам синергетики деформируемого твердого тела, классической и фрактальной механики разрушения [1, 3, 10, 15]. Покажем это на простых идеализированных примерах. Рассмотрим плоскую задачу о цилиндрическом отверстии диаметром $2R$ с трещиной на его стенке глубиной l . В случае макрообъекта с характерным размером $R=10^{-1}$ м это будет модель скважины с начальной трещиной на стене, например для гидроразрыва пласта (ГРП). Если радиус будет составлять $\approx (1 \dots 10)$ м, то это будет подземная выработка. В случае микрообъекта с характерным радиусом $R = 10^{-3 \dots 4}$ м – это идеализированная модель микропоры с макротрещиной на ее стенке. Рассмотрим две задачи о прочности твердого тела, в данном случае ГП:

– при действии внутреннего давления p на стенки отверстия и трещины;

– при воздействии на большом расстоянии от отверстия сдвиговых напряжений τ в условиях чистого сдвига. Первая задача и ее решение позволяют определить условия предельного равновесия ГП вокруг скважины в случае внутреннего давления p жидкости или газа, в частности при ГРП. Вторая из этих задач реализуется в случае, когда длинная горизонтальная выработка (скважина) находится в поле сжимающих напряжений в одной плоскости и растягивающих – в другой. В реальных геологических условиях этот случай приближается к сформулированной задаче, если одна из компонент горного давления, например вертикальная, значительно превышает другую горизонтальную или наоборот. Решения этих задач известны [12]. Согласно этим решениям прочность ГП с цилиндрическим отверстием и трещиной на его стенке непрерывно уменьшается с увеличением величины l/R и описывается функцией $K_I/p \sqrt{\pi l} = F_{II}(l)$. При этом $dF_{II}/dl < 0$. В случае второй задачи прочность описывается функцией $K_{II} = \tau \sqrt{\pi l} F_{II}$. При этом до величины $l/R < 1$ функция F_{II} возрастает ($dF_{II}/dl > 0$), а при $l/R < 1$ $dF_{II}/dl < 0$. При $l/R = 1$ $dF_{II}/dl = 0$. K_I , K_{II} – коэффициенты интенсивности напряжений в вершинах трещин отрыва и поперечного сдвига. Условие предельного равновесия для небольших глубин $K_I = K_{IC}$, $K_{II} = K_{IIC}$ (K_{IC} , K_{IIC} – трещиностойкость или вязкость разрушения ГП). Эти примеры показывают, что дисперсия прочности зависит не только от размеров трещин и трещиноподобных дефектов, но и от вида напряженно-деформированного состояния (НДС) ГП. Заметим, что наличие начальных напряжений, в данном случае горного давления, еще более усложняет зависимость прочности ГП и ее дисперсию от величины трещин в ГП и соотношений между компонентами напряжений [4, 16]. Если зафиксировать размер трещины величиной 10^{-1} м, то очевидно, что прочность ГП в случае чистого сдвига будет разной для $R=10^{-3}$; 10^{-2} ; 10^{-1} ; 10^0 м. При этом наибольшей она будет при $R=10^0$. Минимальной – при $R = 10^{-1}$ м. При других R она имеет промежуточные значения. Эти примеры дополняют и расширяют известные данные о зависимостях прочности ГП: увеличение с уменьшением размера образца; уменьшение с увеличением количества трещин в образце или геологической среде; дисперсия прочности с изменением мощности пласта, снижение прочности с увеличением порового давления и т. п. [1, 2]. В данной работе не рассматривается влияние температуры, поскольку заметное влияние этого параметра на прочность и твердость ГП начинается с температур $\approx 300\text{--}500$ °С. Этот параметр, как один из существенных факторов синергетического анализа поведения породы, имеет значение при использовании термобарохимических методов интенсификации добычи. И, вероятно, именно кооперативные, синергетические эффекты с учетом теплового и химического факторов определяют состояние системы “порода-коллектор – флюид” после воздействия и эффективность методов.

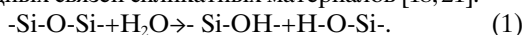
Воздействие насыщающей жидкости на прочность горной породы и диспергирование ее при нагрузке

Общеизвестным фактом является различие деформационных и прочностных сухих и насыщенных горных пород [15]. Особый интерес представляют эти изменения и их механизмы при насыщении пород водой или водными растворами солей, или порообразующих минералов. Это связано с тем, что и бурение, и процессы повышения производительности скважин, как правило, сопровождаются насыщением геологической среды водой или водными растворами солей и поверхностно-активных веществ (ПАВ). Это касается как систем разработки

месторождений методами скважинной геотехнологии, так и подземной разработки месторождений полезных ископаемых. Вода является наиболее распространенным компонентом горных пород, которые, как правило, находятся в полидисперсных нано- и микрочернистом состояниях и испытывают совместное воздействие механических напряжений жидких и газообразных сред. При этом не имеет значения высокая растворимость породообразующих минералов, а также объемы жидкой среды [7, 18]. В работе [15] показано, что увлажнение осадочных горных пород способствует увеличению их пластичности и снижению прочности. Увеличение пластичности горных пород при увлажнении связывается с тремя основными факторами:

- частичным растворением кристаллизационных связей в структуре породы;
- эффектом П. А. Ребиндера;
- формированием адсорбционных пленок, которые играют роль межзерновой смазки.

В то же время в серии работ Н. И. Ивановой и соавторов показано, что вода и ее растворы способствуют диспергированию почти непроницаемых пород, относящихся к упруго-хрупким. Обязательным условием является наличие развитой поверхности контактов между нано- и микрочернистой полиминеральной структурой и связанной с ней большой контактной поверхностью пород, образованной внутренними микро- и наноразмерными пределами раздела фаз различного минералогического состава [18]. При этом эффективная концентрация воды, то есть ее термодинамическая активность, существенно зависит как от количества, так и от химической природы растворенных в ней компонентов. Так, с использованием представлений нанонауки экспериментально было показано, что небольшое количество (0,05–0,1 %) растворенных в воде щелочных силикатных нанокластеров может на несколько порядков увеличить диспергирующую активность воды для горных пород, в частности алюмо- и железоксидосиликатных, вследствие действия механических внешних напряжений [6, 7]. В основе механохимического и нанохимического самодиспергирования горных пород с участием воды лежит несколько основных механизмов, среди которых прежде всего механизм гидролитического разрушения кремний-кислородных связей силикатных материалов [18, 21]:



Гидролиз облегчает движение дислокаций в результате разрыва слабых водородных связей и приводит к формированию линий сдвига и образованию нанотрещин. Под влиянием механических сил нанохимическая реакция (1) резко ускоряется, что, в свою очередь, облегчает процесс развития нанотрещин разрушения в силикатной породе в присутствии даже следов воды. Заметим, что интенсификацию различных физико-химических процессов под действием механических напряжений наблюдали, например, авторы работ [15] (интенсификация массообменных процессов), [13] (интенсификация коррозионных процессов). В работе [7] и ряде других работ авторов на модельном примере нагруженного сжатием гранодиорита было показано, что в течение месяца произошло диспергирование образца практически на 10 %. При этом нанотрещины с начальными размерами 10–100 нм разрослись до трещин, размеры которых варьировали от микрометра до долей миллиметра с максимумом 200 мкм. Причиной, заставляющей жидкость самопроизвольно проникать сквозь практически непроницаемые плотные полиминеральные горные породы в процессах их метаморфизма или выветривания, является энергетический выигрыш в случае замены границы зерна нанопленкой жидкости. В работах [9, 18] показано,

что для запуска практически любого процесса механического разрушения горных пород необходимо химическое взаимодействие воды с силикатными породами на наночерни, в частности реакция (1). После гидролитического разрушения кремний-кислородных связей и образования нанотрещин межзерненные границы между кристаллами А и В замещаются жидкостью С согласно условию Гиббса-Смита [18]:

$$\sigma_{\text{МЗ}} > \sigma_{\text{АС}} + \sigma_{\text{ВС}}, \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{МЗ}}$ – энергия на границе зерна; $\sigma_{\text{АС}}$, $\sigma_{\text{ВС}}$ – поверхностные энергии на границе кристаллов с жидкой фазой. При этом энергия границы зерна оказывается больше суммы поверхностных энергий на грани кристаллов с жидкой фазой. В результате на сопряженных плоскостях происходит процесс реконструкции поверхности с помощью химических реакций, а растущие при этом фасетки (границы), опираясь в соседние зерна, кристаллизационным давлением разрывают материал по границам зерен.

Влияние вида напряженного состояния и минерального состава на деформационные, прочностные и фильтрационные свойства горных пород

В серии работ Н. И. Ивановой и соавторов, в частности в работе [7], показано, что кроме физико-химических свойств жидкости, которая насыщает ГП, имеет значение вид напряженно-деформированного состояния, который действует в данном объекте. Причем этот фактор согласно результатам исследований, изложенных в работе [7], является основным. Он определяет направление и количество трещин внутри кристаллов. В экспериментах показано, что сначала диспергируется сеткой микротрещин плагиоклаз, а затем кварц, биотит, апатит, роговая обманка и др. В образцах с неполным разрушением вдоль магистрального сдвига образовалась сеть микротрещин разрыва размерами от долей до 2 мм. В работе [21] отмечается отличие механизмов остаточной деформации, склонных и не склонных к внезапным выбросам песчаников. В условиях неравномерного объемно-деформированного состояния исследовались песчаники с несколькими типами цемента. Максимальные гидростатические давления в экспериментах составляли 100 МПа, поровое давление в образцах достигало 75 МПа. В экспериментах было установлено, что некоторые песчаники, в частности с кварцевым цементом, пленочным кварцевым цементом, и в случае соприкосновения зерен кварца без цемента являются упругохрупкими породами с ограниченной способностью к пластической деформации. Это кстати подтверждают данные работы [15], где показано, что породы этого класса характеризуются наибольшей склонностью к дилатансионному разуплотнению и разупрочнению. Песчаники с глинисто-сидеритным и кальцитовым цементами более пластичны. При этом первые имеют низкую прочность и наиболее высокую пористость. А вторые имеют высокое сопротивление разрушению.

Фильтрационные свойства горных пород, как правило, связаны с деформационными корреляционными зависимостями. При этом по характеру этих зависимостей различают несколько типов пород [8]: породы первой категории представляют собой плотные крепко сцементированные мелкозернистые песчаники, доломиты и т. п. Эти породы деформируются под действием приложенных статических напряжений чисто упруго; их проницаемость по мере роста напряжений уменьшается, но обратимо; вторую категорию составляют мелко- и среднезернистые песчаники с небольшим содержанием глины, алевролиты и известняки. Эти породы при небольших депрессиях также деформируются упруго, их проницаемость при этом, как правило, не меняется или немного уменьшается. При дости-

жении депрессией определенной величины, которая зависит от свойств породы, начинается неупругое деформирование. С увеличением неупругих деформаций проницаемость породы значительно уменьшается (на десятки процентов и даже в разы). Это падение проницаемости носит необратимый характер, то есть при снятии напряжений она остается пониженной. При увеличении сдвиговых напряжений (при увеличении депрессии) скорость деформирования образцов увеличивается, и когда деформация достигает некоторой критической величины, порода начинает разуплотняться в режиме дилатансии и разрушаться, что сопровождается резким увеличением ее проницаемости даже по сравнению с первоначальным значением. К третьей категории относятся песчаники с большим содержанием глины. Для них характерны пластические деформации при депрессии, и даже при значительных деформациях разрушения образцов не происходит. Снижение проницаемости для этих пород все время необратимо.

Влияние внешних динамических (взрыв, удар, горение) воздействий на прочность и фильтрационно-емкостные свойства горных пород

Рассмотрим некоторые результаты исследований поведения деформируемого твердого тела, испытывающего механическое воздействие, в том числе при взрыве и ударе. Согласно работе [1] это поведение определяется образованием и развитием диссипативных структур (ДС) на различных иерархических уровнях. Причем диссипация энергии в твердом теле происходит только при возникновении сдвиговых напряжений. Физической основой иерархического строения ДС, в том числе при взрыве и ударе, является сдвиговая устойчивость твердых тел, обуславливающая различие характерных пространственных масштабов областей локализации и диссипации энергии, подводимой к деформируемому твердому телу при квазистатических и динамических воздействиях.

Из физических соображений время релаксации энергии определяется суммой времен действия и деформационного последствия – процессом деформирования среды после прохождения импульса, а время релаксации импульса соразмерно со временем действия нагрузки. Поэтому время релаксации энергии намного превышает время релаксации импульса. В работе [1] показано, что кумуляция закачиваемой извне энергии в локализованных областях обусловлена различием времен релаксации энергии τ_ϵ и импульса τ_p , причем

$$\tau_p = \frac{a}{c_t} \ll \tau_\epsilon = \frac{a}{c_a} = \tau_p \cdot c_t / c_a = \tau_p \Lambda_0, \quad (3)$$

где c_t – скорость поперечных волн деформации; $c_a = h/2ma$, где m и a – масса атома и межатомное расстояние; h – постоянная Планка. Оценки с использованием этих соотношений показывают, что уже при относительно малых нагрузках $\sigma > \sigma_{кр} = 0,5\rho c_a \sim 1$ МПа, в частности для кварца (SiO_2) $\sigma_{кр} \approx 3,3-9,9$ МПа, происходит образование локализованных сильнонеравновесных областей, в которых происходит рассеяние энергии. Практически уже при малых нагрузках начинается отклонение динамического режима деформирования большинства горных пород от упругого, что соответственно и подтверждают многочисленные экспериментальные данные, полученные независимо в работе [15] и других работах автора. Анализ экспериментальных результатов позволил автору монографии [15] сформулировать следующие выводы:

– аномалия, связанная с опережающим развитием поперечных деформаций и, как следствие, с началом разуплотнения, при статических нагрузках возникает при напряжениях $\sigma_* \approx 1/3 \dots 2/3$ предельной величины (прочности на сжатие);

– при динамических нагружениях аномальное поведение пород начинается значительно раньше. Причем интенсивность нагрузки, соответствующая его началу, зависит от генетических особенностей пород; в чистых малопористых отсортированных песчаниках, кварцитах, прочных гранитах, известняках, доломитах, солях, каменном угле (антраците) заметное разуплотнение структуры может иметь место с момента вступления импульса давления, то есть при очень малых по сравнению с прочностью σ_0 давлениях $\sigma_* \approx (0,03 \dots 0,05)\sigma_0$; причем это отклонение от идеально упругого поведения тем интенсивнее, чем выше неравномерность генерируемого напряженного состояния. Наглядной иллюстрацией такого поведения пород являются их диаграммы деформирования, показанные на рисунке (а – для чистого плотного песчаника месторождения Ян-Чен (Китай), б – для глинистого песчаника нефтегазовых месторождений Предкарпатья. Штриховыми линиями показаны диаграммы одноосного статического сжатия) [15].

Величина σ_* сильно зависит от неравномерности напряженного состояния породы ζ , генерируемого импульсом давления. При $\zeta = \sigma_3 / \sigma_1 \rightarrow 0$ она может составлять несколько процентов от разрушающего напряжения σ_0 даже в породах, склонных к уплотнению (рисунок).

Поскольку накопление энергии при взрыве и ударе, как и при других видах нагружения, определяется объемными и сдвиговыми деформациями, то можно оценить масштаб, в котором рассеивается избыточная энергия и отношение масштабов ДС соседних структурных уровней [1]:

$$\frac{L_{i+1}^{ДС}}{L_i^{ДС}} = \frac{L_1}{L_s} = \frac{C_1^2}{C_s^2} = \frac{2(1-\nu)}{1-2\nu}, \quad (4)$$

где L_1, L_s – характерные масштабы, в которых рассеивается энергия объемного деформирования и сдвига; C_1, C_s – скорость продольного и поперечного звука; ν – коэффициент Пуассона.

Для среднего значения коэффициента Пуассона $\nu = 0,3$ формула (4) дает значение $\Lambda_1 = 3,5$. Для некоторых ГП параметр Λ_1 близок к указанному. Например, отношение размеров зоны радиальных трещин к размеру зоны дробления разных горных пород – $\approx 3,9-4,1$; зоны предразрушения $R_{пр}$ к радиусу зоны радиальных трещин $R_{тр}$ в песчанике составляет 2–3 [19]. Следует заметить, что природа упомянутого эффекта волнового предразрушения хрупких пород при взрыве одиночного заряда совсем другая, чем эффекта дилатансионного разуплотнения в поле сдвиговых напряжений. Об этом говорит скорость релаксации и время существования зоны предразрушения. Это время составило в эксперименте 1–3 месяца. Время релаксации необратимых дилатансионных объемных деформаций, по

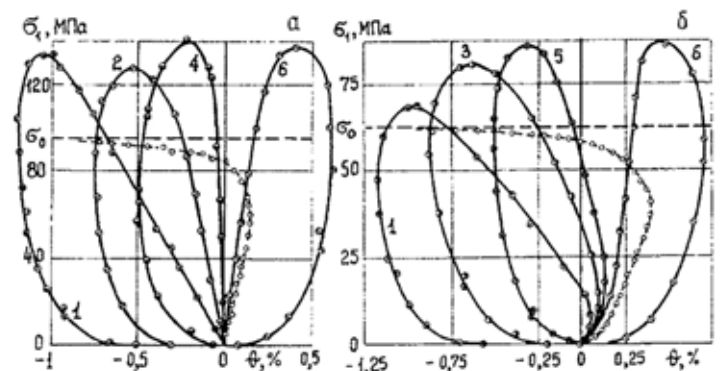


Рисунок. Диаграммы объемного деформирования песчаников при $\zeta = 0(1); 0,132(2); 0,135(3); 0,174(4); 0,183(5)$ и $1,0(6)$

мнению автора работы [15], на порядок больше. Об этом опосредованно свидетельствуют времена сохранения эффектов повышения проницаемости пород-коллекторов вокруг скважин в результате взрывных обработок (≥ 12 месяцев) [15]. Однако следует заметить, что длительный эффект сохранения повышенной продуктивности скважины обеспечивается не только дилатансионным разуплотнением, но скорее всего синергетическим действием пластового и горного давлений совместно с результатами динамического воздействия на ГП.

Волновое предразрушение хрупких горных пород является ярким примером возникновения ДС при переходе через точку бифуркации. Точкой бифуркации является критическая скорость нагружения стенок скважины и скорость деформации ГП. До достижения этих критических параметров при горении и низкоскоростной детонации взрывчатого вещества (ВВ) происходит образование одной или нескольких радиальных трещин разрыва, а зона предразрушения отсутствует. При переходе через зону бифуркации появляется зона предразрушения в виде распределенных по ГП микротрещин, которая увеличивается при повышении скорости детонации ВВ. Как правило, она превышает размер зоны радиальных трещин [10]. Вероятно, такая же (синергетическая) природа возникновения зон разуплотнения в ГП при взаимодействии взрывных волн. Они появляются благодаря параметрам и характеру динамического воздействия на ГП, которые находятся выше точки бифуркации. При меньших параметрах воздействия по энергии взрыва или скорости выделения энергии, при неправильном замедлении между моментами взрыва соседних зарядов, при отказе одного из двух зарядов точка бифуркации не достигается и разуплотнение не происходит. Следует заметить, что изложенные выше результаты относятся к монолитным ("бездефектным") горным породам. Горные породы, как показано выше, являются материалами со структурой, в которых в условиях высоких давлений и температур формируется вторичная пористость и трещиноватость.

Научное направление исследований формирования таких ДС базируется на применении методов механики горных пород, механики подземного взрыва и механики разрушения. Основные результаты исследований сводятся к следующим. В работе [4] показано, что в предварительно напряженных ГП в случае действия горного давления на глубинах ≥ 1000 м подрастание существующих макротрещин возможно только в поле динамических напряжений сдвига. То есть опять же – в случае взаимодействия взрывных волн или волн от других источников энергии. На малых глубинах залегания возможно подрастание и трещин разрыва при выполнении двух условий: достаточная амплитуда кольцевых растягивающих напряжений и достаточное время действия этих напряжений, которое превышает инкубационный период старта трещины. Все это обеспечивается свойствами взрывчатого вещества, массой и конструкцией заряда. Характерно, что радиус зоны разуплотнения и трещинообразования увеличивается с ростом мощности и скорости детонации ВВ и уменьшением времени нарастания давления во взрывной полости. Продолжительность действия импульса, как на стадии нарастания давления, так и полного времени увеличивается при уменьшении скорости детонации ВВ. Возникновение микротрещин различной природы и подрастание размеров имеющихся макротрещин, их увеличение под действием горного и пластового давлений способствует увеличению фильтрационно-емкостных характеристик ГП. Отметим, что аналогичный эффект предразрушения и разуплотнения ГП наблюдаются также при высокоскоростном ударе, например,

кумулятивной струей (КС), так как проникновение КС аналогично взрыву линейного заряда переменного радиуса [25]. При этом в ближней зоне хрупкие породы малой прочности переходят в сыпучее состояние и выносятся пластовым флюидом в скважину. Породы большой прочности разрушаются трещинами, особенно при большой плотности перфорации.

Совместное воздействие основных влияющих факторов на состояние и разрушение горных пород.

Практические приложения

Таким образом, в ряде работ отмечается эффект интенсификации процессов диспергирования горных пород при высоких напряжениях в зависимости от вида напряженно-деформированного состояния (НДС) и типа насыщающей жидкости. Этот эффект часто инициируется внешним воздействием: взрывом, ударом, имплозией или процессом проходки выработки, например бурением. В монографии [13] сформулирован наиболее общий вывод касательно влияния интенсивности напряжений и деформаций на скорость взаимодействия жидкой среды с твердым телом: взаимодействие среды с материалом усиливается, если повышается энергетический уровень частиц среды или кристаллической решетки материала, например в результате деформирования. Причем наиболее интенсивное взаимодействие среды и материала наступает тогда, когда в материале возникают пластические деформации.

При внешнем динамическом и квазистатическом воздействии на хрупкие ГП (взрыв, удар, депрессионное воздействие из скважины) в окрестности выработки формируются ДС разного масштаба и различной природы. В частности, образуются мельчайшие трещины преимущественно в высокомолекулярных минералах на микро- и мезоуровнях (А. Н. Кочанов, В. Н. Одинцов, В. А. Боровиков), дилатансионной пористости и микротрещиноватости (А. В. Михалюк). При статической и, возможно, квазистатической депрессии в окрестности скважины образуются макротрещины под действием касательных напряжений, превышающих прочность ГП на сдвиг [8]. С течением времени под действием горного давления в условиях частичного или полного насыщения водой или водными растворами солей и ПАВ происходит постепенное диспергирование низкопористых, частично нарушенных микротрещинами ГП, в том числе вдоль берегов макротрещин. О реальности такого изменения фильтрационных свойств ГП свидетельствуют многочисленные примеры постепенного во времени увеличения продуктивности скважин, в том числе ликвидированных [5], которые авторы связывают преимущественно с прорывом пластовых флюидов через блокирующий их фильтрат бурового раствора. По нашему мнению, это явление – результат синергетического действия горного и пластового давлений, технологических внешних воздействий при бурении и перфорации и насыщающих жидкостей в зоне, примыкающей к скважине. Этим результатом является постепенное диспергирование и увеличение фильтрационных и емкостных свойств пород. Породы-коллекторы – песчаники и алевролиты пористостью 6–9 %. Данный эффект обеспечивается неравномерным трехосным напряженным сжатием или сжатием-растяжением (при внутрискважинном воздействии даже без разрыва) породы вокруг скважины. В случае открытого ствола скважины, независимо от давления в ней жидкости на расстояниях в несколько радиусов скважины окружные напряжения в несколько раз отличаются от радиальных [17]. Причем при глубокой депрессии на пласт или полной депрессии, когда давление в скважине нулевое, например, при подъеме бурового инструмента, оба напряжения сжимающие. При репрессии на пласт, например при

спуске бурового інструмента, особливо при тисненнях, близьких к гидроразрыву, окружные напряжения растягивающие, а радиальные – сжимающие. В обоих случаях в некоторой области, близкой к скважине, выполняется условие $\zeta = \sigma_r / \sigma_t = 0 \dots 0,3$. Это соответствует условию дилатансионного разуплотнения даже при статической нагрузке, которая создается горным давлением и давлением жидкости в скважине и пласте. Совместное действие пластового флюида и дилатансии ГП приводит к формированию зоны повышенной проницаемости вокруг скважины. Заметим, что речь идет о хрупких и квазихрупких дилатирующих породах. Описанный выше механизм формирования проницаемости подтверждается результатами исследований типов вторичных пор в терригенных коллекторах на больших глубинах центральной части Днепровско-Донецкой впадины [11]. Из трех типов пор, описанных автором, два образуются под действием геомеханических и физико-химических процессов: поры выщелачивания вдоль трещин и поры-каверны, связанные с образованием обломков в зонах безцементного контакта зерен.

Пример. Работа по интенсификации притока газа с применением взрывной технологии проводилась в скважине № ХЗ одного из газовых месторождений ДДВ. Порода-коллектор – песчаник, в отдельных интервалах, возможно, трещиноватый. Пористость – 6–9 %. Обработка взрывами секционных торпед с предварительной перфорацией была проведена в двух из четырех намеченных интервалов: 5300–5305 м, 5285,2–5297 м. После обработки продуктивность скважины сначала уменьшилась с 13 до 5 тыс. м³/сутки. Для изменения режима работы скважина подвергалась депрессионным воздействиям путем сбрасывания газа на факел. Через полгода продуктивность увеличилась до 18 тыс. м³/сутки. В течение следующего года скважина работала с дебитом 25–30 тыс. м³/сутки. Такие изменения параметров работы скважины можно связать только с синергетическим поведением породы-коллектора под действием взрывных нагрузок и последующим разупрочнением и разуплотнением под действием горного и пластового давлений и насыщающих флюидов.

Кроме этого примера, известны десятки примеров, когда слабые по сравнению с гидроразрывом воздействия на пласт малогабаритных торпед, генераторов давления, перфораторов и других импульсных устройств обеспечивали промышленные фонтанирующие притоки нефти, газа и конденсата на глубинах от ≈1200 до 4900 м [4]. На глубинах ~3000–5000 м при взрыве малых зарядов (~2...3 кг) вообще не образуются радиальные макротрещины или их глубина не превышает размер канала перфорации. И, тем не менее, продуктивность многих газовых скважин увеличивалась в десятки и более раз, нефтяных – кратно. Это можно объяснить только синергетическим действием перечисленных выше факторов, включая внешнее динамическое воздействие. В пользу синергетики поведения пород-коллекторов вблизи скважин опосредовано говорит также постепенное во времени нарастание продуктивности обработанных скважин [4]. Это время в зависимости от пластовых параметров, вязкости пластового флюида и свойств породы-коллектора может составлять от нескольких дней до месяца и более.

В завершение следует обратить внимание на возможности учета синергетических эффектов в технологиях поиска полезных ископаемых. Так, аномально высокая концентрация и состав газов в исследованиях методом наземной геохимии может означать наличие зоны повышенной проницаемости в низзалегających породах, которая образовалась и развивалась под действием негидростатического горного давления и насыщающих флюидов. Это, кстати говоря, подтверждают данные газометрических и газодебитных съемок в окрестно-

сти ликвидированных скважин, которые в процессе заканчивания подвергались взрывным воздействиям при перфорации [5]. Концентрация газов, отобранных в контрольных скважинах, увеличивается по мере приближения к устью скважины. Несимметричность зон выделения газа может быть связана с анизотропией свойств пород или наличием в них трещин.

Формирование локальных скоплений метана в угольных пластах и вмещающих породах возможно благодаря неравномерному объемному напряженно-деформированному состоянию пород и динамическим возмущениям, которые могут быть вызваны сейсмическими событиями или взрывными работами.

Выводы

1. При отсутствии внешнего воздействия на ГП в окрестности выработки состояние геологической среды определяется величиной горного и пластового давлений, а при наличии жидкости в выработке (скважине) – также величиной ее давления; дисперсия прочности ГП и условие предельного равновесия – соотношением “размер выработки – размер макротрещины или множества трещин в ее окрестности”.

2. В окрестности глубоких выработок, в частности скважин, когда величина вертикальной и горизонтальной компонент тензора напряжений близка к величине σ и обеспечивает соответствующую неравномерность нагружения, в плотных упругохрупких породах, не насыщенных и насыщенных водой или водными растворами, возникают области дилатансии как в условиях депрессии на пласт, так и при репрессии. Это явление сопровождает как процесс сооружения скважины, так и процессы ее эксплуатации и ремонта, влияя на фильтрационные потоки и продуктивность, особенно в случае открытого забоя.

3. При внешнем динамическом воздействии на хрупкие и квазихрупкие ГП (взрыв, удар, проникание) в зависимости от параметров воздействия в окрестности выработки, кроме макротрещин, образуются диссипативные структуры в виде мельчайших трещин на микро- и мезоуровне, которые впоследствии под действием горного давления и соответствующих насыщающих жидкостей формируют зоны диспергирования ГП.

4. Результаты анализа синергетического воздействия на ГП горного давления, насыщающих жидкостей и внешнего динамического или квазистатического воздействия позволяют определить наиболее значимые существующие и перспективные технологии для скважинной добычи полезных ископаемых, в том числе нефти и газа:

- бурение при депрессии на пласт; первичное вскрытие открытым стволом в случае устойчивых пород;
- вторичное вскрытие пластов при глубокой депрессии, в том числе вскрытие части интервала перфорацией в жидкой и перфорация остальной части в газовой среде;
- дополнительная глубокая перфорация пласта после глубокой депрессии на пласт;
- различные виды депрессионного воздействия на пласт: ударно-депрессионное; депрессионное воздействие с предварительным разогревом (термоимплозия); длительная статическая депрессия после доведения перфорации до требуемой плотности;
- взрывная обработка пласта с последующим депрессионным освоением или воздействием в случае слабого эффекта;
- интенсификация притока нефти и газа с применением горения, взрыва и других импульсных устройств в условиях депрессии на пласт, в том числе в химически активной жидкой среде.

5. Успешность технологий интенсификации добычи нефти и газа, как и успешность поисковых работ на нефть и газ, зависит от полноты знаний о поведении геологических сред с позиций синергетики, особенно с увеличением глубины залегания пластов.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баланкин А. С. Самоорганизация и диссипативные структуры в деформируемом теле//Письма в ЖТФ. – 1990. – Т. 16. – Вып. 7. – С. 14–20.
2. Войтенко Ю. И., Ковтун А. В. О предвыбросовом состоянии пород и возможном механизме горных ударов и внезапных выбросов//Мінеральні ресурси України. – 2018. – № 2. – С. 32–35.
3. Войтенко Ю. И., Ковтун О. В. Про в'язку та крихке руйнування гірських порід при ударі та вибуху//Вісник НТУУ "КПІ": Серія гірництво. – 2017. – № 34. – С. 9–17
4. Войтенко Ю. И. Фізико-технічні основи свердловинних геотехнологій з керуванням тріщиноутворенням, дис. д-ра техн. наук, 05.15.11, Київ, Україна, 2000 р. – 377 с.
5. Губич І. Б., Крупський Ю. З., Дереневський А. М. Методика перегляду перспектив нафтогазоносності розрізу ліквідованих свердловин//Збірник наук. праць УкрДГРІ. – 2012. – № 3. – С. 120–127.
6. Иванова Н. И. Изучение микротрещиноватости механически напряженного кварцевого диорита в присутствии водных фаз. В кн.: Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем. – К.: Наукова думка, 1981. – Вып. 13. – С. 111–114.
7. Иванова Н. И., Коган Б. С., Перцов Н. В. Влияние жидкой фазы на образование трещинных структур в механически напряженном кварцевом диорите//Доклады АН СССР. Геология. – 1981. – Т. 259. – № 6. – С. 1423–1428.
8. Карев В. И. Влияние напряженно-деформированного состояния горных пород на фильтрационный процесс и дебит скважин: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 01.02.04/ИПМаш РАН. – С. – Пб., 2010. – 34 с.
9. Ковзун І. Г., Проценко І. Т., Перцов Н. В. Роль химических и физико-химических процессов при получении и формировании свойств силикатных суспензий//Коллоид. журнал. – 2001. – Т. 63. – № 2. – С. 214–219.
10. Кочанов А. М., Одинцов В. А. Волновое предразрушение монолитных горных пород при взрыве//Фізико-технічні проблеми розробки корисних копалин. – 2016. – № 6. – С. 38–48.
11. Макогон В. В. Деякі особливості вторинних колекторів центральної частини Дніпрово-Донецької западини на великих глибинах//Мінеральні ресурси України. – 2017. – № 4. – С. 24–28.
12. Механика разрушения и прочность материалов: Справочное пособие в 4-х т./АН УССР Фізико-мех. ін-т. – Киев: Наукова думка, 1988. – Т. 2: Коэффициенты интенсивности напряжений в телах с трещинами/М. П. Саврук. – 1988. – 619 с.
13. Механика разрушения и прочность материалов: Справочное пособие в 4-х т./АН УССР Фізико-мех. ін-т. – Киев: Наукова думка, 1988. – Т. 1: Основы механики разрушения/В. В. Панасюк, А. Е. Андрейкив, В. З. Партон. – 1988. – 488 с.
14. Михалюк А. В., Войтенко Ю. И. Импульсный разрыв пород. – Киев: Наукова думка, 1991. – 204 с.
15. Михалюк А. В. Дилатансия и ее влияние на свойства горных пород при допределных динамических нагрузках. – Киев: Випол, 2001. – 102 с.
16. Неклассические проблемы механики разрушения: в 4 т./АН Украины Ин-т механики. – Киев, 1991. – Т. 2: Хрупкое разрушение материалов с начальными напряжениями/А. Н. Гузь. – 288 с.
17. Писаренко Г. С., Квитка О. Л., Уманський Е. С. Опір матеріалів. – К.: Логос, 2005. – 562 с.
18. Прокопенко В. А., Ковзун І. Г., Ульберг З. Р., Циганович О. А., Панько А. В. Фізико-хімічна геомеханіка і нанохімічні процеси в природних і техногенних мінералах//Вісн. НАН України. – 2018. – № 2. – С. 83–96.
19. Родионов В. Н., Сизов И. А., Цветков В. М. Основы геомеханики. – М.: Недра, 1986. – 306 с.
20. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 400 с.
21. Юрель Г. Н., Ставрогин А. Н., Иванова Н. И. Микропреобразование песчаников различных литогенетических типов при высоких поровых давлениях//Литология и полезные ископаемые. – 1986. – № 6. – С. 100–122.
22. Fuller R. B. Synergetics. – N. – Y.: MacMillan, 1982. – 350 p.
23. Grinirov V., Zakharova L., Diedich I., Nazymko V. Distant interaction of rock mass clusters around underground opening//Mining of Mineral Deposits. – 2017. – Vol. 11. – № 2. – P. 79–83.
24. Starostina V. I., Sherbakov S. S., Sakys D. R. Synergetics in Geology – //https://www.sciencedirect.com/science/journal/18725791.
25. Voitenko Yu., Kravets V., Shukurov A., Drachuk O. Peculiarities of brittle and ductile materials destruction and deformation during the explosion of industrial shaped charges//Mining of Mineral Deposits. – Vol. 11. – № 2. – P. 12–20.

REFERENCES

1. Balankin A. S. Self-organization and dissipative structures in the deformed body//Technical Physics Letters. – 1990. – V. 16. – Iss 7. – P. 14–20. (In Russian).
2. Voitenko Yu. I., Kovtun O. V. About the pre-outburst state of the coal and sandstone and the possible mechanism of coal and gas outburst process//Mineralni resursy Ukrainy. – 2018. – № 2. – P. 32–35. (In Russian).
3. Voitenko Yu. I., Kovtun O. V. About the viscous and brittle destruction of rocks upon impact and explosion//Visnyk NTUU "KPI" Seriya hirnytstvo. – 2017. – № 34. – P. 9–17. (In Ukrainian).
4. Voitenko Yu. I. Physical and technical bases of borehole geotechnologies with controlled fracturing. Thesis for doctor's degree, 5.15.11, Kiev, Ukraine, 2000. – 377 p. (In Ukrainian).
5. Hubykh I. B., Krupskiy Yu. Z., Derenevskiy A. M. Methods of liquidated wells oil bedding revision//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – № 3. – P. 118–125 (In Ukrainian).
6. Ivanova N. I. The study of the microcracks of mechanically stressed quartz diorite in the presence of aqueous phases. In the book: Physico-chemical mechanics and lyophilic disperse systems. – Kiev: Naukova dumka, 1981. – Iss. 13. – P. 111–114. (In Russian).
7. Ivanova N. I., Kogan B. S., Pertsov N. V. The effect of the liquid phase in the formation of cracks in structures mechanically strained quartz diorite//Doklady AN SSSR. Geologija. – 1981. – Vol. 259. – № 6. – P. 1423–1428. (In Russian).
8. Karev V. I. Effect of the stress-strain state of rocks on the filtration process and well flow rate: Author's abstract. dis. ... Dr. Techn. Sciences: 01.02.04/IPMash RAN. – Sankt-Peterburg, 2010. – 34 p. (In Russian).
9. Kovzun I. G., Prochenko I. T., Percov N. V. The role of chemical and physicochemical processes in preparation and the formation of properties of silicate suspensions//Kolloid. zhurnal. – 2001. – Vol. 63. – № 2. – P. 214–219. (In Russian).
10. Kochanov A. M., Odincov V. A. Wave prefracturing of solid rocks under blasting//Journal of Mining Science. – 2016. – 52. – № 6. – P. 38–48. (In Russian).
11. Makogon V. V. Some peculiarities of secondary terrigenous reservoirs of the central part of DDB on large depths//Mineralni resursy Ukrainy. – 2017. – № 4. – P. 24–28. (In Ukrainian).
12. Fracture Mechanics and strength of materials: In Handbook of 4 vol./UANSSR Fiziko-meh. in-t. – Kiev: Naukova dumka, 1988. – Vol. 2: Stress intensity factors in cracked bodies/M. P. Savruk, 1988. – 619 p. (In Russian).
13. Fracture Mechanics and strength of materials: In Handbook of 4 vol./UANSSR Fiziko-meh. in-t. – Kiev: Naukova dumka, 1988. – Vol. 1: Fundamentals of Fracture Mechanics/V. V. Panasyuk, A. E. Andrejkiw, V. Z. Parton. – 1988. – 488 p. (In Russian).
14. Mihajuk A. V., Voitenko Yu. I. Pulsed rupture of rocks. – Kiev: Naukova dumka, 1991. – 204 p. (In Russian).
15. Mihajuk A. V. Dilatancy and its influence on the properties of rocks under pre-limiting dynamic loads. – Kiev: Vipol, 2001. – 102 p. (In Russian).
16. Nonclassical problems of fracture mechanics: 4 vol./Ukrainian Academy of Sciences, Institute of Mechanics. – Kiev, 1991. – Vol. 2: Brittle fracture of materials with initial stresses/A. N. Guz. – 288 p. (In Russian).
17. Pysarenko H. S., Kvitka O. L., Umanskiy E. S. Strength of materials. – Kyiv: Logos, 2005. – 562 p. (In Ukrainian).
18. Prokopenko V. A., Kovzun I. H., Ulberh Z. R., Tsyhanovych O. A., Panko A. V. Physicochemical geomechanic and nanochemical processes in natural and technogenic minerals//Visn. NAN Ukrainy. – 2018. – № 2. – P. 83–96. (In Ukrainian).
19. Rodionov V. N., Sizov I. A., Cvetkov V. M. Fundamentals of geomechanics. – Moskva: Nedra, 1986. – 306 p. (In Russian).
20. Haken G. Synergetics. – Moskva: Mir, 1980. – 400 p. (In Russian).
21. Yurel G. N., Stavrogin A. N., Ivanova N. I. Micro-transformations of sandstones of various lithogenetic types at high pore pressures//Lithology and Mineral Resources. – 1986. – № 6. – P. 100–122. (In Russian).
22. Fuller B. R. Synergetics. – N. – Y.: MacMillan, 1982. – 350 p.
23. Grinirov V., Zakharova L., Diedich I., Nazymko V. Distant interaction of rock mass clusters around underground opening//Mining of Mineral Deposits. – 2017. – Vol. 11. – № 2. – P. 79–83.
24. Starostina V. I., Sherbakov S. S., Sakys D. R. Synergetics in Geology. //https://www.sciencedirect.com/science/journal/18725791.
25. Voitenko Yu., Kravets V., Shukurov A., Drachuk O. Peculiarities of brittle and ductile materials destruction and deformation during the explosion of industrial shaped charges//Mining of Mineral Deposits. – Vol. 11. – № 2. – P. 12–20.

Р у к о п и с о т р и м а н о 15.04.2019.

УДК 549.211:553.81

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2019.3.22-29>

Н. Н. ЗИНЧУК, д-р геол.-минерал. наук, профессор, академик АН РС (Я), председатель Западно-Якутского научного центра (ЗЯНЦ) Академии наук Республики Саха (Якутия), г. Мирный; nnzinchuk@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9682-3022>

M. ZINCHUK, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Academician West-Yakutian Scientific Centre of the Sakha Republic (Yakutia), Myrnyi, nnzinchuk@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9682-3022>

ОСОБЛИВОСТІ АЛМАЗІВ З ДАВНІХ ОСАДОВИХ ТОВЩ НА ТЕРИТОРІЯХ ВПЛИВУ КРИСТАЛІЧНИХ МАСИВІВ

ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОВ ИЗ ДРЕВНИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ НА ТЕРРИТОРИЯХ ВЛИЯНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАССИВОВ

SPECIFIC FEATURES OF DIAMONDS FROM ANCIENT SEDIMENTARY THICK LAYERS ON TERRITORIES OF CRYSTALLINE ROCK MASSES INFLUENCE

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Аналіз наявних матеріалів про особливості алмазів з верхньопалеозойських і мезозойських відкладень основних алмазоносних районів північного сходу Сибірської платформи (Анабарський, Муно-Тюнгський, Нижньолєнський і Приленський райони) дає змогу стверджувати про певний вплив на процеси розсіпювання на цій території Анабарського кристалічного масиву, на якому цілком можливе відкриття не типового для описуваної території джерел корисного компонента. Підтверджено висновок, що найцікавішим для прогнозування й пошуків високоалмазоносних джерел є Кютюнгдинське поле з особливими типоморфними властивостями алмазів. Проведене на прикладі Лєно-Анабарської алмазоносної субпровінції (ЛААС) районування територій дає змогу локалізувати перспективні площі для пошуків джерел знесення алмазів у басейні седиментації осадового матеріалу. Загалом алмази ЛААС характеризуються різким переважанням кристалів III типу першоджерела (переважно нез'ясованого генезису). Розсіпювання з алмазами I типу першоджерела (кімберлітового генезису) характерні для Кютюнгдинського й Молодо-Далдинського полів. Наявність у континентальних відкладеннях фанерозойського віку чималі кількості алмазів з механічним зношенням стирання дає змогу припускати їхню складну екзогенну історію, неодноразові перемивання й перевідкладення з давніших (можливо й докембрійських) вторинних колекторів. Наведені відомості щодо мінералогічної характеристики алмазів з різновікових вторинних колекторів північного сходу Сибірської платформи (СП) ще раз доводять, що це найбільший район розсіпювання алмазоносності, на окремих територіях якого можливо виділити типоморфні особливості й типи першоджерел. Це дає змогу використовувати наведені дані для регіонального й локального прогнозування їхніх корінних джерел. Порівняння типоморфізму алмазів із залученням даних докладного дослідження твердих укралень та ізотопного складу вуглецю дало змогу на північному сході СП оконтурити в межах Кютюнгдинського грабена і прилеглих до нього з південного заходу територій Далдино-Толуопського межиріччя (Кютюнгдинська область) низку перспективних на відкриття багатих кімберлітових тіл з алмазами кютюнгдинського типу територій, на яких виявлено піропи алмазної асоціації з високим умістом кнорінгітового компонента, зіставлюваних за масштабами з проявами таких у високоалмазоносних регіонах. Важливе значення має використання типоморфних особливостей алмазів для відновлення екзогенної історії алмазів від корінних джерел до місць сучасного розміщення в розсіпах, для палеографічних реконструкцій поширення давніх продуктивних відкладень і з'ясування напрямів знесення теригенного матеріалу. Проведене на прикладі північного сходу СП мінералогічне районування територій розсіпювання алмазоносності за типоморфними особливостями алмазів засвідчує можливість проведення локалізації перспективних площ і пошуку корінних джерел цього мінералу, що є стійкішим в екзогенних умовах, порівнюючи з іншими мантійними утвореннями.

Ключові слова: Сибірська платформа, Анабарський кристалічний масив, давні алмазоносні розсіпювання.

Analysis of available materials on specific features of diamonds from Upper Paleozoic and Mesozoic sediments of main diamondiferous regions of the Siberian platform north-east (Anabar, Muna-Tyung, Nizhnelensk and Prilensk regions) allows asserting about definite influence on processes of placer formation on this territory of Anabar crystalline massif, where discovery of non-typical for the said territory sources of useful component is not excluded. Conclusion has been confirmed that Kyutyung field with special typomorphic properties of diamonds is most interesting for forecasting and prospecting of high-diamondiferous sources. Zoning of territories, performed on the example of Lena-Anabar diamondiferous sub-province (LADS), allows locating perspective area for prospecting of diamonds removal sources to subsidence basins of sedimentary material. In whole, diamonds of LADS are characterized by sharp prevalence of type III crystals of original source (mostly of unclarified genesis). Placers with type I diamonds of original source (of kimberlite genesis) are typical of Kyutyung and Molodo-Daldyn fields. Presence of a significant number of diamonds with mechanical wear in continental deposits of Phanerozoic age allows supposing their complicated exogenous history, repeated rewashing and redeposition from more ancient (possibly even Pre-Cambrian) secondary collectors. The data on the mineralogical characterization of diamonds from differently aged secondary collectors of the northeast Siberian platform puce again prove that this is the largest alluvial diamondiferous area, in some territories of which it is possible to distinguish typomorphic features and types of primary sources. This allows you to use the data for regional and local forecasting of their root sources comparison of diamond topomorphism using data from a detailed study of solid inclusions and carbon isotopic composition made it possible to outline a number of promising discovery of rich kimberlite bodies with Kyutyungolite type diamonds in the north east of the Siberian platform within the Kyutyungdin graben and adjacent to it from the south west of the Daldyn-Toluopsky zone areas where diamond association pyrope with a high content of knorringite Component are found. Comparable in scale to the manifestation of them in such regions is important to use the topographic features of diamonds to restore the exogenous history of diamonds on the way from primary sources to places of modern occurrence in placers for paleographic reconstructions of the distribution of ancient productive deposits and to determine the direction of demolition of terrigenous material. Mineralogical zoning of alluvial diamondiferous territories based on the typomorphic features of diamonds, using the northeast Siberian platform as an example, shows the possibility of localizing promising areas and searching for the source of this mineral, which is more stable under exogenous conditions compared to other mantle formations.

Keywords: Siberian platform, Anabar crystalline massif, ancient diamondiferous placers.

На площадях широкого развития кимберлитового магматизма и связанных с ним алмазных россыпей нередко отмечаются древние кристаллические массивы, существенно влияющие на особенности формирования и сохранения в осадочных толщах алмаза. Наиболее интересным в этом вопросе является Анабарский кристаллический массив (АКМ), закартированный в северо-восточной части Сибирской платформы (СП). АКМ занимает значительную часть Лено-Анабарской алмазоносной субпровинции (ЛААС), охватывающей эту часть СП и совпадающей с полем развития докембрийских и нижнепалеозойских пород Анабарской антеклизы и Оленёкского поднятия, обрамлённых выходами пермских, триасовых, юрских и меловых отложений. В пределах субпровинции выделяются пять алмазных районов (Анабарский, Приленский, Муно-Тюнгский, Среднеоленекский и Нижнеоленекский), на площадях которых

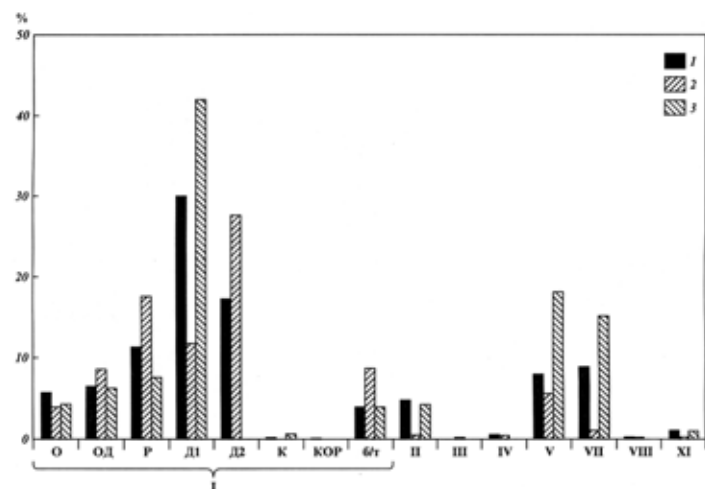


Рис. 1. Типоморфные особенности алмазов из россыпей Анабарского алмазоносного района

I–V, VII, VIII, XI – разновидности алмазов по Ю. Л. Орлову (O – октаэдры, OD – переходные формы, P – ламинарные ромбододекаэдры, D1 – додекаэдры скрытослоистые, D2 – додекаэдры с шагренью, K – кубы, KOP – куборомбододекаэдры, б/т – осколки). 1–3 – поля: 1 – Верхнеуджинское, 2 – Масапы-Делингдинское, 3 – Анабаро-Попигайское

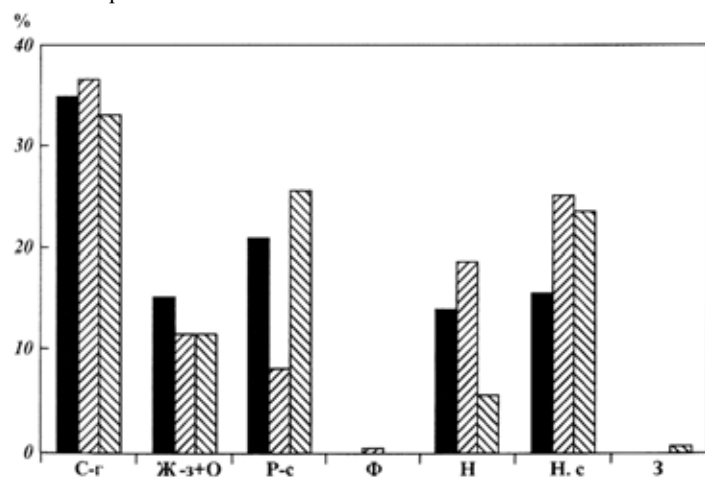


Рис. 2. Фотолюминесцентные особенности алмазов из россыпей Анабарского алмазоносного района

Цвет люминесценции: C-g – сине-голубой, Ж-з + O – желтый, зеленый, оранжевый, P-c – розово-сиреневый, Ф – фиолетовый, Н – неопределенный; Н.с – не светящиеся алмазы, 3 – зональное свечение; прочие усл. обозначения см. на рис. 1

обособляются [1–14] отдельные россыпные поля, причем древние россыпи наиболее характерны для первых трех районов. Анабарский алмазоносный район (ААР) включает Эбеляхскую алмазоносную площадь (с Нижне- и Верхнеэбеляхскими россыпными полями) и прилегающие территории. Эбеляхская площадь [7–14] характеризуется максимальными масштабами россыпной алмазоносности на СП, что объясняется сочетанием многих благоприятных факторов россыпеобразования. К югу от этого региона наиболее древним вторичным коллектором являются верхнетриасовые отложения Нижнеоленекского алмазоносного района (НЛАР). В данной работе использованы материалы исследований алмазов, проведенные под руководством автора статьи совместно с канд. геол.-минерал. наук В. И. Коптилем. Для алмазов ААР характерно (рис. 1) высокое (31,7 %) содержание двойников и сростков кристаллов с признаками природного травления (67,4 %). Алмазы в основном прозрачные, при значительном (42,0 %) содержании окрашенных камней и относительно невысоком количестве ожелезненных индивидов (42,2 %). По фотолюминесцентным особенностям (рис. 2) преобладают (34,5 %) алмазы с сине-голубым свечением. Содержание алмазов с твердыми включениями составляет более половины (53,6 %) от общего количества кристаллов. Алмазы характеризуются очень высокой степенью сохранности (целостности) и сравнительно невысокой трещиноватостью. На долю индивидов с механическим износом истирания приходится 14,3 % от общего количества кристаллов. Алмазы преимущественно средне- и высокоазотные.

Муно-Тюнгский алмазоносный район (МТАР) располагается в пределах юго-восточной части Анабарской антеклизы. В его пределах выделяются три россыпных поля (Среднемуноское, Верхнетюнгское и Верхнемуноское), заметно различающиеся по типоморфным особенностям алмазов (рис. 3). Среднемуноское россыпное поле (СМРП) характеризуется резким (92,8 %) преобладанием алмазов I разновидности, представленных (фото 1) преимущественно типичными округлыми кристаллами уральского (бразильского) типа (37,9 %) и додекаэдроидами с шагренью и полосами пластической деформации. Соотношение двух групп округлых алмазов обратное, по сравнению с кимберлитовыми телами

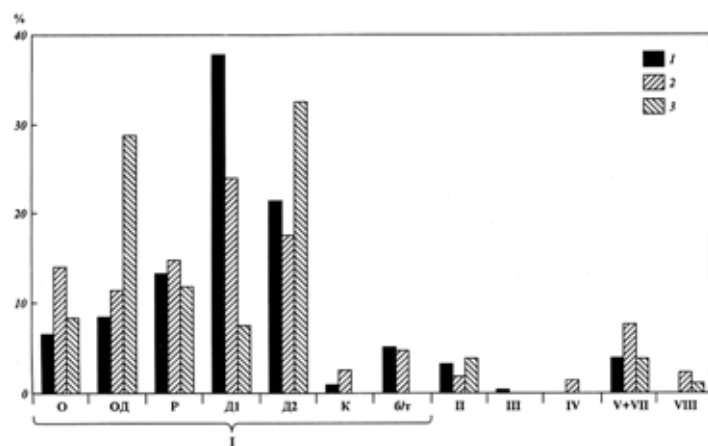


Рис. 3. Типоморфные особенности алмазов из россыпей Муно-Тюнгского алмазоносного района

I–IV, V+VII, VIII – разновидности алмазов по Ю. Л. Орлову (O – октаэдры, OD – переходные формы, P – ламинарные ромбододекаэдры, D1 – додекаэдры скрытослоистые, D2 – додекаэдры с шагренью, K – кубы, б/т – осколки). 1–3 – поля: 1 – Среднемуноское, 2 – Верхнетюнгское, 3 – Верхнемуноское



Фото 1. Алмазы р. Тюнг (Муно-Тюнгский алмазоносный район)

Верхнемунского поля (ВМП) и россыпью Уулаах-Муна. Общее содержание ламинарных кристаллов октаэдрического, ромбододекаэдрического и переходного между ними габитусов сравнительно невысокое (27%). Низким является и содержание типоморфных для россыпей северо-востока СП алмазов V–VII (3,7 %) и II (3,2 %) разновидностей. Кристаллы характеризуются значительным содержанием двойников и сростков (33,8 %), а также кристаллов с признаками природного травления (59,6 %). Алмазы в основном прозрачные, при низком (34,8 %) содержании окрашенных, а также ожелезнённых (40,8 %) камней. По фотолюминесцентным особенностям преобладают (39,1 %) алмазы с сине-голубым свечением (рис. 4). Большинство (71,3 %) индивидов содержат твёрдые включения. Алмазы характеризуются высокой степенью сохранности и значительной трещиноватостью. Общее содержание с механическим износом истирания является сравнительно невысоким (8,9 %). Кристаллы преимущественно средне- и высокоазотные. В целом типоморфные особенности алмазов СМРП близки к кристаллам из современных россыпей Верхне- и Среднеприленского алмазоносных полей, а также к индивидам из древних вторичных коллекторов верхнеюрского (нижневолжского) возраста, опро-

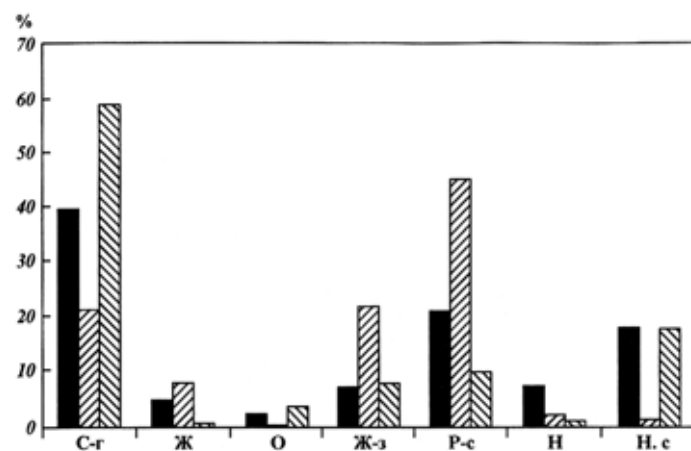


Рис. 4. Фотолюминесцентные особенности алмазов из россыпей Муно-Тюнгского алмазоносного района

Цвет люминесценции: С-г – сине-голубой, Ж – желтый, О – оранжевый, Ж-з – желто-зеленый, зеленый, Р-с – розово-сиреневый, Н – неопределённый; Н.с – несветящиеся алмазы; прочие усл. обозначения см. на рис. 3

бованных на междуречье Молодо-Сюнгюдэ-Лена, и отличаются от кимберлитовых тел Верхнемунского поля и россыпи р. Уулаах-Муна, сформированной в основном за счет размыва этих трубок. Верхнетюнгское поле характеризуется комплексом типоморфных особенностей алмазов, позволяющих отличать их от индивидов из близлежащих участков коренной и россыпной алмазоносности. В первую очередь это повышенное (39,7 %) суммарное содержание ламинарных кристаллов ряда октаэдр-ромбододекаэдр октаэдрического, ромбододекаэдрического и переходного между ними габитусов, которое является одним из наиболее высоких среди россыпей северо-востока СП (после Кютюнгдинского и Молодо-Далдынского полей). Суммарное содержание типичных округлых алмазов сравнительно низкое (41,2 %), среди них типичные округлые уральского (бразильского) типа (23,9 %) преобладают над додекаэдроидами с шагренью и полосами пластической деформации (17,3 %), чем и отличаются от кимберлитовых тел ВМП с их обратным соотношением. Среди последних на значительном количестве додекаэдроидов с шагренью развиты каверны; для них характерна зеленая фотолюминесценция. Такого рода алмазы полностью отсутствуют в россыпях Верхнетюнгского поля, что свидетельствует об отсутствии сноса в южном направлении от верхнемунских трубок. Кроме того, в россыпях Верхнетюнгского поля в сравнительно небольших количествах встречены кристаллы V–VII (7,4 %) и II разновидностей, характерные и для других россыпей северо-востока СП, что свидетельствует о полигенности ассоциации. Реже (1,2–2,0 %) встречены алмазы IV и VIII разновидностей. Кристаллы характеризуются низким (21,3 %) содержанием двойников и сростков и невысоким (51,7 %) количеством индивидов с признаками природного травления. Среди них преобладают прозрачные кристаллы при низком (23,4 %) содержании окрашенных и ожелезнённых (46,2 %) камней. Алмазы характеризуются преобладающей (45,0 %) розово-сиреневой фотолюминесценцией и низким (50,9 %) содержанием кристаллов с твёрдыми включениями. Для алмазов характерна сравнительно невысокая степень сохранности и пониженная трещиноватость камней. Количество камней с механическим износом “истирания” прибрежно-морского генезиса является одним из наиболее низких (1,6 %) среди россыпей северо-востока СП. Алмазы в основном средне- и высокоазотные. Муно-Тюнгский алмазоносный район характеризуется различием типов первоисточников алмазов в отдельных россыпных полях. Обращает на себя внимание повышенное содержание ламинарных кристаллов ряда октаэдр-ромбододекаэдр, характерных для кимберлитовых тел с продуктивной алмазоносностью в россыпях Верхнетюнгского поля, что может свидетельствовать о присутствии в этом регионе нового кимберлитового поля. Этот прогноз данной территории подтверждается приуроченностью к северо-восточному ограничению Вилуйско-Мархинской зоны глубинных разломов и нахождением в пределах Тюнгского ортократона [1–4]. Приведенные примеры свидетельствуют об эффективности разрабовки отдельных участков по типам первоисточников алмазов, а также качеству алмазного сырья, об уверенном прогнозе новых коренных источников по присутствию в россыпях кристаллов кимберлитового генезиса, об оценке уровня потенциальной алмазоносности еще не открытых коренных источников по находкам алмазов в россыпях, а также выделении участков с повышенным качеством алмазного сырья. В целом “спектр” алмазов из

россыпей Лено-Анабарской области сравнительно однообразен и близок к кристаллам из окаймляющих с востока и севера Анабарскую антеклизу вторичных коллекторов позднетриасового и ранневожского возрастов (кряжи Чекановского, Прончищева, хребет Хараулах и др.). Для них характерно низкое содержание алмазов из кимберлитового типа первоисточника, составляющих не более 10–15 % от общего количества кристаллов, при несколько различном в отдельных районах соотношении типичных округлых камней уральского (бразильского) типа, алмазов V разновидности, сложно деформированных двойников и сростков додекаэдров с “облегченным” изотопным составом углерода VII разновидности, желто-оранжевых кубоидов с изотопным составом углерода “промежуточного” состава II разновидности, отсутствующих в известных коренных месторождениях провинции, а также присутствии в ряде регионов (Анабарский, Среднеоленинский и Нижнеоленинский районы) поликристаллов алмаза типа “карбонадо” с примесью лонсдейлита из импактного типа первоисточника. Общим для них является повышенный механический износ кристаллов, увеличивающийся от краевых частей Анабарской антеклизы в сторону Анабарского кристаллического массива, что совпадает с направлением трансгрессии при формировании данной структуры в истории геологического развития СП, на которой установлены во вторичных коллекторах раннекаменноугольного (Байкитская алмазоносная область), позднекаменноугольного и раннеюрского (МБАР), позднекаменноугольного (Моркокинский алмазоносный район), раннекаменноугольного, позднетриасового, ранне-мелового, раннеюрского, позднеюрского и неоген-нижне-четвертичного возрастов (северо-восток СП), позднетриасового и раннеюрского (СМАР) возрастов. Масштабы этой алмазоносности заметно ниже по сравнению с современными россыпями. Среди них выделяются россыпи ближнего и дальнего сноса различного генезиса. Алмазы из разновозрастных вторичных коллекторов ранне-мелового и раннеюрского возрастов Эбеляхского алмазоносного поля близки по своим типоморфным особенностям. Среди них встречаются одни и те же разновидности кристаллов при несколько различных их соотношениях, связанных с их крупностью. В алмазах из континентальных древних вторичных коллекторов встречены кристаллы с механическим износом “истирания” прибрежно-морского генезиса. Это свидетельствует об их сложной экзогенной истории и перемыве из более древних вторичных коллекторов прибрежно-морского генезиса, которыми могли быть верхнетриасовые отложения, близкие к осадкам НЛАР и, вероятно, еще более древние коллектора, в том числе и докембрийского возраста с неустановленными коренными источниками невыясненного генезиса. В целом по типоморфным особенностям наиболее древним вторичным коллектором на северо-востоке СП с близкими типоморфными особенностями кристаллов являются верхнетриасовые отложения НЛАР с алмазами нижнеленского типа с неустановленными коренными источниками, которые составляют основную часть кристаллов из разновозрастных вторичных коллекторов Эбеляхского алмазоносного поля.

В Приленском алмазоносном районе (ПАР) алмазы Кютюндинского грабена нижнекарбонического возраста резко отличаются от кристаллов из россыпей окружающих территорий за пределами Кютюндинского прогиба. Типоморфными особенностями алмазов из отложений нижнекарбонического возраста являются (рис. 5): низкий средний вес кристал-

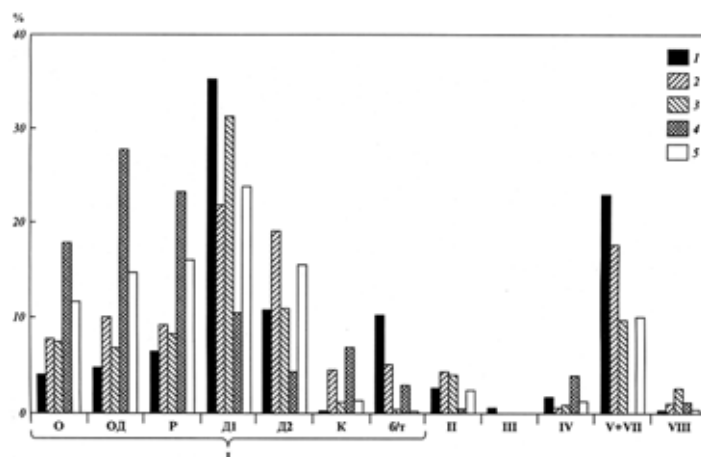


Рис. 5. Типоморфные особенности алмазов из россыпей Приленского алмазоносного района

I–IV, V+VII, VIII – разновидности алмазов по Ю. Л. Орлову (О – октаэдр, OD – переходные формы, P – ламинарные ромбододекаэдр, D1 – додекаэдр скрытослоистые, D2 – додекаэдр с шагренью, K – кубы, б/т – осколки)

1–5 – поля: 1 – Нижнеприленское, 2 – Среднеприленское, 3 – Верхнеприленское, 4 – Кютюндинское, 5 – Молодо-Далдынское

лов, преобладание характерных для богатых кимберлитовых тел ламинарных индивидов ряда октаэдр (в основном с блоковой скульптурой I разновидности), содержание камней с окрашенной оболочкой IV разновидности, при низком содержании типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа. Присутствуют здесь (фото 2) типичные тригонтриоктаэдры травления и большое количество кристаллов с “леденцовой” скульптурой. Мало двойников и сростков, отсутствуют алмазы V и VII разновидностей, характерные для других разновозрастных россыпей северо-востока СП. Типичны высокая степень прозрачности, отсутствие камней с признаками ожелезнения, заметное содержание алмазов с зелеными пятнами пигментации. Много кристаллов с твердыми включениями ультраосновной ассоциации, что характерно для известных богатых кимберлитовых тел. Сохранность алмазов в целом плохая, содержание камней с механическим износом “выкрашивание” и “аллювиальными” ско-



Фото 2. Алмазы из нижнекарбонических отложений участка Угюс-Юрюе Кютюндинского грабена (Приленский алмазоносный район)

лами высокое. Качество алмазного сырья сравнительно невысокое. Комплекс типоморфных особенностей кристаллов из нижнекарбонатовых отложений Кютюнгдинского грабена позволяет выделить так называемые алмазы “кютюнгдинского” типа и проследить их в близлежащих районах россышной алмазоносности, где они пользуются значительным распространением (бассейны рек Кютюнгдэ, Толоупка, Далдын и среднее-верхнее течение р. Молодо). *Кютюнгдинское поле* включает россыпи района Кютюнгдинского грабена и прилегающей к нему с юго-запада территории с нижнекарбонатными отложениями участка Угюс-Юрюе. Для алмазов характерно резкое (94,1 %) преобладание индивидов I разновидности, представленных преимущественно ламинарными кристаллами ряда октаэдр-ромбододекаэдр октаэдрического (23,3 %), ромбододекаэдрического (23,3 %) и переходного между ними (27,8 %) габитусов, составляющих в сумме 71,0 %, что характерно для богатых кимберлитовых тел фанерозойского возраста центральной части СП. Среди них велика (29,0 %) доля полукруглых кристаллов с блоковой скульптурой. Содержание такого рода кристаллов является аномально высоким среди россыпей северо-востока СП. Для Кютюнгдинского поля также характерно очень низкое содержание типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа (10,3 %) и додекаэдров с шагренью и полосами пластической деформации (всего 4,4 %), при присутствии значительного (6,9 %) количества бесцветных кубовидов I разновидности. Среди алмазов в россыпях северо-востока СП присутствует максимальное количество (4,0 %) индивидов с оболочкой желто-зеленого ряда, в значительных количествах встреченных в уникально-алмазоносных трубках Ботубинская и Нюрбинская (Накынское поле), а также Айхал и Юбилейная (Алакит-Мархинское поле). Алмазы V и VII разновидностей, типоморфные для остальных россыпей северо-востока СП, полностью отсутствуют. Следует отметить присутствие значительного количества (3,0 %) типичных тригонтриоктаэдров травления, из известных россыпных месторождений, встреченных только в россыпи Новинка в районе трубки Интернациональная в МБАР [8–11]. Присутствуют также (1,1 %) поликристаллические агрегаты VIII разновидности. Алмазы характеризуются очень низким (17,6 %) содержанием двойников и сростков и высоким (77,0 %) количеством кристаллов с признаками природного травления. Алмазы в основном прозрачные при низком (26,5 %) содержании окрашенных и ожелезненных

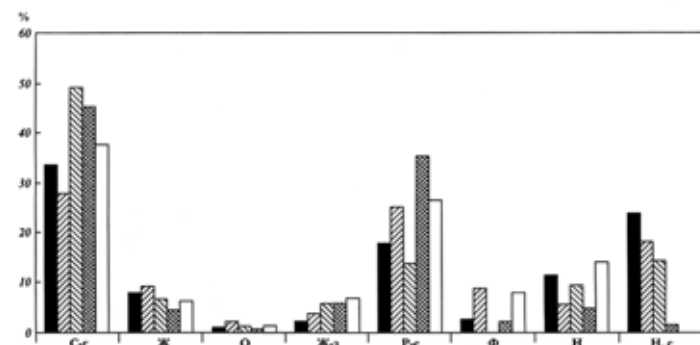


Рис. 6. Фотолюминесцентные особенности алмазов из россыпей Приленского алмазоносного района

Цвет люминесценции: С-г – сине-голубой, Ж – желтый, О – оранжевый, Ж-з – желто-зеленый, зеленый, P-с – розово-сиреневый, Ф – фиолетовый, Н – неопределенный; Н.с – несветящиеся алмазы; прочие усл. обозначения см. на рис. 5

(32,4 %) камней. Характерной особенностью алмазов является высокое (8,6 %) количество кристаллов с зелеными пятнами пигментации радиационного происхождения, являющееся одним из максимальных среди россыпей северо-востока СП. Алмазы характеризуются (рис. 6) преобладающей (45,0 %) сине-голубой фотолюминесценцией и пониженным (45,0 %) количеством кристаллов с твердыми включениями. Типоморфной особенностью алмазов Кютюнгдинского россыпного поля является значительное (9,9 %) содержание кристаллов с сингенетическими включениями, представленными (90 %) минералами-узниками ультраосновной ассоциации (оливин и, реже, хромит, а также пироп малиновый), а из включений эцлогитового генезиса установлены гранат оранжевого цвета и омфацил. Близкий характер распределения твердых включений из россыпей северо-востока СП наблюдается только в нижнекарбонатных отложениях участка Угюс-Юрюе. Сопоставимое аномально высокое содержание алмазов с твердыми включениями установлено [7–10] только в некоторых кимберлитовых телах ДААР с промышленной алмазоносностью (трубки Удачная, Сытыканская и Комсомольская). Кристаллы характеризуются высокой степенью сохранности (целостности) с преобладанием камней без трещин. Характерной особенностью изученных алмазов является [12–14] иной тип их механического износа, отличающийся от такового всех других россыпей северо-востока СП. Среди них полностью отсутствует механический износ “истирания”. Однако общее содержание изношенных алмазов является высоким (43,6 %). Преобладает износ “выкрашивания” на обломках (15,4 %) и фигуры удара в виде насечки на ребрах целых кристаллов (20,1 %), а также серповидные трещины и ромбический узор трещин (8,1 %). Среди алмазов преобладают низко- и среднеазотные кристаллы. *Молодо-Далдынское поле* включает территорию Молодо-Далдынского междуречья, где установлены находки алмазов в верхнекаменноугольных и нижнепермских отложениях, близкие по типоморфным особенностям к кристаллам кютюнгдинского типа. Одновременно в этом же направлении закономерно снижается содержание кристаллов ассоциации кютюнгдинского типа с одновременным увеличением содержания типичных округлых алмазов I разновидности и дефектных кристаллов V и VII разновидностей, типоморфных для других россыпей северо-востока СП, коренные источники которых до настоящего времени не установлены [5–7]. Для россыпи р. Далдын характерна минералогическая ассоциация кютюнгдинского типа с преобладанием ламинарных кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому, а также ламинарных ромбододекаэдров с блоковой скульптурой (в сумме 52,4 %), превалирующих над типичными округлыми алмазами во всех классах крупности (особенно в классе -8+4 мм). Содержание типоморфных для россыпей северо-востока СП индивидов V и VII разновидностей низкое (учитывая повышенную крупность кристаллов), присутствуют желто-оранжевые кубы II разновидности (2,7 %), бесцветные кубовиды I разновидности (3,1 %) и полностью отсутствуют импактные алмазы XI разновидности. Кристаллы характеризуются низким (21,0 %) содержанием двойников и сростков и высоким (77,0 %) количеством кристаллов с признаками природного травления. Алмазы в основном прозрачные, при сравнительно малом (41,1 %) количестве окрашенных камней, а также ожелезненных кристаллов (42,0 %). Следует отметить повышенное (4,2 %), по сравнению с другими рос-

сыпями северо-востока СП, содержание камней с соломенно-желтой окраской, а также максимальное (14,7 %) количество кристаллов с зелеными пятнами пигментации и позеленением по трещинам (радиационного происхождения). Алмазы характеризуются доминирующей (42,2 %) сине-голубой фотолюминесценцией и пониженным (48,3 %) содержанием индивидов с твёрдыми включениями. Для алмазов характерна высокая степень сохранности (целостность) и пониженная трещиноватость. Среди них очень низкое (всего 0,8 %) содержание камней с механическим износом истирания прибрежно-морского генезиса, но немало (29,2 %) индивидов с механическим износом выкрашивания, которые обычно характерны для россыпей среднего износа с преобладанием кристаллов октаэдрического габитуса, присутствующих в классическом высокоалмазном кимберлитом среднего палеозойского возраста СП. Такого рода изношенные алмазы присутствуют в количестве до 20–30 % в верхнепалеозойских и мезозойских терригенных отложениях в МБАР. Следует отметить повышенное (3 %) содержание кристаллов с ромбическим узором и серповидными трещинами, образование которых можно связывать как с особыми прибрежно-морскими условиями формирования, так и с термальным воздействием траппов на древний коллектор каменноугольно-пермского возраста. Необходимо отметить, что весь комплекс типоморфных особенностей алмазов россыпи р. Далдын свидетельствует об их наиболее высоком качестве по сравнению с другими россыпями северо-востока СП, не ниже россыпи Большая Куонапка. В пределах россыпи р. Молодо (ниже устья р. Далдын) наблюдается закономерная трансформация типоморфных особенностей алмазов путем снижения (в сумме 27,9 %) доли ламинарных кристаллов октаэдрического, переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому и ромбододекаэдрическому габитусов и повышения количества типичных округлых алмазов (45,6 %), а также камней V и VII разновидностей (12,7 %). При этом присутствуют желто-оранжевые кубы II разновидности (3,2 %), бесцветные кубоиды I разновидности (1,8 %), кристаллы с оболочкой IV разновидности (1,8 %) и отсутствуют импактные алмазы XI разновидности (молодинская минералогическая ассоциация). Содержание ламинарных кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов в 1,5 раза увеличивается с их крупностью. Одновременно резко (в 2–2,5 раза) уменьшается количество типичных округлых алмазов. Отмечается заметное (около 25 %) содержание дефектных кристаллов V и VII разновидностей в наиболее продуктивных классах, что является одной из причин понижения качества камней россыпи р. Молодо по сравнению с таковыми р. Далдын, при сопоставимой гранулометрии и среднем весе (26,2 мг) кристаллов. Для алмазов характерно низкое (19,8 %) содержание двойников и сростков и высокое (66,6 %) количество кристаллов с признаками природного травления. Алмазы характеризуются высокой степенью прозрачности, низким (31,2 %) содержанием окрашенных, а также ожелезненных индивидов (45,7 %). Среди алмазов преобладают (38,4 %) кристаллы с сине-голубой фотолюминесценцией. Число алмазов с твердыми включениями является наиболее низким среди россыпей северо-востока СП и составляет всего 42,3 %. Содержание индивидов с сингенетическими включениями составляет 2,9 % от общего количества кристаллов, что является одной из наиболее высоких цифр для россыпей северо-востока СП (за

исключением россыпи р. Далдын). Алмазы характеризуются [7–10] высокой степенью сохранности и низкой степенью трещиноватости. Содержание индивидов с механическим износом истирания прибрежно-морского генезиса – одно из наиболее низких (1,5 %) среди россыпей северо-востока СП и практически не зависит от крупности кристаллов. Необходимо отметить повышенное (6,7 %) количество индивидов с серповидными трещинами и ромбическим узором, что сближает их с таковыми россыпями р. Далдын. Большинство алмазов – высокоазотные. Для алмазов из россыпей Молодо-Далдынского поля в целом характерно повышенное содержание ламинарных кристаллов октаэдрического, переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому и ромбододекаэдрическому габитусов с блоковой скульптурой I разновидности и присутствие в повышенном количестве индивидов с оболочкой IV разновидности, что сближает их с алмазами кютюнгдинского типа, характерных для нижнекарбонных отложений, при низком содержании типичных округлых камней уральского (бразильского) типа. Наблюдается [9–11] значительная трансформация типоморфных особенностей алмазов в системе рек Далдын-Молодо с понижением содержания октаэдров и повышением количества типичных округлых камней, а также индивидов V и VII разновидностей, в том числе и в наиболее продуктивных классах крупности, что приводит к некоторому снижению качества алмазного сырья. Максимальное количество алмазов V и VII разновидностей отмечается по р. Молодо (ниже устья р. Сюнгюдэ), в зоне размыва мезозойских вторичных коллекторов. Другие типоморфные особенности кристаллов россыпей рек Далдын и Молодо достаточно близки, что позволяет комплексом методов охарактеризовать молодинскую минералогическую ассоциацию алмазов, являющуюся полигенной вследствие смешения ассоциации кютюнгдинского типа с зырянской ассоциацией, характерной для древнетерригенных образований региона.

В Нижнеленском алмазном районе (НЛАР) в верхнетриасовых отложениях в пределах Предверхоанского прогиба алмазы изучены по шести пространственно-разбросанным участкам, причем часть находок – из отложений в пределах складчатой области. Верхнетриасовые отложения НЛАР – наиболее древние из известных вторичных коллекторов с неустановленными коренными источниками невыявленного генезиса. Величина изученных алмазов наиболее низкая для россыпей северо-востока СП, при этом средний вес кристаллов уменьшается с запада (участок Булкур) на восток (участок Ольховый) с 17,0 до 2,4 мг, а также почти в два раза уменьшается с севера на юг по участку Булкур, что, по-видимому, связано с различием литолого-фациального состава алмазонасных отложений этого региона и крупностью алмазов. Для данного района характерно высокое содержание кристаллов класса $-1+0,5$ мм, а также мелких камней класса $-2+1$ мм, которые составляют 3/4 от общей массы добываемых камней. Пониженная крупность кристаллов характерна для краевых частей СП и связана с историей геологического развития Анабарской антеклизы, а также литолого-фациальными условиями формирования алмазонасных отложений в удаленных от береговой линии фациях. По кристалломорфологическим особенностям алмазов отмечается (фото 3) высокое содержание серых, переполненных включениями графита, ромбододекаэдров V разновидности и сложных двойников, и сростков додекаэдров VII разновидности, составляющих до половины и более от обще-



Фото 3. Алмазы из верхнетриасовых отложений участка Булкур (Нижнеленское алмазоносное поле)

го количества кристаллов, и присутствие желто-оранжевых кубоидов II разновидности, что сближает их с индивидами из россыпей Эбеляхской алмазоносной площади. Сокращаются крупность и количество алмазов V и VII разновидностей с запада на восток района. Среди кристаллов I разновидности преобладают типичные округлые алмазы уральского (бразильского) типа, при заметном содержании додекаэдроидов с шагренью и полосами пластической деформации, а также бесцветных кубоидов при очень низком суммарном количестве ламинарных кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов, в том числе, в отличие от Эбеляхских россыпей, и в мелком классе крупности $-1+0,5$ мм. Особенностью изученных алмазов является также высокое содержание сложно сдвойникованных по шпинелевому закону индивидов и различных незакономерных сростков, составляющих до 1/2 от общего количества кристаллов, причем их роль заметно увеличивается с уменьшением крупности. Широко распространены скульптуры с признаками травления, представленные в основном «шрамами». Среди изученных алмазов не встречаются камни с механическим износом «истирания» прибрежно-морского генезиса, но наблюдается (до 42,0 %) механический износ «выкрашивания», что может свидетельствовать об удалении их коренных источников, учитывая площадной характер распространения верхнетриасового коллектора. Внешний облик алмазов заметно «свежее», чем у кристаллов из других россыпей северо-востока СП, что предполагает вероятное нахождение их первоисточников в районе Чукуровского выступа фундамента или сололийского поднятия на северо-востоке Анабарской антеклизы. В результате комплексного исследования алмазов верхнетриасовых отложений НЛАР можно выделить нижнеленский тип их первоисточника невыясненного, предположительно, эклогитового генезиса, послужившего основным источником этих алмазов из разновозрастных россыпей Эбеляхского алмазоносного поля, и высказать предположение о его местонахождении в краевых частях СП. Обращает на себя внимание факт относительной «свежести» алмазов нижнеленского типа (отсутствие механического износа «истирания» и слабое ожелезнение камней), что является отличительным признаком для россыпей северо-востока СП и может указывать на относительную близость их коренных источников. Типоморфизм алмазов нижнеленского типа, преобладание среди них разновидностей, отсутствующих в известных ким-

берлитовых телах, облегченный изотопный состав углерода V и VII разновидностей ($\delta^{13}C = -23,0\text{‰}$), составляющих не менее половины всех кристаллов, преобладающий эклогитовый парагенезис твердых включений в алмазах может служить указанием на то, что их коренным источником могут быть не классические кимберлиты, а эклогиты или другие породы корового происхождения с неклассическими минералами-спутниками по этим породам.

Проведенными исследованиями показано, что типоморфные особенности алмазов из фанерозойских отложений северо-востока СП (Анабарский, Муно-Тюнгский, Приленский и Нижнеленский районы) являются характерными только для этих территорий, что во многом связано с определенными влияниями на процессы россыпеобразования расположенного на этой территории АКМ, на котором не исключается открытие не типичных для описываемой территории источников полезного компонента. Наиболее интересным в плане прогнозирования и поисков алмазоносных источников является Кютюнгдинское поле с аномальной среди известных россыпей ассоциацией кютюнгдинского типа с преобладанием ламинарных кристаллов ряда октаэдр-ромбододекаэдр преимущественно с блоковой скульптурой, низким содержанием типичных округлых алмазов и с присутствием индивидов с оболочкой желто-зеленого ряда, аномально высоким содержанием твердых включений, преимущественно ультраосновной ассоциации и преобладанием камней с синеголубой фотолюминесценцией. Эти алмазы характеризуются высоким содержанием камней со своеобразным механическим износом (фигуры удара и серповидные трещины), что свидетельствует об их сложной экзогенной истории. Близкие типоморфные особенности алмазов характерны для нижнекаменноугольных отложений участка Угюс-Юрюе, что убедительно свидетельствует о верхнепалеозойском (докаменноугольном) возрасте их коренных источников, поиски которых в значительной мере усложнены геологическим строением территории Молодо-Далдыно-Толупского междуречья, перекрытой толщами траппов. Приленская алмазоносная область по типоморфным особенностям алмазов подразделяется на две группы россыпных полей (соответственно Приленской и Кютюнгдинской), характеризующихся полигенезом их коренных источников. В первой преобладают типичные округлые индивиды уральского (бразильского) типа I разновидности в ассоциации с кристаллами V, VII и II разновидностей, характерные для периферийных частей древних платформ. Для Кютюнгдинской области характерно преобладание ламинарных кристаллов ряда октаэдр-ромбододекаэдр I разновидности в основном с блоковой скульптурой при низком содержании типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа и заметном содержании алмазов с оболочкой IV разновидности желто-зеленого ряда, а также здесь отмечается аномально высокая ультраосновная ассоциация твердых включений в кристаллах, что свидетельствует о гетерогенности строения верхней мантии в этом регионе СП. Преобладание кимберлитовых алмазов и специфика их морфологии, наряду с наличием комплекса индикаторных минералов гранатов алмазной ассоциации являются надежным свидетельством существования в этом районе высокоалмазоносных пород среднепалеозойского возраста. В целом по комплексу типоморфных особенностей алмазы из россыпей Верхнетюнгского поля заметно отличаются от кристаллов из кимберлитовых тел Верхнемунского поля. Дифференциация алмазов из отдельных россыпей в пределах Верхнетюнгского

поля небольшая, что может свидетельствовать об их поступлении в аллювиальные отложения за счет размыва древнего вторичного коллектора, имеющего площадной характер распространения. Ими могут быть отложения нижнеюрского возраста, опробованные на водоразделе рек Тюнг-Тюнгкэн. Среди них, по предварительным данным, также преобладают (60 %) ламинарные кристаллы ряда октаэдр-ромбододекаэдр I разновидности, чем они отличаются от таковых из верхнеюрских (нижневолжских) отложений междуречья рек Молодо-Сюнгюдэ-Лена. Это позволяет прогнозировать собственные богатые коренные источники алмазов в бассейне р. Тюнг с повышенным содержанием ламинарных кристаллов ряда октаэдр-ромбододекаэдр, несмотря на полигенный характер алмазов верхнетюнгской минералогической ассоциации, отличающийся от хаханской. Приведенные сведения по минералогической характеристике алмазов из разновозрастных вторичных коллекторов северо-востока СП еще раз доказывают, что это крупнейший район россыпной алмазоносности, на отдельных территориях которого возможно выделить типоморфные особенности и типы первоисточников. Это позволяет использовать приведенные данные для целей регионального и локального прогноза их коренных источников. Сравнение типоморфизма алмазов с привлечением данных детального исследования твердых включений и изотопного состава углерода позволило на северо-востоке СП оконтурить район Кютюнгдинского грабена и прилегающие к нему с юго-запада территории Далдыно-Толуопского междуречья (Кютюнгдинская область), перспективного на открытие богатых кимберлитовых тел с алмазами кютюнгдинского типа, сопровождаемыми пиропами алмазной ассоциации с высоким содержанием кноррингитового компонента, сопоставимого по масштабам с проявлениями таковых в высокоалмазоносных регионах. Важное значение имеет использование типоморфных особенностей алмазов для восстановления экзогенной истории алмазов на пути от коренных источников до мест современного нахождения в россыпях, для палеогеографических реконструкций распространения древних продуктивных отложений и выяснения направлений сноса. Проведенное на примере северо-востока СП минералогическое районирование территорий россыпной алмазоносности по типоморфным особенностям алмазов показывает возможности проведения локализации перспективных площадей и поиска коренных источников этого минерала, являющегося более устойчивым в экзогенных условиях по сравнению с другими мантийными образованиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В. П., Елисеев А. П., Надолинный В. А. и др. Минералогия и некоторые вопросы генезиса алмазов V и VII разновидности (по классификации Ю. Л. Орлова)//Вестник Воронежского ун-та. Геология. – 2000. – № 5 (10). – С. 79–96.
2. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Похиленко Н. П. Поисковая минералогия алмаза. – Новосибирск: Гео, 2010. – 650 с.
3. Бартошинский З. В. Минералогическая классификация природных алмазов//Минералогич. журнал. – 1983. – Т. 5. – № 5. – С. 84–93.
4. Гневушев М. А., Бартошинский З. В. К морфологии якутских алмазов//Тр. ЯФ СО АН СССР. Сер. геолог. – 1959. – Вып. 4. – С. 74–92.
5. Граханов С. А., Коптиль В. И. Триасовые палеороссыпи алмазов северо-востока Сибирской платформы//Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44. – № 11. – С. 1191–1201.
6. Зинчук Н. Н., Зуев В. М., Коптиль В. И., Черный С. Д. Стратегия ведения и результаты алмазопроисковых работ//Горный вестник. – 1997. – № 3. – С. 53–57.
7. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. – М.: Недра, 2003. – 603 с.

8. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Борис Е. И. Основные аспекты разномасштабного районирования территорий по типоморфным особенностям алмазов (на примере Сибирской платформы)//Геол. рудных месторождений. – 1999. – Т. 41. – Вып. 16. – № 6. – С. 516–526.
9. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Борис Е. И. Среднемасштабное районирование территории Центрально-Сибирской алмазоносной субпровинции по типоморфным особенностям алмазов//Сб.: Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. – Воронеж: ВГУ, 2001. – С. 337–357.
10. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Борис Е. И., Липашова А. Н. Типоморфизм алмазов из россыпей Сибирской платформы как основа поисков алмазных месторождений//Руды и металлы. – 1999. – № 3. – С. 18–30.
11. Каминский Ф. В., Бартошинский З. В., Блинова Г. К. и др. Методическое руководство по комплексному исследованию типоморфных свойств алмазов при локальном прогнозировании и поисках коренных месторождений алмазов. – М.: ЦНИГРИ, 1988. – 88 с.
12. Прокопчук Б. И. Зональность размещения алмазных россыпей на древних платформах//Минеральные месторождения. – М.: Наука, 1976. – С. 186–196.
13. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза. 2-е изд. – М.: Наука, 1984. – 264 с.
14. Харьков А. Д., Зинчук Н. Н., Крючков А. И. Геолого-генетические основы шлихо-минералогического метода поисков алмазных месторождений. – М.: Недра, 1998. – 555 с.

REFERENCES

1. Afanasev V. P., Eliseev A. P., Nadolinny V. A. et al. Mineralogy and some issues of variety V and VII diamonds genesis (by classification of Ju. L. Orlov)//Bulletin of Voronezh SU. Geology. – 2000. – № 5 (10). – P. 79–96. (In Russian).
2. Afanasev V. P., Zinchuk N. N., Pohilenko N. P. Prospecting mineralogy of diamond. – Novosibirsk: Geo, 2010. – 650 p. (In Russian).
3. Bartoshinskij Z. V. Mineralogical classification of natural diamonds//Mineral. journal. – 1983. – Vol. 5. – № 5. – P. 84–93. (In Russian).
4. Gnevushev M. A., Bartoshinskij Z. V. To morphology of Yakutian diamonds//Proceedings of SB YS of the USSR AS. Geol. series. – 1959. – Iss. 4. – P. 74–92. (In Russian).
5. Grahonov S. A., Koptil V. I. Triassic paleoplacers of diamonds of the Siberian platform north-east//Geology and geophysics. – 2003. – Vol. 44. – № 11. – P. 1191–1201. (In Russian).
6. Zinchuk N. N., Zuev V. M., Koptil V. I., Chernyj S. D. Strategy of carrying out and results of diamond prospecting works//Gornyj vestnik. – 1997. – № 3. – P. 53–57. (In Russian).
7. Zinchuk N. N., Koptil V. I. Typomorphism of diamonds of the Siberian platform. – Moskva: Nedra, 2003. – 603 p. (In Russian).
8. Zinchuk N. N., Koptil V. I., Boris E. I. Basic aspects of different in scale zoning of territories according to typomorphic features of diamonds (on the example of the Siberian platform)//Geol. of ore deposits. – 1999. – Vol. 41. – Iss. 16. – № 6. – P. 516–526. (In Russian).
9. Zinchuk N. N., Koptil V. I., Boris E. I. Average in scale territory zoning of the Central-Siberian diamondiferous sub-province according to typomorphic features of diamonds//Coll.: Problems of diamond geology and some ways of their solution. – Voronezh: VSU, 2001. – P. 337–357. (In Russian).
10. Zinchuk N. N., Koptil V. I., Boris E. I., Lipashova A. N. Typomorphism of diamonds from placers of the Siberian platform as the basis for prospecting of diamond deposits//Ores and metals. – 1999. – № 3. – P. 18–30. (In Russian).
11. Kaminskij F. V., Bartoshinskij Z. V., Blinova G. K. et al. Methodological guideline on complex investigation of typomorphic properties of diamonds during local forecasting and prospecting of primary diamond deposits. – Moskva: CNIGRI, 1988. – 88 p. (In Russian).
12. Prokopchuk B. I. Zoning of diamond placers allocation on ancient platforms//Mineral deposits. – Moskva: Nauka, 1976. – P. 186–196. (In Russian).
13. Orlov Ju. L. Mineralogy of diamond. 2nd ed. – Moskva: Nauka, 1984. – 264 p. (In Russian).
14. Harkiv A. D., Zinchuk N. N., Krjuchkov A. I. Geological-genetic fundamentals of heavy-concentrate mineralogical method of diamond deposits prospecting. – Moskva: Nedra, 1998. – 555 p. (In Russian).

Рукопис отримано 8.04.2019.

УДК 553.04.003

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2019.3.30-39>

О. В. ЗУР'ЯН, д-р філософії в галузі економіки, заступник директора з виробництва, економіки і загальних питань (Український державний геологорозвідувальний інститут), Київ, olegzurian@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8786-807X>,

А. Ф. ЛЯШОК, завідувач відділу маркетингових досліджень (Український державний геологорозвідувальний інститут), Київ, laf@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3265-5143>

O. ZURIAN, Doctor of Philosophy in Economics, Deputy Director for Production, Economics and General Issues (Ukrainian state geological research institute), Kyiv, olegzurian@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8786-807X>,

A. LIASHOK, Head of the Department of Marketing Research (Ukrainian state geological research institute), Kyiv, laf@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3265-5143>

ПОКАЗНИКИ ЗАПАСІВ І ВИДОБУТКУ ГОРЮЧИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН В УКРАЇНІ ЗА ПЕРІОД 2013–2018 РОКІВ З ПОЗИЦІЙ ТЕХНІЧНОГО АНАЛІЗУ

INDICATORS OF RESERVES AND EXTRACTION OF COMBUSTIBLE MINERALS IN UKRAINE FROM 2013 TO 2018 FROM THE STANDPOINT OF TECHNICAL ANALYSIS

Наведено загальні принципові особливості технічного і фундаментального аналізу з посиланнями на праці засновників американської школи технічного і фундаментального аналізу.

Викладено результати аналізу динамічних рядів даних щодо запасів, кількості родовищ і видобутку горючих корисних копалин за період 2013–2018 рр. в Україні відповідно до узагальненої інформації зі стану запасів корисних копалин, розміщеної на порталі “Мінеральні ресурси України”.

Репрезентовано конкретні узагальнені дані результатів аналізу, які ґрунтуються на опрацюванні табличних даних і графічних діаграм.

Побудовано таблиці даних на основі оброблення апостеріорних трендів (тенденцій) із застосуванням стандартного інструментарію та математичного апарату програмного продукту “Excel”.

Окреслено висновки щодо динаміки змін показників запасів, кількості родовищ і видобутку горючих корисних копалин.

Ключові слова: запаси горючих корисних копалин України, динаміка змін запасів горючих корисних копалин України, запаси вуглеводнів України.

Combustible minerals have a special position among others due to the fact that they are a source of substantial energy.

This article outlines details of establishment in Ukraine of minerals nomenclature related to combustible minerals, and provides a list of corresponding State reserves of minerals.

The article also defines trends of aposteriority changes of the outlined indicators during the period from 2013 through 2018 (and for extraction – from 2012 through 2017) in order to obtain in the future a possibility of considering the impact of other economic and organizational factors and to detect generalized regularities in the industry’s development in terms of prospects of combustible minerals extraction.

This article describes the general basic features of the technical and fundamental analysis with references to works of founders of the American school of the technical and fundamental analysis.

The article provides the analysis of dynamic ranks of data on reserves, the number of fields and extraction of combustible minerals during the period from 2013 to 2018 in Ukraine according to generalized information on condition of reserves of minerals laid out on the website “Mineral Resources of Ukraine”.

The article also contains specific generalized data of results of analyses which are based on processing of tabular data and graphic charts.

We created data tables based on processing of posteriori trends with application of standard tools and Excel calculation techniques.

The article describes the main details of analysis tools and mechanisms based on Excel calculations, as well as corresponding applied dependencies, specific details of rows development for data about reserves of combustible mineral varieties and combustible mineral reserves being under exploitation.

The article contains tables of source data that were applied for generalization and analysis.

In this article we provide conclusions concerning dynamics of changes of indicators of reserves, the number of fields and extraction of combustible minerals.

Keywords: reserves of combustible minerals in Ukraine, dynamics of changes in reserves of combustible minerals of Ukraine, reserves of hydrocarbons in Ukraine.

Горючі корисні копалини посідають особливе місце з-поміж інших через вагомий енергетичний складник їхніх властивостей.

Матеріали, які наведено в цій статті, ґрунтуються на фактичному матеріалі, оприлюдненому в джерелі [16], станом на квітень 2019 року.

За Державним класифікатором корисних копалин ДК 008:2007 [8] клас горючих корисних копалин поділено на групи газоподібних, рідких і твердих горючих корисних копалин, які так само поділяють на відповідні підгрупи корисних копалин і власне види корисних копалин.

На практиці виділяється відома множина видів горючих корисних копалин, які традиційно називають вуглеводнями,

– природний газ, нафта, бітум нафтовий і газовий конденсат, щодо яких в Україні діє окремий Закон “Про нафту і газ” [4]. Цей Закон визначає основні правові, економічні та організаційні засади діяльності нафтогазової галузі України та регулює відносини, пов’язані з особливостями користування нафтогазоносними надрами, видобутком, транспортуванням, зберіганням і використаням нафти, газу та продуктів їхнього перероблення для забезпечення енергетичної безпеки України, розвитку конкурентних відносин у нафтогазовій галузі, захисту прав усіх суб’єктів відносин, що постають у зв’язку з геологічним вивченням нафтогазоносності надр, розробленням родовищ нафти й газу, переробленням нафти й газу, зберіганням, транспортуванням і реалізацією нафти, газу та продуктів їхнього перероблення, споживачів нафти й газу та працівників галузі.

Водночас вуглеводневу основу (складник) мають і інші горючі корисні копалини, до яких згідно з Державним класифікатором корисних копалин ДК 008:2007, окрім наведених вище, належать газ природний (метан) кам'яновугільних родовищ, або він же – газ (метан) вугільних родовищ і вуглевмісних товщ, буре вугілля, антрацит, кам'яне вугілля, сланці горючі (зокрема сланці менілітові) і торф. Усі вони згідно з ДК 008:2007 належать до класу горючих корисних копалин і відповідних груп (газоподібних, рідких і твердих горючих корисних копалин цього класу).

Отже, інформацію щодо запасів і видобутку горючих корисних копалин фактично поділяють на два складники – інформацію щодо запасів і видобутку “вуглеводнів” (які наведено вище як окрему множину) та інформацію щодо запасів і видобутку горючих корисних копалин, за винятком вуглеводнів.

Відповідно до статті 42 Кодексу України “Про надра” порядок державного обліку родовищ, запасів і проявів корисних копалин в Україні визначено відповідною Постановою Кабінету Міністрів України [17].

У частині горючих корисних копалин є такі щорічні Державні баланси запасів корисних копалин, які наведено на порталі “Мінеральні ресурси України” [16]:

- Державний баланс запасів газу природного;
- Державний баланс запасів етану, пропану, бутанів;
- Державний баланс запасів нафти;
- Державний баланс запасів бітуму нафтового;
- Державний баланс запасів конденсату;
- Державний баланс запасів метану кам'яновугільних родовищ;
- Державний баланс запасів вугілля;
- Державний баланс запасів сланцю менілітового;
- Державний баланс запасів торфу.

Державні баланси запасів корисних копалин укладають щороку станом на 1 січня. Вони містять відомості про кількість, якість і ступінь вивчення запасів корисних копалин щодо родовищ, які мають промислове значення, їхнє розміщення, рівень промислового освоєння, а також відомості про видобуток, втрати і забезпеченість суспільного виробництва розвіданими запасами корисних копалин. Обліку в державному балансі підлягають запаси корисних копалин окремо по кожному об'єкту (родовище, ділянка родовища, шахтне поле тощо) за основними промисловими типами, сортами, марками, технологічними групами корисних копалин відповідно до чинних державних стандартів, а також за способом відпрацювання, з виділенням запасів сировини, придатної для видобутку підземним, відкритим, гідравлічним та іншими способами [17]. Облік запасів корисних копалин у державному балансі здійснюється згідно з Класифікацією запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр [20].

Державне науково-виробниче підприємство “Державний інформаційний геологічний фонд України” (ДНВП “Геоінформ України”) епізодично видає щорічник “Мінеральні ресурси України”, який містить відомості про балансові запаси корисних копалин (окрім закритих для публікації) станом на початок відповідного року, їхнє погашення (видобуток і втрати), про кількість родовищ, які обліковують Державним балансом запасів корисних копалин України, і ступінь їхнього промислового освоєння по адміністративних областях, Автономній Республіці Крим та Україні загалом. Цей довідник упорядковано на основі даних Державних балансів за-

пасів корисних копалин, інформації Мінпаливенерго, Держкомстату. На сьогодні маємо щорічник за 2017 рік [21].

Інформація, яка вноситься в Державні баланси запасів, ґрунтується на комплексі даних, які узагальнюють у Держгеонадрах України (із залученням відповідних структур). Цей комплекс даних містить інформацію зі звітних балансів запасів корисних копалин за кожний рік (систематично надають підприємства та організації, які здійснюють розвідку та експлуатацію корисних копалин). Нові об'єкти (родовища) зараховують до державного балансу на підставі рішень Державної комісії України по запасах корисних копалин (ДКЗ).

З грудня 2017 року Держгеонадра України відкрили доступ до порталу “Мінеральні ресурси України” – одного з напрямів співпраці ДНВП “Геоінформ України” та Геологічної служби Норвегії в межах проєкту EIMIDA – Європейська інтеграція даних про мінеральні ресурси. Головним завданням проєкту є підвищення рівня відкритості геологічної інформації в Україні та надання доступу до неї широкому колу користувачів, зокрема англомовних. Інформаційне наповнення ресурсу здійснюється безпосередньо з баз даних Державного кадастру родовищ і проявів корисних копалин, Державного водного кадастру (підземні води), Державного балансу запасів корисних копалин, спеціальних дозволів на користування надрами, електронного каталогу фондів геологічних матеріалів.

На сьогодні на цьому сайті доступна інформація про запаси корисних копалин України в узагальненому вигляді за 2013–2018 роки. Детальна інформація в розрізі родовищ доступна серед комплексу інформації інтерактивних карт порталу.

Для узагальнення й аналізу із цієї праці взято такі основні показники:

1. Запаси корисних копалин.
2. Кількість родовищ з облікованими запасами (поділяють за загальною кількістю та на розроблювані).
3. Видобуток корисних копалин.

За результатами опрацювання, технічного форматування та узагальнення інформації, отриманої з наведеного джерела, побудовано табл. 1, 2. Дані, які наведено в них, дають змогу аналізувати зміни показників, визначати тренди (тенденції). Характеристики трендів дають змогу отримати об'єктивні закономірності розвитку ринку горючих (або інших) корисних копалин, тобто мінерально-сировинного ринку України. Власне цим визначається мета цієї статті:

визначити тенденції апостеріорних змін наведених показників за період 2013–2018 рр. (для видобутку – за період 2012–2017 рр.) для отримання можливості розгляду впливу інших економічних та організаційних чинників і для виявлення узагальнених закономірностей розвитку галузі щодо перспектив видобутку горючих корисних копалин.

Поняття тренду (тенденції) у сучасній теорії та практиці економічної науки постало з теорії, явищ і процесів технічного аналізу. Що варто тут розуміти під терміном “технічний аналіз”?

Відповідь дає Джон Мерфі: “Технічний аналіз – це дослідження динаміки ринку, найчастіше за все за допомогою графіків, з метою прогнозування майбутнього напрямку руху цін” [3]. Водночас поняття “динаміка ринку”, за Мерфі, охоплює три основні джерела інформації, якими оперує технічний аналітик, а саме: ціну, обсяг і відкритий інтерес. Окрім того, він сформулював три постулати, на яких, як на трьох китах, ґрунтується технічний аналіз:

Таблиця 1. Вихідні дані щодо горючих корисних копалин (вуглеводнів)

Корисна копалина	Одиниця виміру	Рік щодо запасів (на 1 січня)	Рік видобутку	Усього родовищ	Розроблювані родовища	Балансові (добувні) запаси всього	Розроблювані балансові (добувні) запаси	Усього погашено запасів	Видобуток	Втрати
Газ горючий природний	млн м ³	2013	2012	382	245	1 020 952,00	870 944,00	20 532,00	20 525,00	7,00
Конденсат	тис. т	2013	2012	204	157	61 625,00	53 848,00	915,00	913,00	2,00
Нафта	тис. т	2013	2012	187	124	132 028,00	105 869,00	2 289,00	2 289,00	0,00
Газ горючий природний	млн м ³	2014	2013	391	251	993 296,00	849 507,00	21 450,00	21 435,00	15,00
Конденсат	тис. т	2014	2013	211	162	60 349,00	53 810,00	900,00	900,00	0,00
Нафта	тис. т	2014	2013	190	127	128 927,00	104 991,00	2 172,00	2 172,00	0,00
Газ горючий природний	млн м ³	2015	2014	395	266	994 748,00	858 358,00	20 596,00	20 584,00	12,00
Конденсат	тис. т	2015	2014	217	174	60 491,00	54 018,00	724,00	724,00	0,00
Нафта	тис. т	2015	2014	192	133	129 605,00	105 998,00	2 039,00	2 039,00	0,00
Газ горючий природний	млн м ³	2016	2015	396	267	924 115,00	803 684,00	19 922,00	19 908,00	14,00
Конденсат	тис. т	2016	2015	217	178	50 889,00	45 425,00	653,00	653,00	0,00
Нафта	тис. т	2016	2015	192	133	121 290,00	97 827,00	1 817,00	1 817,00	0,00
Газ горючий природний	млн м	2017	2016	402	269	905 623,00	798 442,00	20 054,00	20 037,00	17,00
Конденсат	тис. т	2017	2016	224	180	49 161,00	44 623,00	646,00	645,00	1,00
Нафта	тис. т	2017	2016	197	135	121 124,00	98 112,00	1 619,00	1 619,00	0,00
Газ горючий природний	млн м ³	2018	2017	406	268	829 449,00	719 229,00	20 523,00	20 509,00	14,00
Конденсат	тис. т	2018	2017	227	181	42 965,00	38 438,00	669,00	669,00	0,00
Нафта	тис. т	2018	2017	199	137	109 574,00	86 586,00	1 515,00	20 525,00	7,00

1. Ринок ураховує все.
2. Рух цін підпорядкований тенденціям.
3. Історія повторюється.

На думку Мерфі, твердження про те, що “ринок ураховує все” є наріжним каменем усього технічного аналізу.

Наведені положення фактично розвивають так звану теорію Доу, яка є фундаментальним складником технічного аналізу. Згідно з теорією Доу визначення тренду має такий узагальнений вигляд: за висхідного (низхідного) тренду кожний подальший пік і кожний спад мають бути вищими (нижчими) за попередній.

Чарльз Доу розробляв свою теорію в другій половині XIX століття, коли впродовж тривалих років аналізував рух цін на акції. Він був співвласником і одним з редакторів “Газети Уолл-Стріт” (Wall Street Journal). Писав свої спостереження про рух цін і частково публікував їх у газеті. Окремої книги він не видав.

Попри те, що “батьком” цієї теорії вважають Чарльза Доу, С. А. Нельсон і Вільям Гамільтон змінили її та опублікували. С. А. Нельсон був першим, хто використав термін Теорія Доу у своїй книзі “Ази спекуляції акціями” (The ABC of Stock Speculation) [23]. Після виходу книги Гамільтон і далі працював над Теорією і друкував свої спостереження в “Газеті Уолл-Стріт” у 1902–1929 роках. Він також написав книгу “Барометр ринку акцій” (The Stock Market Barometer), в якій описував і аналізував теорію Доу. Нарешті, 1932 року, проаналізувавши багаторічні праці Чарльза Доу і Вільяма Гамільтона, Роберт Рі написав книгу “Теорія Доу” (The Dow Theory) [24]. Рі проаналізував статті Доу (з “Газети Уолл-Стріт” від 1900–1902 рр.) і Гамільтона (“Газети Уолл-Стріт” від 1902–1929 рр., а також книгу “Барометр ринку акцій” [25]), зробив висновки і виклав їх у книзі на 252 сторінках [23].

Теорія Доу тут представлена як збірник теорем, припущень і переконань.

Згідно з фундаментальним дослідженням Джека Швагера “Технічний аналіз. Повний курс” маємо інше оригінальне визначення: “Підвищувальні і знижувальні тенденції (або тренди, що те ж саме) часто на графіках виділяють прямими лініями (лініями тренду)” [2].

У технічному аналізі розроблено безліч різноманітних інструментів і методів, але всі вони ґрунтуються на одному загальному припущенні: способом аналізу часових рядів за допомогою виділення трендів (на основі патернів і технічних індикаторів) можливо спрогнозувати поведінку ціни або іншого параметра в майбутньому.

Тренд (тенденція) в економіці – це напрям переважного руху показників. У межах технічного аналізу мають на увазі спрямованість руху цін, значень індексів або інших характерних показників і параметрів.

У теорії й практиці аналізу ринкових показників, окрім технічного аналізу, є і фундаментальний аналіз. Водночас позиції прихильників фундаментального аналізу опонують позиціям прихильників технічного аналізу.

Основою американської школи фундаментального аналізу є класична праця Бенджаміна Грема і Девіда Додда “Аналіз цінних паперів” 1934 року [7]. Сам Грем користувався фундаментальним аналізом на практиці і був успішним інвестором. Один з найвідоміших послідовників Грема, хто використовує фундаментальний аналіз – Уоррен Баффетт. Фундаментальний аналіз (англ. Fundamental analysis) – підхід до аналізу фінансових ринків на основі вивчення фінансово-економічної інформації. Фундаментальний аналіз – термін для позначення методів прогнозування ринкової (біржової) вартості компанії, ґрунтованих

Таблиця 2. Вихідні дані щодо горючих корисних копалин (окрім вуглеводнів)

Корисна копалина	Одиниця виміру (запаси)	Рік щодо запасів (на 1 січня)	Рік видобутку	Усього родовищ	Розроблювані родовища	Балансові запаси (А +В+С1) Усього	Балансові запаси (С2) Усього	Зокрема і розроблювані балансові запаси (А+В+С1)	Зокрема і розроблювані балансові запаси (С2)	Усього погашено запасів	Видобуток	Втрати
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	млн м ³	2013	2012	203	99	153 400,00	187 638,22	54 497,70	96 257,64	0,00	0,00	0,00
Вугілля буре	тис. т	2013	2012	80	2	2 593 301,00	299 181,00	9 273,00	0,00	2,00	2,00	0,00
Вугілля кам'яне	тис. т	2013	2012	1043	474	41 977 027,00	11 201 370,00	9 151 460,00	827 327,00	70 314,00	55 534,00	14 780,00
Сланець менілітовий	тис. т	2013	2012	2	1	4 574,55	0,00	815,55	0,00	2,45	2,45	0,00
Торф	тис. т	2013	2012	821	46	702 288,00	137 032,00	80 086,00	883,00	701,00	626,00	75,00
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	млн м ³	2014	2013	207	100	153 083,47	192 421,69	53 423,27	98 530,92	741,14	8,24	732,90
Вугілля буре	тис. т	2014	2013	80	3	2 593 724,00	299 181,00	9 696,00	0,00	5,00	5,00	0,00
Вугілля кам'яне	тис. т	2014	2013	1070	497	41 904 705,00	11 221 732,00	9 104 233,00	838 276,00	68 813,00	53 868,00	14 945,00
Сланець менілітовий	тис. т	2014	2013	2	1	4 573,82	0,00	814,82	0,00	0,73	0,73	0,00
Торф	тис. т	2014	2013	775	46	685 390,00	131 656,00	79 562,00	883,00	618,00	538,00	80,00
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	млн м ³	2015	2014	206	98	152 673,01	195 368,03	53 012,81	101 477,92	488,54	5,53	483,00
Вугілля буре	тис. т	2015	2014	80	3	2 593 711,00	299 181,00	9 683,00	0,00	13,00	11,00	2,00
Вугілля кам'яне	тис. т	2015	2014	1076	488	41 761 146,00	11 246 857,00	8 908 151,00	856 905,00	51 631,00	39 135,00	12 496,00
Сланець менілітовий	тис. т	2015	2014	2	1	4 572,66	0,00	813,66	0,00	1,16	1,16	0,00
Торф	тис. т	2015	2014	694	44	635 708,00	122 361,00	72 210,00	2 270,00	675,00	590,00	85,00
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	млн м ³	2016	2015	204	98	152 475,09	195 226,13	52 760,89	101 321,12	7,00	0,00	7,00
Вугілля буре	тис. т	2016	2015	80	3	2 593 700,00	299 181,00	9 672,00	0,00	11,00	11,00	0,00
Вугілля кам'яне	тис. т	2016	2015	1060	471	41 722 969,00	11 240 494,00	8 872 336,00	856 680,00	32 918,00	24 749,00	8 169,00
Сланець менілітовий	тис. т	2016	2015	2	1	4 572,66	0,00	813,66	0,00	0,00	0,00	0,00
Торф	тис. т	2016	2015	694	44	635 115,00	122 361,00	69 407,00	883,00	651,00	574,00	77,00
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	млн м ³	2017	2016	203	98	152 975,12	196 932,38	53 260,92	103 027,94	379,37	1,02	378,35
Вугілля буре	тис. т	2017	2016	80	3	2 593 684,00	299 181,00	9 656,00	0,00	16,00	14,00	2,00
Вугілля кам'яне	тис. т	2017	2016	1054	469	41 637 301,00	11 240 277,00	8 825 935,00	856 463,00	35 971,00	26 838,00	9 133,00
Сланець менілітовий	тис. т	2017	2016	2	1	4 572,66	0,00	813,66	0,00	0,00	0,00	0,00
Торф	тис. т	2017	2016	683	45	650 656,00	119 800,00	71 760,00	1 288,00	760,00	673,00	87,00
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	млн м ³	2018	2017	199	99	151 515,56	198 339,26	51 801,36	104 435,28	269,02	0,84	268,18
Вугілля буре	тис. т	2018	2017	80	3	2 593 672,00	299 181,00	9 644,00	0,00	12,00	11,00	1,00
Вугілля кам'яне	тис. т	2018	2017	1057	469	41 489 965,00	11 237 080,00	8 674 633,00	853 266,00	24 909,00	19 135,00	5 774,00
Сланець менілітовий	тис. т	2018	2017	2	1	4 571,61	0,00	812,61	0,00	1,05	1,05	0,00
Торф	тис. т	2018	2017	683	42	649 784,00	119 800,00	77 482,00	1 288,00	683,00	600,00	83,00

на аналізі фінансових і виробничих показників її діяльності. Фундаментальний аналіз використовують інвестори для оцінки вартості компанії (або її акцій), яка відображає стан справ у компанії і рентабельність її діяльності. Крім того, аналізу підлягають фінансові показники компанії: виручка, EBITDA (“доподатковий” прибуток), чистий прибуток, чиста вартість компанії, зобов’язання, грошовий потік, величина виплачуваних дивідендів і виробничі показники компанії.

Особливістю фундаментального аналізу є те, що його складно формалізувати. Звичайно, прийоми й методи цього аналізу досить об’єктивні, проте обсяг інформації й різна інтерпретація цієї інформації з боку учасників ринку переводять фундаментальний аналіз до сфери місцества.

З огляду на складність збирання, формалізації та узагальнення інформації про фінансові результати підприємств-надрокористувачів України в умовах, коли забезпечення прозорості у добувних галузях країни фактично тільки започатковане [19], у цій праці для досягнення зазначеної вище мети за основу взято підходи технічного аналізу.

На підставі даних, наведених у табл. 1 і 2, побудовано графіки (діаграми) змін наведених основних параметрів у часі за період з 2013 року з кроком 1 рік для кожного виду горючих корисних копалин.

Діаграми побудовано за формами й змістом, які можна продемонструвати на прикладі діаграм, наведених на рис. 1–3. Через велику кількість і великий обсяг усі діаграми в цій статті не наводимо, а пропонуємо підсумкові дані опрацю-

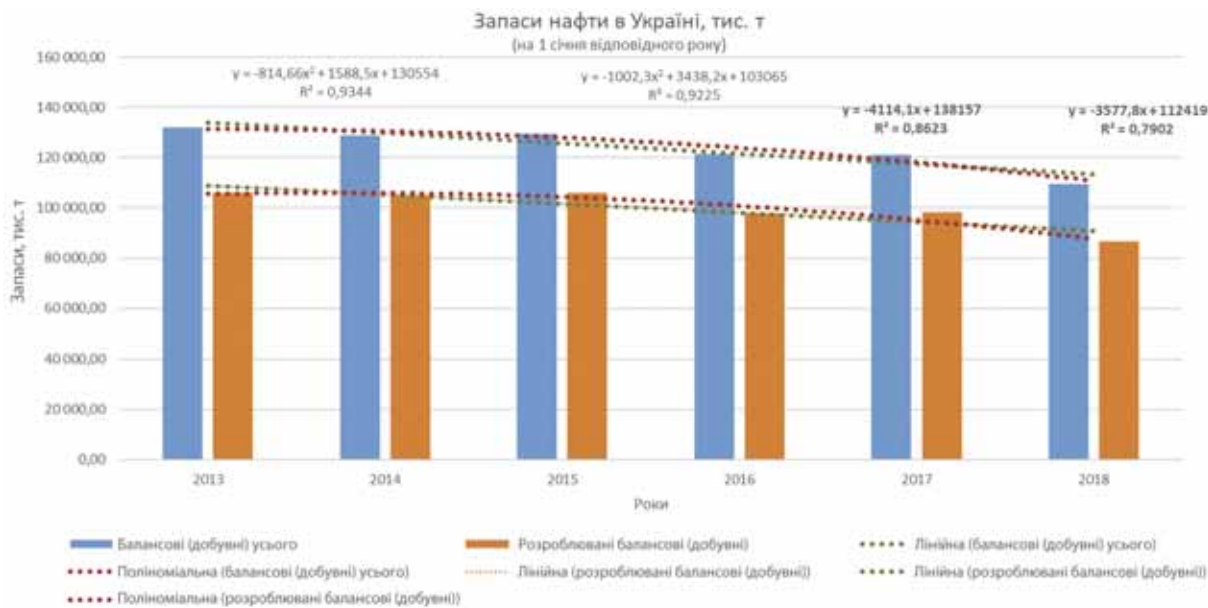


Рис. 1. Діаграма запасів нафти в Україні (2013–2018 рр.)



Рис. 2. Діаграма кількості родовищ нафти з облікованими запасами у 2013–2018 роках



Рис. 3. Діаграма видобутку нафти у 2012–2017 роках

вання та узагальнення (табл. 3), виконані за порядком, наведеним далі. Цей порядок можна назвати спробою “цифрового”, “регресного” підходу до аналізу та узагальнення закономірностей, які можна також виявити за допомогою “аналогового” методу, що полягає у візуальному аналізі й узагальненні діаграм і ліній трендів. На погляд авторів, цей метод дає змогу отримати дані для обґрунтованих висновків. Тож застосовані методи, на думку авторів, не можна зарахувати в чистому вигляді до методів регресного аналізу, який ґрунтується на математичній статистиці і присвячується аналізу залежності однієї величини від іншої. У цьому разі розглядають не залежності однієї величини від іншої, а зміни величин (показників) у часі.

Ґрунтуючись на принципах технічного аналізу із застосуванням певного функціонального та графічного інструментарію – у нашому випадку методик та інструментарію програмної оболонки “Excel” – діаграми дають змогу визначити лінії трендів.

На додаток до наведених вище основ технічного аналізу, зауважимо, що лінії тренду застосовували лінійні і в кількох випадках – поліноміальні та за типом ковзного середнього.

У загальному теоретичному аспекті є три види ліній тренду: висхідна, низхідна й горизонтальна. Вони відповідно визначають характер змін, які в нашому разі зумовлюють цілком очевидні апостеріорні тенденції.

У цій праці автори широко не застосовували методи глибокого статистичного й математичного аналізу трендів через наявність низки характерних і специфічних чинників (насамперед це невелика кількість точок дотику на лініях тренду). Водночас було визначено формули ліній трендів, які в математичній основі являють собою функції лінійних (або інших) регресій, а також величини достовірності апроксимацій (або коефіцієнтів достовірності) і похідні коефіцієнти та значення, які характеризують визначені графіки регресій (ліній трендів).

До того ж величини достовірності апроксимацій визначали за формулами й математичними моделями програмного продукту Excel.

З практики застосування відповідних операцій в Excel відомо, що добрим результатом під час визначення функції лінії тренду варто вважати перебування апроксимувальної функції з коефіцієнтом достовірності¹ $R^2 > 0,87$. Чудовий результат – при $R^2 > 0,94$.

Тобто що більшою є ця величина, то достовірніше зображується лінія тренду і стійкіше тренд. Розглянемо визначення цих залежностей на прикладі діаграми, наведеної на рис. 1. Це діаграма, яка демонструє зміну параметра (запаси нафти в Україні) на відтинку часу від 2013 до 2018 рр. з дискретністю 1 рік, починаючи з 2013 року. Візуальний аналіз методом огляду діаграми з меншою вірогідністю визначить, що тренд зміни запасів у цьому разі має низхідну характеристику проти методу порівняння відповідних коефіцієнтів і величин (особливо це важливо за критичних нахилів графіків регресій, коли знак нахилу визначається сумнівно за допомогою простих візуальних спостережень). За результатом першого кроку оброблення даних бачимо, що коефіцієнт достовірності лінії регресії (тобто лінії тренду) для лінійної функції (діаграма балансових добувних запасів) має величину достовірності апроксимації (коефіцієнта достовірності), що становить 0,8623 ($R^2=0,8623$), водночас для застосування поліноміальної функції зі степенем 2 ця величина становить 0,9344 ($R^2=0,9344$).

Аналогічні значення цього коефіцієнта отримуємо і для діаграми розроблюваних балансових запасів нафти в Україні. Це означає, що із цілком достатньою вірогідністю можна прийняти поліноміальну лінію тренду як характерну для визначення апостеріорної закономірності зміни параметра (у цьому разі – запасів). А крім того, використовуючи формулу цієї регресії (лінії тренду), можна здійснювати спроби умовного прогнозування запасів на майбутнє. Звичайно, що прогнозування майбутніх значень змін параметрів – складніше явище, ніж застосування формули отриманого тренду, бо майбутні запаси корисних копалин можуть змінитися за іншими законами у разі, якщо, наприклад, будуть вжиті екстраординарні економічні (макроекономічні) чи організаційні заходи щодо об'єкта досліджень.

Другим кроком опрацювання буде визначення наведеної тут формули відповідної регресії (лінії тренду) із застосуванням інструментарію Excel для кожної з ліній тренду.

1. Для лінійної лінії тренду діаграми змін балансових добувних запасів формула має вигляд²

$$Y = - 4114,1x + 138157 \quad (R^2=0,8623).$$

2. Для поліноміальної лінії тренду діаграми змін балансових добувних запасів

$$Y = - 814,66x^2 + 1588,5x + 130554 \quad (R^2=0,9344).$$

3. Для лінійної лінії тренду діаграми змін розроблюваних балансових запасів

$$Y = - 3577,8x + 112419 \quad (R^2=0,7902).$$

4. Для поліноміальної лінії тренду діаграми змін розроблюваних балансових запасів

$$Y = - 1002,3x^2 + 3438,2x + 103065 \quad (R^2=0,9225).$$

Третім кроком буде визначення нахилу лінійної лінії тренду за допомогою функції Excel НАХИЛ (SLOPE) або ж за значенням відповідного коефіцієнта в наведених вище формулах лінійних регресій. Функція НАХИЛ в Excel призначена для визначення нахилу прямої, використовуваної для апроксимації даних методом лінійної регресії, і повертає значення коефіцієнта a з рівняння $y=ax+b$. Для визначення нахилу використовують дві будь-які точки на прямій, обчислюють частку від ділення довжини відрізка, отриманого під час проєктування цих двох точок на вісь ординат (OY), на довжину відрізка, утвореного проєкціями цих же двох точок на вісь абсцис (OX). Фактично функція НАХИЛ обчислює значення, яке характеризує швидкість зміни даних уздовж лінії регресії. Знаючи нахил (коефіцієнт a) і значення коефіцієнта b можна розрахувати наближені майбутні значення якої-небудь властивості y , які змінюються зі зміною характеристики x .

Варто зауважити, що кут нахилу лінії тренду може дати в процесі аналізу додаткову інформацію про достовірність тренду. Якщо, наприклад, нахил лінії тренду занадто крутий, то достовірність такого крутого тренду падає (зменшується). У зв'язку з тим, що графічно можна стиснути графік (діаграму) і перетворити дуже пологий нахил лінії тренду на крутий, ліпше не покладатися на зовнішній вигляд лінії тренду, а вимірювати нахил тренду за відносним приростом (спадом) параметра. Якщо середній приріст (спад) параметра з прийнятою дискретністю змін становить понад певну величину (наприклад, 50 %), варто бути скептичним до тако-

¹ Термін “коефіцієнт достовірності” застосовуємо в наявних моделях програмного продукту Excel (прим. авт.).

² Тут і далі Y – це значення відповідного параметра (ордината), x – значення відповідного кроку в часі (абсциса) (прим. авт.).

Таблиця 3. Підсумкові узагальнені результати технічного аналізу показників щодо горючих корисних копалин (вуглеводнів) за 6 років

Корисна копалина	Показники, за якими аналізують тренди за період 2013–2018 рр.	Величина достовірності апроксимації (коефіцієнт достовірності) лінійної регресії	Величина достовірності апроксимації (коефіцієнт достовірності) поліноміальної, або іншої регресії ¹	Формула функції лінійної регресії для визначення нахилу	НАХИЛ (округлено)	Примітки
Газ горючий природний	Балансові (добувні) запаси Усього	$R^2 = 0,919$	–	$y = -36890x + 1E+06$	-36890	Показник зменшувався в середньому на 36890,0 одиниць
Конденсат		$R^2 = 0,9016$	–	$y = -3899x + 67893$	-3899	Показник зменшувався в середньому на 3899,0 одиниць
Нафта		$R^2 = 0,8623$	$R^2 = 0,9344$	$y = -4114,1x + 138157$	-4114	Показник зменшувався в середньому на 4114,0 одиниць
Газ горючий природний	Розроблювані балансові (добувні) запаси	$R^2 = 0,8468$	–	$y = -27613x + 913338$	-27613	Показник зменшувався в середньому на 27613,0 одиниць
Конденсат		$R^2 = 0,8601$	–	$y = -3234,4x + 59681$	-3234	Показник зменшувався в середньому на 3234,0 одиниць
Нафта		$R^2 = 0,7902$	$R^2 = 0,9225$	$y = -3577,8x + 112419$	-3578	Показник зменшувався в середньому на 3578,0 одиниць
Газ горючий природний	Кількість родовищ Усього	$R^2 = 0,9535$	–	$y = 4,4x + 379,93$	+4	Показник збільшувався в середньому приблизно на 4 одиниці
Конденсат		$R^2 = 0,9589$	–	$y = 4,4x + 201,27$	+4	Показник збільшувався в середньому приблизно на 4 одиниці
Нафта		$R^2 = 0,9483$	–	$y = 2,3143x + 184,73$	+2	Показник збільшувався в середньому приблизно на 2 одиниці
Газ горючий природний	Кількість розроблюваних родовищ	$R^2 = 0,779$	–	$y = 4,8571x + 244$	+5	Показник збільшувався в середньому приблизно на 5 одиниць
Конденсат		$R^2 = 0,8875$	–	$y = 5,0857x + 154,2$	+5	Показник збільшувався в середньому приблизно на 5 одиниць
Нафта		$R^2 = 0,9163$	–	$y = 2,5429x + 122,6$	+3	Показник збільшувався в середньому приблизно на 2 одиниці
Газ горючий природний	Видобуток у період 2012–2017 рр.	$R^2 = 0,2419$	$R^2 = 0,2666$	$y = -141,43x + 20995$	-141,4	Показник зменшувався у середньому приблизно на 141 одиницю. Через стрибкоподібні значення достовірність прогнозу невисока. Згідно з поліноміальною лінією тренду зменшення показника призупиняється (достовірність невисока)
Конденсат		$R^2 = 0,7869$	$R^2 = 0,9009$	$y = -58,743x + 956,27$	-9	Показник зменшувався в середньому на 59 одиниць. Згідно з поліноміальною лінією тренду зменшення показника призупиняється (достовірність висока)
Нафта		$R^2 = 0,9879$	–	$y = -164,31x + 2483,6$	-164	Показник зменшувався в середньому на 164,0 одиниці

¹ Відсутність даних у цьому стовпчику пов'язана з незначними різницями в значеннях достовірності або з цілком достатніми достовірностями за прямолінійними трендами.

го тренду. У цьому разі потрібно вивчати графік (діаграму) цього показника детальніше. Справді, у разі стрімкого зростання (спаду) такий тренд не може тривати довго. Важливо, що в наборах даних за використаною множиною інформації таких стрімких зростань (спадів) у змінах параметрів ми не спостерігаємо.

Отже:

1. Нахил лінії тренду діаграми змін балансових добувних запасів становить -4114,1.

2. Нахил лінійної лінії тренду діаграми змін розроблюваних балансових запасів становить -3577,8.

Знак “ - ” (мінус) відповідно означає напрям нахилу лінії тренду, тобто в цьому разі низхідний характер лінії тренду. Отримані значення свідчать про те, що *впродовж означеного періоду* розмір балансових добувних запасів і розмір розроблюваних балансових запасів у середньому *зменшувався* приблизно на 4114,1 та 3577,8 тис. т відповідно.

Аналогічно здійснюємо опрацювання даних щодо змін кількості родовищ у той самий період часу. Згідно з діаграмою (рис. 2) при $R^2 = 0,9483$ для загальної кількості родовищ та $R^2 = 0,9483$ для кількості розроблюваних родовищ формули лінійних регресій мають вигляд:

1. Для загальної кількості родовищ: $Y = 2,3143x + 184,73$.

2. Для кількості розроблюваних родовищ: $Y = 2,5429x + 122,6$.

Нахил ліній тренду загальної кількості родовищ і кількості розроблюваних родовищ становить 2,31 і 2,54 відповідно. Це означає, що кількість родовищ у період часу, який розглядається, *збільшувалася* в середньому *приблизно* на 2,3 і 2,5 умовних родовища щороку.

Таким же чином отримуємо підсумкові дані аналізу показників щорічного видобутку нафти впродовж 2012–2017 рр. (див. рис. 3):

1. Для діаграми видобутку нафти формула лінійної регресії має вигляд

$Y = -164,31x + 2483,6$.

2. Нахил лінії тренду діаграми видобутку нафти становить -164,31.

Тобто в наведений період часу видобуток нафти в Україні зменшувався в середньому приблизно на 164,3 тис. т щороку.

Виконавши подібні операції технічного аналізу для всіх горючих корисних копалин на підставі даних, наведених у табл. 1 і 2, отримуємо результати, які зосереджено в табл. 3 і 4.

Узагальнюючи отриманий комплекс даних, наводимо цілком очевидні та обґрунтовані результати спостережень згідно з результатами аналізу даних табл. 3 і 4:

Запаси нафти в Україні зменшуються.

Запаси газу горючого природного в Україні зменшуються.

Запаси конденсату в Україні зменшуються.

Запаси природного газу (метану) кам'яновугільних родовищ в Україні *в практичному значенні* є постійними.

Запаси бурого вугілля в Україні *в практичному значенні* є постійними.

Запаси кам'яного вугілля в Україні *в практичному значенні* є постійними.

Запаси торфу в Україні *в практичному значенні* є постійними (мають незначну тенденцію до зменшення).

Запаси сланців менілітових в Україні *в практичному значенні* є постійними.

Кількість родовищ нафти з облікованими запасами в Україні має тенденцію до зростання.

Кількість родовищ природного газу в Україні з облікованими запасами зростає.

Кількість родовищ конденсату з облікованими запасами в Україні зростає.

Кількість родовищ природного газу (метану) кам'яновугільних родовищ з облікованими запасами *в практичному значенні* не зростає (має тенденцію до зменшення).

Кількість родовищ бурого вугілля з облікованими запасами в Україні не зростає (є постійною).

Кількість родовищ вугілля кам'яного з облікованими запасами в Україні *в практичному значенні* не зростає.

Кількість родовищ торфу з облікованими запасами в Україні має тенденцію до зменшення (кількість розроблюваних родовищ є постійною).

Кількість родовищ сланців менілітових з облікованими запасами в Україні є постійною й невеликою.

Видобуток нафти в Україні має тенденцію до стійкого зменшення.

Видобуток газу горючого природного в Україні характеризується нестійким трендом. На заключних точках дотику є тенденція до зростання. Середні узагальнені значення нахилу трендів характеризуються тенденцією до зменшення видобутку. Через стрибкоподібні значення достовірність прогнозування невисока. Згідно з поліноміальною лінією тренду зменшення показника призупиняється (достовірність *невисока*).

Видобуток конденсату в Україні характеризується низхідною лінією тренду (видобуток зменшується). З досить високою достовірністю видобуток може бути постійним.

Видобуток газу природного (метану) кам'яновугільних родовищ в Україні характеризується нестійким трендом. Середні узагальнені значення нахилу трендів характеризуються тенденцією до постійності видобутку.

Видобуток бурого вугілля характеризується тенденцією до збільшення (низька величина достовірності апроксимації). Водночас поліноміальна лінія тренду з високою достовірністю апроксимації демонструє низхідний характер на останніх точках дотику (призупинення зростання видобутку).

Видобуток вугілля кам'яного в Україні має тенденцію до стійкого зменшення.

Видобуток торфу в Україні демонструє слабке зростання. Тренд має низьку величину достовірності апроксимації.

Видобуток сланців менілітових характеризується стрибкоподібними динамічними показниками. Поліноміальна лінія тренду на кінцевих точках дотику має стійкий висхідний характер (тенденція до збільшення).

Кількість розроблюваних родовищ бурого вугілля й торфу від загальної кількості родовищ у відсотках має значення *істотно* менше ніж 10 %.

Підсумовуючи викладені результати, які ґрунтуються на даних, наведених за джерелом [16], станом на початок квітня 2019 року сформулюємо деякі висновки:

Запаси горючих корисних копалин (вуглеводнів) в Україні зменшуються.

Запаси горючих корисних копалин (інших, окрім вуглеводнів) в Україні не зростають.

Кількість родовищ горючих корисних копалин в Україні суттєво не зростає.

Видобуток горючих корисних копалин в Україні не зростає.

Середні значення розроблюваних родовищ від загальної кількості родовищ з облікованими запасами в Україні засвідчують наявність чималих резервів для збільшення видобутку горючих корисних копалин.

Таблиця 4. Підсумкові узагальнені результати технічного аналізу показників щодо горючих корисних копалин (крім вуглеводнів) за 6 років

Корисна копалина	Показники, за якими аналізують тренди за період 2013–2018 рр.	Величина достовірності апроксимації (коефіцієнт достовірності) лінійної регресії	Величина достовірності апроксимації (коефіцієнт достовірності) поліноміальної або іншої регресії ¹	Формула функції лінійної регресії для визначення нахилу	НАХИЛ (округлено)	Примітки
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	Балансові запаси (A+B+C1) Усього	$R^2 = 0,6523$	–	$y = -284,15x + 153682$	-284	Показник зменшується в середньому приблизно на 284 одиниці
Вугілля буре		$R^2 = 0,3188$	$R^2 = 0,7463$	$y = 49,257x + 3E+06$	+49	Показник збільшується в середньому приблизно на 49 одиниць
Вугілля кам'яне		$R^2 = 0,9786$	–	$y = -93591x + 4E+07$	-93591	Показник зменшується в середньому приблизно на 93591 одиницю
Сланець менілітовий		$R^2 = 0,882$	–	$y = -0,5194x + 4574,8$	-0,5	Показник зменшується в середньому приблизно на 0,5 одиниці
Торф		$R^2 = 0,5027$	$R^2 = 0,8639$	$y = -10495x + 696555$	-10495	Показник зменшується в середньому приблизно на 10495 одиниць. Поліноміальна крива показує зростання на заключних точках дотику
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	Балансові запаси (C2) Усього	$R^2 = 0,874$	–	$y = 1911,3x + 187631$	+1911	Показник збільшується в середньому приблизно на 1911 одиниць
Вугілля буре		$R^2 = \#N/A$	–	$y = 299181$	–	Показник не змінювався
Вугілля кам'яне		$R^2 = 0,5193$	$R^2 = 0,9197$	$y = 6509,2x + 1E+07$	+6509	Показник збільшується в середньому приблизно на 6509 одиниць
Сланець менілітовий		–	–	–	–	Показник відсутній (дорівнює нулю)
Торф		$R^2 = 0,8283$	–	$y = -3477,9x + 137674$	-3478	Показник зменшується в середньому приблизно на 3477 одиниць
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	Зокрема і розроблювані балансові запаси (A+B+C1)	$R^2 = 0,7429$	–	$y = -406,3x + 54548$	-406	Показник зменшується в середньому приблизно на 406 одиниць.
Вугілля буре		$R^2 = 0,3188$	$R^2 = 0,7463$	$y = 49,257x + 9431,6$	+49	Показник збільшується в середньому приблизно на 49 одиниць
Вугілля кам'яне		$R^2 = 0,9522$	–	$y = -92996x + 9E+06$	-92996	Показник зменшується в середньому приблизно на 92996 одиниць
Сланець менілітовий		$R^2 = 0,882$	–	$y = -0,5194x + 815,81$	-0,5	Показник зменшується в середньому приблизно на 0,5 одиниці
Торф		$R^2 = 0,2148$	$R^2 = 0,7855$	$y = -1120,8x + 79007$	-1120	Показник зменшується в середньому приблизно на 1120 одиниць.
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	Зокрема і розроблювані балансові запаси (C2)	$R^2 = 0,94$	–	$y = 1549,2x + 95420$	+1549	Показник збільшується в середньому приблизно на 1549 одиниць
Вугілля буре		–	–	–	–	Показник відсутній (дорівнює нулю)
Вугілля кам'яне		$R^2 = 0,6237$	$R^2 = 0,9513$	$y = 5258x + 829750$	+5258	Показник збільшується в середньому приблизно на 5258 одиниць
Сланець менілітовий		–	–	–	–	Показник відсутній (дорівнює нулю)
Торф		$R^2 = 0,0339$	$R^2 = 0,1608$	$y = 52,943x + 1063,9$	+53	Показник збільшується в середньому приблизно на 53 одиниці
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	Кількість родовищ Усього	$R^2 = 0,4199$	$R^2 = 0,9041$	$y = -0,9714x + 207,07$	-1	Показник зменшується в середньому приблизно на 1 одиницю
Вугілля буре		$R^2 = \#N/A$	–	$y = 80$	–	Показник не змінювався
Вугілля кам'яне		$R^2 = 0,0007$	$R^2 = 0,4877$	$y = 0,1714x + 1059,4$	+0,2	Показник збільшується в середньому приблизно на 0,2 одиниці
Сланець менілітовий		$R^2 = \#N/A$	–	$y = 2$	–	Показник не змінювався
Торф		$R^2 = 0,7766$	$R^2 = 0,957$	$y = -27,6x + 821,6$	-28	Показник зменшується в середньому приблизно на 28 одиниць
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	Кількість розроблених родовищ	$R^2 = 0,1543$	$R^2 = 0,3829$	$y = -0,1714x + 99,267$	-0,1	Показник зменшується в середньому приблизно на 0,1 одиниці
Вугілля буре		$R^2 = \#N/A$	–	$y = 3$	–	Показник не змінювався
Вугілля кам'яне		$R^2 = 0,3297$	$R^2 = 0,4606$	$y = -3,6x + 490,6$	-4	Показник зменшується в середньому приблизно на 4 одиниці
Сланець менілітовий		$R^2 = \#N/A$	–	$y = 1$	–	Показник не змінювався
Торф		$R^2 = 0,6571$	$R^2 = 0,6665$	$y = -0,6571x + 46,8$	-1	Показник зменшується в середньому приблизно на 1 одиницю
Природний газ (метан) кам'яновугільних родовищ	Видобуток за період 2012–2017 рр.	$R^2 = 0,0017$	–	$y = -6,3357x + 336,35$	-6	За лінією тренду, побудованою за принципом ковзного середнього, існує вірогідність зростання показника в майбутньому
Вугілля буре		$R^2 = 0,7261$	$R^2 = 0,9319$	$y = 2,0571x + 1,8$	+2	Показник збільшується в середньому приблизно на 2 одиниці. За поліноміальною лінією тренду існує вірогідність зменшення показника в майбутньому
Вугілля кам'яне		$R^2 = 0,9136$	–	$y = -7927,7x + 64290$	-7927	Показник зменшується в середньому приблизно на 7927 одиниць
Сланець менілітовий		$R^2 = 0,3695$	$R^2 = 0,3695$	$y = -0,2957x + 1,9333$	-0,3	Показник зменшується в середньому приблизно на 0,3 одиниці. За поліноміальною лінією тренду існує вірогідність збільшення показника в майбутньому
Торф		$R^2 = 0,0902$	$R^2 = 0,1677$	$y = 74x + 574,27$	+7	Показник збільшується в середньому приблизно на 7 одиниць. Достовірність невисока

¹ Відсутність даних пов'язана з незначними різницями в значеннях достовірності або з цілком достатніми достовірностями за прямолінійними трендами.

Наведені узагальнення й висновки потребують глибокого спеціального організаційного аналізу та опрацювання ситуації щодо причин наявного стану розвитку процесів розроблення й добування горючих корисних копалин в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

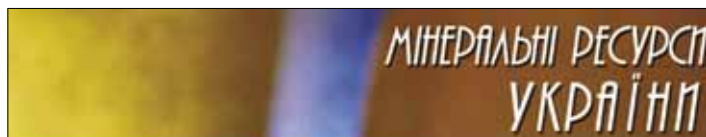
1. *Грехем Б.* Анализ финансовой отчетности компаний. – М.: Вильямс, 2017.
2. *Швагер Дж.* Технический анализ. Полный курс. – М.: Альпина Паблишер, 2015.
3. *Мэрфи Дж. Дж.* Технический анализ фьючерсных рынков. Теория и практика. – Москва: Сокол, 1996.
4. Закон України “Про нафту і газ”
5. Кодекс України “Про Надра”
6. *Колби Р.* Энциклопедия технических индикаторов рынка. – М.: Альпина Паб-лишер, 2011.
7. *Коттл С., Мюррей Р. Ф., Блок Ф. Е.* Анализ ценных бумаг Грэма и Додда/Пер. с англ. – М.: ЗАО “Олимп-Бизнес”; 2000. – 704 с.
8. Національний класифікатор ДК 008:2007 “Класифікатор корисних копалин” (ККК).
9. Портал “Algotmist” <https://algotmist.ru/o-terminologii/approximacija.html>
10. Портал “BERG” <http://berg.com.ua/theories/dow-theory-intro/>
11. Портал “Equily” <https://equity.today/dzhek-shvager.html>
12. Портал “Financial Guide” <https://www.financialguide.ru/encyclopedia/trend>
13. Портал “Большая Советская Энциклопедия (БСЭ)” <http://bse.sci-lib.com/article066348.html>
14. Портал “Википедия” <https://ru.wikipedia.org/>
15. Портал “Вікіпедія” <https://uk.wikipedia.org/>
16. Портал “Мінеральні ресурси України” <http://minerals-ua.info/>
17. Постанова Кабінету Міністрів України від 31 січня 1995 р. № 75 Про затвердження порядку державного обліку родовищ, запасів і проявів корисних копалин.
18. Постанова Кабінету Міністрів України від 12 грудня 1994 р. № 827 Про затвердження переліків корисних копалин загальнодержавного та місцевого значення.
19. Постанова Кабінету Міністрів України від 2 грудня 2015 року № 1039 Про затвердження порядку забезпечення прозорості у видобувних галузях.
20. Постанова України від 5 травня 1997 р. № 432 Про затвердження Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр.
21. Щорічник “Мінеральні ресурси України?” – Київ: ДНВП “Геоінформ Україна”; 2017.
22. *Nelson S. A.* The ABC of Stock Speculation. – November 1, 2005.
23. *Robert R.* The Dow Theory (Fraser Publishing Library). – July 1, 1994.
24. *Hamilton W. P.* The Stock Market Barometer (A Marketplace Book). 1st Edition.

REFERENCES

1. *Graham B.* Analysis of financial statements of companies. – Moskva: Viljams, 2017. (In Russian).
2. *Schwager J.* Technical analysis. Full course. – Moskva: Alpina Publisher, 2015. (In Russian).
3. *Murphy J.* Technical analysis of futures markets. Theory and practice. – Moskva: Sokol, 1996. (In Russian).
4. Law of Ukraine “On oil and gas” (In Ukrainian).
5. Code of Ukraine “On bowels” (In Ukrainian).
6. *Colby R.* Encyclopedia of technical market indicators. – Moskva: Alpina Publisher, 2011. (In Russian).
7. *Cottle S., Murray R. F., Block F. E.* Graham and Dodd Securities Analysis/Translation from English. – Moskva: ZAO “Olimp-Biznes”; 2000. – 704 p. (In Russian).
8. National Classifier of Ukraine DK 008:2007 “Classification of mineral resources” (In Ukrainian).
9. Website “Algotmist” <https://algotmist.ru/o-terminologii/approximacija.html>
10. Website “BERG”; <http://berg.com.ua/theories/dow-theory-intro/>
11. Website “Equily” <https://equity.today/dzhek-shvager.html>
12. Website “Financial Guide” <https://www.financialguide.ru/encyclopedia/trend>
13. Website “Large Soviet Encyclopedia”; <http://bse.sci-lib.com/article066348.html>. (In Russian).

14. Website “Wikipedia” <https://ru.wikipedia.org/>. (In Russian).
15. Website “Wikipedia” <https://uk.wikipedia.org/>. (In Ukrainian).
16. Website “Mineral resources of Ukraine” <http://minerals-ua.info/>. (In Ukrainian).
17. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine from January 31, 1995, No 75 On approval of the Procedure for state registration of deposits, reserves minerals occurrences. (In Ukrainian).
18. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine from December 12, 1994, No 827 On approval of lists of mineral resources of national and local significance. (In Ukrainian).
19. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine from December 2, 2015, No 1039 On Approval of the Procedure for Transparency in the Mining Industries. (In Ukrainian).
20. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine from May 5, 1997, No 432 On Approval of the Classification of Reserves and Resources of Minerals of the State Fund of bowels. (In Ukrainian).
21. Annual “Mineral resources of Ukraine?” – Kyiv: DNVP “Geoinform Ukraine”; 2017. (In Ukrainian).
22. *Nelson S. A.* The ABC of Stock Speculation. – November 1, 2005.
23. *Robert R.* The Dow Theory (Fraser Publishing Library). – July 1, 1994.
24. *Hamilton W. P.* The Stock Market Barometer (A Marketplace Book). 1st Edition.

Рукопис отримано 15.05.2019.



Редакція приймає оригінальні, раніше не опубліковані статті геологічної, геолого-мінералогічної та технічної тематик.

Статті треба надсилати в друкованому (два примірники) й електронному вигляді, бажано українською мовою.

Обсяг однієї наукової статті – до 25 стор. машинопису через 2 інтервали (разом з табл., фото, рис. та підписами до них, бібліографічним списком, анотацією), оглядової – 6–7 стор., інформаційного повідомлення – 3–4 стор.

До рукопису потрібно додати акт експертизи й такі відомості про автора/авторів: прізвище, ім'я та по батькові (повністю); учене звання й учений ступінь; посада чи професія; місце роботи (назва установи чи організації); адреса місця роботи, номер телефону; адреса місця проживання, номер телефону, електронна адреса, ORCID.

До кожної статті обов'язково навести: індекс УДК, анотацію (українською та англійською), бібліографічний список за алфавітом (оформлений відповідно до сучасних вимог), рисунки, таблиці та підписи до них (окремі файли).

Комп'ютерні макети рисунків приймаються в разі дотримання таких умов.

Р а с т р о в а графіка: чорно-біле зображення – *.tif чи *.psd (Adobe PhotoShop); повнокольорове зображення – *.tif, *.eps, *.psd-формат, роздільна здатність 300 dpi. Кольорова модель СМЯК, чорний колір в одному каналі.

В е к т о р н а графіка: файли формату *.ai, *.eps (Adobe Illustrator) чи *.cdr (CorelDraw). Використані шрифти мають бути подані окремо або переведені в криві. Растрову графіку до векторного макета не вносити.

- Редколегія може не поділяти думок автора.
- Автори відповідають за точність викладених фактів, даних, цитат, бібліографічних довідок, написання географічних назв, власних імен, геологічних термінів тощо.

Рішення про публікацію статті в журналі приймається на основі незалежної експертизи, яку організовує редакція журналу.

УДК 551.71/72 (477)

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2019.3.40-48>

В. П. КИРИЛЮК, д-р геол.-мінерал. наук, член докембрійської секції НСК України, член МТК України, професор Львівського національного університету імені Івана Франка, Kyrylyuk.V@i.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7649-9432>

V. KYRYLYUK, Dr. Geol.-Mineral. Science, professor of the Ivan Franko National University of Lviv, Kyrylyuk.V@i.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7649-9432>

ЩЕ РАЗ ПРО СТРАТИГРАФІЧНІ КОМПЛЕКСИ ТА РЕГІОНАЛЬНУ СТРАТИГРАФІЧНУ СХЕМУ НИЖЬОГО ДОКЕМБРІЮ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

Стаття 1. ПІДСТАВИ ДЛЯ ВВЕДЕННЯ СТРАТИГРАФІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ У СХЕМУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

REVISITING STRATIGRAPHIC COMPLEXES AND REGIONAL STRATIGRAPHIC SCHEME OF THE LOWER PRECAMBRIAN OF THE UKRAINIAN SHIELD

Article 1. GROUNDS FOR THE INTRODUCTION OF STRATIGRAPHIC COMPLEXES IN THE SCHEME OF THE UKRAINIAN SHIELD

Стратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (УЩ) має низку відмінностей від традиційних регіональних стратиграфічних схем: 1) до неї, крім стратифікованих підрозділів, унесені інтрузивні й ультраметаморфічні комплекси, які не передбачені “Стратиграфічним кодексом України”; 2) провідна роль у створенні регіональної стратиграфічної схеми належить результатам ізотопного датування; 3) у стратиграфічній схемі не використаний таксон “комплекс”; передбачений “Стратиграфічним кодексом України”. Першу статтю циклу присвячено обґрунтуванню на матеріалах УЩ доцільності введення цього таксона в регіональну стратиграфічну схему. У статті зазначено, що більшість серій чинної стратиграфічної схеми за рівнем вивчення та своїм історико-геологічним змістом відповідає комплексам і їх також можна розчленувати на декілька серій. Серії грануліто-гнейсових комплексів, які в чинній схемі штучно відокремлені й показані як різновікові утворення, теж уходять до складу комплексів, але їхні обсяги й назви потребують уточнення. Амфіболіто-гнейсові комплекси можуть бути внесені до схеми без розчленування на серії.

Ключові слова: Український щит, стратиграфічна схема, стратиграфічний комплекс, серія, нижній докембрій.

The stratigraphic scheme of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield bears a number of differences from the traditional regional stratigraphic schemes: 1) along with stratified subdivisions it includes intrusive and ultrametamorphic complexes that are not accounted for in the “Stratigraphic Code of Ukraine”; 2) The leading role in creating the regional stratigraphic scheme was played by isotopic dating results; 3) The Stratigraphic Scheme does not include the taxon “complex”; as it is described in the “Stratigraphic Code of Ukraine.” According to “Stratigraphic Code of Ukraine,” “Complex” is the largest regional stratigraphic unit that corresponds to a large geo-historical period. Due to the absence of the taxon of “complex” in the regional Precambrian stratigraphic scheme, the main stages of geological development of the region in the Precambrian have not been identified for the Ukrainian Shield.

The first article of the cycle is devoted to the feasibility of introducing the taxon of “complex” in the regional stratigraphic scheme on the materials of the Ukrainian Shield. It notes that most of the series in the current stratigraphic scheme correspond to complexes by their level of study and their historical and geological content. Such units are Konkska, Kryvorizka, Teterivska, Ingulo-Inguletska and some other series. Each of them can be separated into several series. The Dniestrovsko-Bugska and Bugska series, the West-Prizovska and Central-Prizovska series of granulite-gneiss complexes are artificially separated and shown as different age subdivisions in the current stratigraphic scheme. These series should be included in the Bug Area and Azov Area complexes, but their volumes and names need clarification. Amphibolite-gneiss complexes can be included in the stratigraphic scheme without dismemberment into series, since they correspond to a large geohistoric stage marked by the peculiarities of their material composition and structural-tectonic position.

Keywords: Ukrainian shield, stratigraphic scheme, stratigraphic complex, suite, Lower Precambrian.

Вступ. Регіональні стратиграфічні схеми мають подвійне значення – наукове та прикладне. Їхнє наукове значення полягає в періодичному, постійно оновлюваному узагальненні всього матеріалу зі стратиграфії конкретних регіонів, яка є основою уявлень про геологічну будову та розвиток відповідних територій. Прикладне значення регіональних стратиграфічних схем чітко визначає “Стратиграфічний кодекс України” [34] (далі СКУ), відповідно до якого вони слугують “для розробки та удосконалення стратиграфічної бази при проведенні комплексних геологічних робіт у регіоні, зокрема при створенні легенд до Держгеолкарти-200, кореляції стратонів як у розрізах відслонень, так і свердловин” [34, с. 40]. Саме тому, що регіональні стратиграфічні схеми є основою легенд державних геологічних карт, їх уже тривалий час затверджують відповідні керівні органи як обов’язкові під час проведення геологічної зйомки та підготовки до видання геологічних карт.

Уже понад півсторіччя (починаючи з 1967 року) національний стратиграфічний комітет затверджує й періодично оновлювані на підставі нових даних стратиграфічні схеми нижнього докембрію УЩ. Від самого початку ці офіційні схеми мали низку відмінностей від традиційних, загальноприйнятих регіональних стратиграфічних схем як докембрію, так і фанерозою, зміст яких визначається стратиграфічними кодексами, зокрема новим СКУ [34]. Головні із цих відмінностей полягають у такому.

Передусім це наявність у схемах, які мають назву “стратиграфічні”, нестратиграфічних – інтрузивних та ультраметаморфічних – утворень. Крім того, що їхнє внесення до стратиграфічних схем не передбачене стратиграфічними кодексами, воно ще й негативно впливає на укладання власне стратиграфічної частини схем. Цей вплив зумовлений тим, що під час укладання таких спільних схем для стратиграфічних і нестратиграфічних утворень застосовують однакові методи визначення віку за результатами ізотопно-геохронометричного датування порід і

мінералів, які вважають часом утворення відповідних підрозділів. Для *нестратиграфічних утворень* такий підхід ще певною мірою може бути виправданий, хоч і він має бути узгоджений з етапами тектонічного розвитку регіону та його окремих геотектонічних структурних елементів. Але для нижньодокембрійських *стратиграфічних підрозділів*, представлених тільки метаморфічними утвореннями, коректні висновки про їхній “стратиграфічний вік”, а саме про належність до підрозділів загальної геохронологічної шкали на підставі лише ізотопних методів, без огляду на структурно-стратиграфічні дані та історико-геологічні уявлення, є просто неможливими.

Між тим нині чинна “Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита” (далі КХС УЩ) [15] побудована саме на таких засадах. У пояснювальній записці до КХС УЩ прямо сказано, що “для вікового розчленування докембрійських утворень Українського щита є, головним чином, дані ізотопно-геохронологічних методів датування, тобто методів “абсолютної” геохронології. Інші методи, що є методами “відносної” геохронології, такі як формаційні, літолого-стратиграфічні, петрографо-стратиграфічні, біостратиграфічні, структурно-тектонічні, палеомагнітні тощо розглядаються як допоміжні” [15, с. 4].

Такий підхід до розроблення стратиграфії та створення регіональної стратиграфічної схеми УЩ становить другу важливу відмінність КХС УЩ від традиційних стратиграфічних схем. Саме тому в КХС УЩ фігурує не “нижній докембрій”, як мало би бути в регіональній стратиграфічній схемі, а “ранній докембрій”. Явно перебільшене значення ізотопного датування для стратиграфії докембрію УЩ помітне в усіх схемах від самої першої 1967 року [6], в якій поруч із традиційними докембрійськими підрозділами “архей” і “протерозой” фігурують мегацикли докембрію та підгрупи протерозою, виділені на підставі ізотопно-геохронологічного датування. Подальше підсилення ролі ізотопних методів призвело до їхнього повного домінування в сучасній КХС УЩ, в основу якої за такого підходу покладена віртуальна “Шкала геологічного часу” [40], а не “Загальна геохронологічна шкала”, що ґрунтується на історико-геологічних засадах, та реальна послідовність місцевих стратонів, установлена за результатами структурно-стратиграфічних досліджень.

Нарешті, третя відмінність полягає в тому, що в офіційних стратиграфічних схемах докембрію УЩ ніколи не виділяли таких стратиграфічних підрозділів, як “комплекси”. Цю категорію стратонів уже давно визначено й ухвалено щодо всіх щитів Північної Євразії, на яких регіональні стратиграфічні комплекси та відповідні етапи геологічного розвитку остаточно виділено ще на початку 80-х років ХХ сторіччя. Установленням стратиграфічних комплексів на всіх щитах, крім УЩ, завершився важливий етап створення основ регіональної стратиграфії. Після цього подальші дослідження в різних регіонах спрямовані лише на внутрішнє стратиграфічне розчленування комплексів та ізотопне датування для визначення їхньої тривалої сингенетичної (вихідної літогенно-вулканогенної) та епігенетичної (тектоно-петрологічної) історії формування.

Водночас на початку 1980-х років уперше для УЩ було висловлено пропозицію вилучити з регіональної стратиграфічної схеми магматичні та ультраметаморфічні утворення й створити власне “Стратиграфічну схему”, а також увести в неї передбачену чинним на той час стратиграфічним кодексом [33] категорію “комплекс” [11]. У цій самій праці зазначено, що “при разработке вопросов стратиграфии геологические

взаимоотношения, безусловно, должны быть определяющими. Это и выдвигает на первый план при составлении стратиграфической схемы УЩ выделение и обоснование относительной последовательности местных стратиграфических подразделений с их последующей возрастной характеристикой не только радиологическими методами, но и сопоставлением со стратотипами общей шкалы докембрия” [11, с. 57]. Ці пропозиції ще неодноразово висловлювали, але публічно не обговорювали, тож їх не було взято до уваги.

Питання щодо змісту та принципів складання стратиграфічної схеми фундаменту УЩ активізувалося останнім часом через потребу її чергового оновлення. І тут, нарешті, намітилася тенденція до певних змін. Це стосується насамперед відокремлення схеми вікового розчленування інтрузивних та ультраметаморфічних утворень від власне стратиграфічних. За такі зміни висловився М. М. Костенко [16], який вважає, що “потрібно розділити чинну хроностратиграфічну схему на дві частини: власне “Кореляційну стратиграфічну схему нижньодокембрійських утворень” і “Схему вікового розчленування нестратифікованих нижньодокембрійських утворень” [16, с. 30]. Про те, що КХС УЩ “потребує не лише подальшого еволюційного розвитку, а й внесення суттєвих змін у її структуру та зміст” [24, с. 185], висловився О. М. Пономаренко зі співавторами. Вони, зокрема, теж указують на потребу “вичленити з її складу нестратифіковані утворення – ультраметаморфічні та інтрузивно-магматичні комплекси” [24, с. 185]. Цю позицію закріплено і в ухваленому рішенні наукової конференції “Геологія та корисні копалини України”, присвяченій 100-річному ювілею Національної академії наук України і Державної служби геології та надр України, яка відбулася 2–4 жовтня 2018 року в м. Києві. У цьому рішенні стосовно КХС УЩ записано: “відновити її первинний статус як Стратиграфічної схеми, а саме: вичленити з її складу нестратифіковані утворення – ультраметаморфічні та інтрузивно-магматичні комплекси”.

Стосовно потреби укладання нової стратиграфічної схеми докембрію УЩ на структурно-стратиграфічних засадах та позбавлення в ній провідної ролі ізотопних геохронологічних даних теж чітко висловився в уже цитованій публікації М. М. Костенко. У ній зазначено, що нижньодокембрійська підсекція НСК України “у своїй роботі має суворо дотримуватися вимог “Стратиграфічного кодексу України”, згідно з яким “місцеві стратиграфічні підрозділи – це сукупність порід, що чітко виокремлюються від суміжних підрозділів у місцевих розрізах *за літолого-фаціальними, структурними (речовинний склад, ритмічність породошаруватих тіл, характер переривів тощо), палеонтологічними ознаками*” (курсив. – М. М. Костенко). Отже, як впливає із цього визначення, ані геохронологічні дані, ані геохімічні характеристики не є вирішальною критеріальною ознакою під час виділення стратиграфічних підрозділів, як це, навпаки, вважають деякі члени докембрійської секції НСК, нав’язуючи свою думку іншим, а слугують лише допоміжними критеріями (аргументами)” [16, с. 31].

Але якщо пропозиції щодо провідної ролі геоструктурно-стратиграфічних, а не ізотопно-геохронометричних засад укладання регіональної стратиграфічної схеми УЩ й вилучення з чинної КХС УЩ нестратигенних утворень вже отримали певну підтримку й навіть колегіальне визнання у вигляді рішення конференції, то доцільність унесення в схему такого таксона, як “комплекс”, у відкритому обговоренні поки що тільки заперечується. Так, Л. М. Степанюк в одній з публікацій робить висновок, що “виділення комплексів як

стратиграфічних одиниць найвищого рангу в КХС УЩ наразі є зайвим, оскільки жодним чином не збільшить об'єктивність геологічних карт масштабу 1:200000 і крупніше" [30, с. 109]. М. М. Костенко [16], як зауважено вище, з одного боку, закликає до суворого дотримання вимог "СКУ"; а з іншого – не підтримує пропозиції про використання передбаченого кодексом таксона "комплекс" у стратиграфічній схемі УЩ, проте з дещо інших позицій.

Із цього приводу М. М. Костенко пише: "Незважаючи на те, що, починаючи з 1977 року, виділення стратиграфічних комплексів у регіональних схемах було передбачено стратиграфічними кодексами СРСР, проте це положення не прижилось під час складання ані фанерозойських, ані докембрійських стратиграфічних схем в Україні" [16, с. 31]. І далі автор робить спробу обґрунтувати, "чому не прижилась така таксономічна одиниця, як "комплекс"; згідно з якою мали би складатися і стратиграфічні схеми Українського щита?" [16, с. 31]. Але про це дещо пізніше.

Обґрунтування доцільності і навіть потреби введення таксона "комплекс" у стратиграфічну схему УЩ вже неодноразово висловлювано й підкріплювано як схемами поширення і кореляції стратиграфічних комплексів УЩ [12–14], так і схемами стратиграфії, створеними на основі стратиграфічних комплексів як для західної частини УЩ [10], так і для всього регіону [19]. Але через наведені вище заперечення, які прокоментовано нижче, змушений знову повернутися до цього питання.

Розширений зміст визначення "комплексу" та "серії": СКУ наводить такі визначення цих термінів. "**Комплекс** – найбільша таксономічна одиниця місцевих стратиграфічних підрозділів, яка може об'єднувати декілька серій. Це потужна, складна за речовинним складом і структурою сукупність геологічних утворень, що відповідає великому за часом геоісторичному етапу. Термін "комплекс" використовують переважно в стратиграфії докембрійських утворень, де його виділяють з огляду на дані ізотопного віку, ступінь метаморфізму порід і виокремлюють у розрізі за структурними критеріями, значними незгідностями чи проявами інтрузивного магматизму. Комплекс не обов'язково повинен мати стратотип. Він може характеризуватися сукупністю стратотипів його складників – серій, світ, товщ.

Серія – таксономічна одиниця місцевих стратиграфічних підрозділів високого рангу. Це складнобудоване поліфаціальне геологічне тіло, що відображає подійні етапи відповідних територій і характеризується загальними ознаками: умовами формування (морські, континентальні, вулканогенні, метаморфічні тощо), відповідним речовинним складом порід (осадові, теригенні, карбонатні, вулканогенні та ін.), структурою (ритмічність тощо). Зазвичай його ділять на світи, сукупність стратотипів яких становить стратотип серії. Нерозчленовані серії мають власний стратотип [34].

Ці стислі визначення СКУ заслуговують на їхній докладніший розгляд та порівняння для усвідомлення того, чому введення в стратиграфічну схему таксономічної одиниці "комплекс" та переведення деяких "серій" у ранг "комплексів" – це не формальна заміна термінів, як подає М. М. Костенко, а інше змістовне розуміння цих стратиграфічних підрозділів та їхнього місця в геологічному розвитку регіону.

Передусім звертаємо увагу на ту частину визначення "комплексу"; за якою "це потужна, складна за речовинним складом та структурою сукупність геологічних утворень, що відповідає великому за часом геоісторичному етапу". І головним у цьому визначенні є не "великий час", тривалість якого

може бути різною, а відповідність геоісторичному етапу. Із цієї частини визначення випливає, що "стратиграфічний комплекс" – це не тільки стратиграфічний підрозділ, а одночасно й геоісторична, передусім геотектонічна одиниця. Саме тому "термін "комплекс" використовують переважно в стратиграфії докембрійських утворень", оскільки весь історичний досвід вивчення докембрію показує, що його стратиграфічне розчленування нерозривно пов'язане зі структурно-тектонічними дослідженнями, які певний час навіть були визначальними в питаннях вікового поділу докембрію. Саме інтегровані результати цих двох взаємопов'язаних напрямів досліджень і заклали основу сучасної стратиграфії та періодизації докембрію.

Чи не найвідоміший у світі дослідник докембрію ХХ сторіччя Л. Й. Салоп із цього приводу у своїх працях зазначав: "Періодизація докембрія, которая составляет основу общей (унифицированной) стратиграфической шкалы, может быть установлена только в результате анализа данных, относящихся ко всем главным районам развития древних образований мира; лишь таким путем можно выявить общие (глобальные) закономерности и избежать опасности гипертрофирования частных случаев [28, с. 14–15]. ... В основу расчленения и периодизации должно быть положено выделение естественных этапов развития Земли, т. е. таких интервалов геологической истории, которые характеризуются известной общностью тектонической обстановки, геохимической среды и физических условий, влияющих на возникновение определенных типов литогенеза (литологических ассоциаций), тектонических структур, форм и типов магматизма. ... Этот принцип в настоящее время признается большинством исследователей, хотя существуют и другие подходы к проблеме [29, с. 22]. ... Проведенный анализ показал, что в докембрии выделяется несколько крупных естественных этапов геологического развития" [28, с. 14–15].

Зв'язок стратиграфічного розчленування докембрію з дослідженнями тектоніки, метаморфізму й магматизму знайшов відображення і в стратиграфічних кодексах, у першому виданні якого, зокрема, сказано: "При установлении общих стратиграфических подразделений докембрія используются ... проявления крупных тектонических движений, процессов метаморфизма, специфических формаций, а также активизация магматической деятельности" [33, с. 19–20]. Це ж дещо розширене положення записано і в наступному виданні кодексу: "При установлении общих стратиграфических подразделений докембрія используются проявления крупной этапности развития земной коры в избранных стратотипических местностях. ... Границы подразделений определяются проявлениями различных геологических событий в стратотипических местностях (крупные тектонические движения и процессы метаморфизма, усиление интрузивной деятельности)" [32, с. 20].

Саме такий підхід – виокремлення комплексів не лише заради стратиграфічного розчленування, а водночас і як носіїв геоісторичної інформації, і як метод виділення великих етапів розвитку щитів і пізнання їхньої геологічної історії був запроваджений у 50–70-х роках на різних щитах Північної Євразії, крім УЩ. Результатом цих досліджень стало внесення категорії "комплекс" до стратиграфічного кодексу [33] з таким коментарем: "Введение в таксономическую шкалу местных подразделений комплекса с географическим названием отражает скорее историю стратиграфических исследований докембрійских образований, чем использование этой категории в установлении новых подразделений этого ранга" [39, с. 72]. Тобто кодекс лише констатував уже наявний на

той час факт виділення стратиграфічних комплексів у більшості регіонів розвитку докембрію та припускав можливість його застосування і в стратиграфії фанерозою.

Регіональний досвід застосування стратиграфічних комплексів ухвалено взяти за основу для побудови стратиграфічних схем на нараді зі стратиграфії докембрію в м. Уфі 1977 року. Стосовно цього в матеріалах наради зауважено, що “региональные шкалы и общая стратиграфическая шкала докембрия СССР должны опираться на систему типовых разрезов (стратотипов) или *типовых комплексов* (тут і далі в цій цитаті курсив мій. – В. К.). Радиохронологические данные следует привлекать только для датирования рубежей, установленных историко-геологическими и палеонтологическими методами, и для корреляции пространственно разобщенных комплексов. ... Попытки создания схемы периодизации докембрия на основе суммирования одних радиогеохронологических данных без углубленного историко-геологического и стратиграфического анализа нельзя признать удачными. В основе расчленения докембрия должен лежать стратиграфический принцип: выделение конкретных комплексов осадочных, осадочно-вулканогенных и метаморфических пород, отражающих естественно-историческую последовательность в данном сегменте земной коры” [27, с. 148]. В ухваленій на цій нараді шкалі докембрію [27, с. 149], пізніше затвердженій рішенням МСК [25], як один з *типових комплексів* нижнього протерозою був визначений *курсько-криворізький комплекс*. Але навіть після цього категорію “комплекс” не було запроваджено в стратиграфічні схеми УЩ.

Одночасно в ті ж 50–70-ті роки ХХ сторіччя, коли для різних щитів формувалися історико-геологічні засади стратиграфії докембрію, що завершилося виділенням комплексів і відповідних етапів розвитку земної кори регіонів, для УЩ активно розробляли напрям саме геохронометричного поділу докембрію внаслідок визначення ізотопного віку порід і мінералів. Суть цього підходу полягала у виділенні, на підставі статистичного оброблення отриманих даних, структурно-геохронологічних регіонів, відповідних мегациклів та вікових груп і підгруп докембрію [4, с. 174]. Зокрема, уже в першій узагальнювальній праці з ізотопної геохронології докембрію України зазначено: “В результате структурно-геохронологических исследований становится очевидным пятичленное деление докембрия на мегациклы I–V. Наиболее рационально применять цифровое обозначение мегациклов. Однако поскольку среди геологов Советского Союза укоренилась определенная терминология для подразделения докембрия, которая в настоящее время уже потеряла свой первоначальный смысл, то для сохранения преемственности, **не вдаваясь в смысловое значение терминов** (моє виділення. – В. К.), предлагается в стратиграфической схеме именовать докембрийские мегациклы I–V катархеом (докембрий I), археом (докембрий II), нижним протерозеом (докембрий III), верхним протерозеом (докембрий IV) и рифеом (докембрий V)” [4, с. 174]. А вже в наступній фундаментальній праці автори взагалі відмовилися від традиційних назв стратиграфічних і геохронологічних підрозділів докембрію, зазначивши, що “терміни катархей, архей, протерозой і рифей значною мірою умовні і застарілі. Надалі при розгляді стратиграфії докембрію України ми прийняли цифрові позначення стратиграфічних підрозділів докембрію” [35, с. 20].

Цей підхід до стратиграфічного й вікового розчленування докембрію вже на час його запровадження не знайшов підтримки ні у формально-термінологічному, ні в змістовному

аспектах. Зокрема, Ю. Ір. Половинкіна писала, що “постановление МСК СССР, которым в стратиграфической шкале докембрия выделяется два главных подразделения – архей и протерозой, является обязательным. Поэтому изменения некоторыми авторами названий уже установленных подразделений (например, протозой вместо протерозой, эпипротозой вместо венд и т. д.), а также употребление обозначений “докембрий I, II, ..., V” надо считать неудачными и весьма нежелательными, поскольку они вносят путаницу и затруднения в корреляцию” [5, с. 11]. Щодо змісту цих цифрових підрозділів, то, як зазначили Б. М. Келлер і М. О. Семихатов, “слабым местом собственно геохронологических шкал является то, что их подразделения не имеют стратотипов и за ними не стоит ничего, кроме наших представлений об их длительности” [9, с. 9].

Не витримали перевірки часом такі ізотопно-геохрологічні схеми і для самого УЩ, у складанні яких невдовзі повернулися до традиційної термінології. Водночас лінія на визначальну роль ізотопного датування в стратиграфічному розчленуванні продовжилася, унаслідок чого так і не встановлено основних історико-геологічних етапів ранньодокембрійського розвитку фундаменту УЩ. Такі етапи може бути визначено лише тектоностратиграфічними методами через виділення підрозділів у ранзі комплексів та визначення їхніх геологічних границь й історико-геологічного змісту. Як справедливо зазначено в одній з праць, присвячених основам стратиграфії, “причина, по которой абсолютная геохронология не может быть непосредственно использована для создания самостоятельной стратиграфической шкалы, заключается в том, что определения абсолютного возраста не могут в общем случае фиксировать границы” [7, с. 40–41].

Усе наведене вище спрямоване на те, щоб показати, що *стратиграфічні комплекси докембрію є не лише суто стратиграфічними підрозділами, але й структурно-тектонічними та історико-геологічними одиницями*, а також носіями інформації про умови їхнього метаморфізму. Із цього приводу в додатку до “Стратиграфического кодекса России” [32], в якому викладено рекомендації щодо його використання з огляду на вимоги “Петрографического кодекса России” (ПК) [23], прямо зазначено, що “в отношении “метаморфического комплекса”, принятого в ПК в качестве одного из основных региональных петрографических подразделений, можно заметить некоторую аналогию с “комплексом” в понимании Стратиграфического кодекса” [32, с. 95]. А тому внесення комплексів у регіональну стратиграфічну схему УЩ, на наш погляд, сприятиме змістовному розширенню схеми й водночас поглибленню знань про геологічну будову і ранньодокембрійський розвиток УЩ.

Усього цього змістовного навантаження не мають, і не можуть, за визначенням СКУ, мати стратиграфічні серії. Повертаючись до категорії “серія” як найвищого таксона в сучасній КХС УЩ, зазначимо таке. Відповідно до СКУ, *серія є складником комплексу*, який “може об’єднувати декілька серій” [34, с. 20]. Однак, як засвідчує практика, цей таксон у різних регіонах як стосовно докембрію, так і фанерозою широко використовують не тільки в складі “комплексу”, але і як самостійну місцеву стратиграфічну одиницю. Водночас такі підрозділи, як це і передбачено стратиграфічними кодексами, зокрема СКУ, виділяють як складнопобудовані поліфаціальні геологічні тіла за їхнім речовинним складом порід (осадкових, теригенних, карбонатних, вулканогенних, а для нижнього докембрію – метаморфічних різного складу) і структурою (ритмічність тощо), які сформовані в різних умовах (морських, континен-

тальних, вулканічних, метаморфічних тощо) [34, с. 20]. Про жоден зв'язок формування серій з геологічними (тектонічними) етапами не йдеться. А щодо нижньодокембрійських серій, то для них зазвичай не розглядають ані тектонічних аспектів, ані передбачених СКУ умов формування вихідних товщ та особливостей і природи їхнього метаморфізму.

Як наслідок, не прив'язані ані до етапів розвитку, ані до умов формування докембрійської серії легко змінюють свою позицію в стратиграфічних схемах залежно від нових визначень ізотопного віку, і не тільки в схемах УЩ, але й інших регіонів. Зауважимо, що деякі підрозділи, які в офіційних стратиграфічних схемах мають назву “серія”, різні автори у своїх публікаціях називають як “серіями”, так і “комплексами”. До того ж “серії” частіше трапляються в публікаціях, присвячених питанням стратиграфії, тоді як “комплекси” – у працях тектонічного та геоеволюційного спрямування.

У підсумку, на наш погляд, можна констатувати таке. Якщо розглядати лише стратиграфічні питання, а складання стратиграфічної схеми сприймати як самоціль, спрямовану тільки на впорядкування суто стратиграфічних даних, то використання термінів чи то “комплекс”, чи то “серія” з їхнім наступним розчленуванням на підпорядковані підрозділи нижчого рангу не є принциповим. Але якщо розглядати стратиграфічні схеми не як самоціль, а як найважливішу основу пізнання геологічної будови та еволюції конкретних територій, то вони, крім суто вікових геохронологічних даних, безумовно, мають містити відомості про головні етапи розвитку у вигляді *стратиграфічних комплексів*, які утворилися впродовж цих етапів. До того ж цього, принаймні стосовно докембрію, у своєму визначенні “комплексу”, фактично вимагає СКУ, виконання якого “обов'язкове при проведенні геологічних робіт відповідними відомствами та установами України” [34, с. 15]. На ці етапи потрібно зважати як для систематики ендегенних – інтрузивних магматичних та ультраметаморфічних – комплексів, так і під час інтерпретації ізотопних геохронометричних даних і взагалі під час державного геологічного картування, яке є головним “споживачем” офіційних регіональних стратиграфічних схем.

Регіональні підстави для введення таксона “комплекс” у стратиграфічну схему УЩ. Крім потреби виконання вимог СКУ, є також об'єктивні, на наш погляд, підстави для використання категорії “комплекс” у стратиграфічній схемі УЩ, хоч, як було показано вище, окремі фахівці із цим не згодні. Заперечуючи використання “комплексу”, М. М. Костенко покликається на той самий СКУ, в якому зазначено, що “комплекс ... може об'єднувати декілька серій. А в стратиграфічній схемі докембрійських утворень УЩ, як відомо, майже всі стратиграфічні рівні моносеріальні, за винятком поодиноких випадків, тож введення нового таксона у схему є передчасним ... а формальна заміна серій на комплекси ... нічого нового в стратиграфію докембрію УЩ не привнесе, а призведе лише до незручностей і плутанини, оскільки назви серій є усталеними і звичними для геологів” [16, с. 31]. Наскільки обґрунтованими є ці заперечення, варто стисло розглянути прямо за серіями чинної КХС УЩ.

Дністровсько-бузька та бузька серії. Ці підрозділи дійсно відповідають своєму таксономічному рівню, оскільки входять до складу одного стратигенного грануліто-гнейсового метаморфічного комплексу. Для їхнього розділення на два самостійні різновікові підрозділи – палеоархейську дністровсько-бузьку та неархейську бузьку серії – немає жодних геологічних структурно-стратиграфічних підстав!

Це зроблено тільки за результатами інтерпретації ізотопних визначень. На їхньому входженні до складу одного *нижньо-архейського побузького комплексу* вже давно наполягають науковці львівської докембрійської школи [11, 18–20 та ін.]. Такої самої думки стосовно належності до однієї архейської гнейсової серії утворень, які тепер унесені в ці дві серії, дотримувалися численні дослідники Побужжя (Г. Г. Виноградов, А. Я. Древін, В. А. Рябенко, О. І. Слензак та ін.).

У складі одного побузького комплексу дністровсько-бузька та бузька серії дійсно могли б відповідати цьому таксономічному рівню. Але за час свого функціонування ці назви, на думку М. М. Костенко “усталені і звичні для геологів”, себе повністю дискредитували. Вони неодноразово змінювали свій вік і обсяг у стратиграфічних схемах, та ще й дотепер мають спотворений вигляд у КХС УЩ. Тому ці назви доцільно просто вилучити з нової стратиграфічної схеми й показати в ній розчленування побузького комплексу на рівні світ або попередньо ухвалити інший поділ на серії, варіанти якого вже пропонували раніше деякі дослідники [11, 19, 20]. Це буде дуже доречним у зв'язку з найновішими пропозиціями щодо стратиграфічного поділу грануліто-гнейсового комплексу Побужжя за результатами ізотопно-геохронометричних визначень. Так, на думку Л. М. Степанюка, “у гранулітовій асоціації Побужжя доцільно виділити три стратиграфічні одиниці: палеоархейську (сучасні тиврівська і павлівська товщі, поширені на середньому Побужжі); неархейську (?) (сучасна бузька серія); палеопротерозойську (березнинська та тиврівська товщі, поширені на верхньому Побужжі та Придністров'ї – кінцигітова та ендербіто-гнейсова формації)” [31, с. 27]. З огляду на все зазначене, потрібно не тільки ввести в стратиграфічну схему *побузький комплекс* як такий, що відповідає одному “протогранулітовому” етапу розвитку, але й переглянути обсяг і назви його серій.

Західноприазовська та центральноприазовська серії. Ці дві серії теж відповідають своєму таксономічному рівню, але не кожна сама по собі, а як підрозділи одного *приазовського комплексу*. Таких уявлень дотримувалися численні дослідники Приазов'я 50–60-х років ХХ сторіччя. Уперше стратиграфічне відокремлення серій як різновікових підрозділів зроблено в стратиграфічній схемі 1970 року [1]. Із цього приводу І. С. Усенко та його співавтори, уже безпосередньо після вікового розділення цих серій, писали: “Что касается возраста формирования приазовского гнейсово-мигматитового комплекса, то его целиком следует относить или к архею, или полностью к нижнему протерозою. Однако, учитывая ... признаки, характеризующие именно архейский этап развития земной коры, отнесение его к архею является, наверное, более вероятным” [38, с. 140]. Пізніше стратиграфічну єдність усього приазовського комплексу підтвердили геолого-формаційні дослідження А. М. Лисака зі співавторами [21, 22 та ін.].

За об'єднання обох серій у складі одного комплексу виступили вже й фахівці з ізотопних досліджень, які визнали, що “центральноприазовська серія разом із західноприазовською (і вовчанською й драгунською товщами) вибудовують єдиний структурно-формаційний комплекс, який можна ідентифікувати як дозеленокам'яний. Відповідно потребує вирішення питання про віднесення центральноприазовської серії до палеоархею та розміщення її стратиграфічно вище західноприазовської” [24, с. 187]. Отже, немає жодних перешкод для внесення *приазовського комплексу* в регіональну стратиграфічну схему УЩ та виділення в ньому двох серій: нижньої – західноприазовської та верхньої – центрально-

приазовської. Водночас потрібно впорядкувати повітний поділ серій, зокрема визначити положення вовчанської та драгунської товщ.

Аульська серія. Ця серія в обсязі, показаному в КХС УЩ, охоплює підрозділи, які належать до різновікових стратиграфічних комплексів: давнішого – *славгородського грануліто-гнейсового* в обсязі славгородської та, ймовірно, томаківської товщі і молодшого – *аульського амфіболіто-гнейсового*. Такі погляди вже давно висловлювали деякі дослідники, що знайшло відображення в опублікованій колективній стратиграфічній схемі УЩ на геолого-формаційній основі [19] та на карті геологічних формацій [8]. Стратиграфічну самостійність *славгородського комплексу* переконали доведено вже після затвердження КХС УЩ роботами О. Б. Боброва і його колег [2, 3], які “зробили обґрунтований висновок про існування геологічно найдавнішого чарнокіт-гранулітового комплексу на теренах Середньопридніпровського мегаблока” [2, с. 15]. Обидві частини аульської серії КХС УЩ відповідають принципово різним етапам розвитку не лише Середньопридніпровського мегаблока чи навіть УЩ, а всієї ранньодокембрійської земної кори, що вже дає підстави вважати й називати їх “комплексами”.

Серед аргументів проти внесення “комплексів” у стратиграфічну схему УЩ М. М. Костенко вказує на “моносеріальний” характер найбільших підрозділів КХС УЩ, що нібито суперечить СКУ, згідно з яким “комплекс ... може об'єднувати декілька серій”. А тому “потрібно ще виділити нові серії (якщо це можливо), а вже потім порушувати це питання” [16, с. 31] – питання про виділення комплексів. Із цього приводу зазначимо, що за СКУ комплекс *може*, але не обов'язково має об'єднувати декілька серій. А щодо нових серій, то їхнє виділення, як показано на прикладі побузького комплексу і ще буде показано нижче, уже просто назріло.

Повертаючись до аульської серії, без її славгородської частини, зауважимо, що це якраз той випадок, коли комплекс може бути неподільним або “моносеріальним”, однак відповідати великому й самостійному етапові розвитку регіону. *Аульський комплекс*, як і його аналоги в усіх регіонах розвитку амфіболіто-гнейсових комплексів, має дуже одноманітний склад. Цей тип комплексів на жодному зі щитів надійно не поділений на регіонально витримані серії. На Балтійському щиті він разом з грануліто-гнейсовим комплексом досі входить до складу “саамського комплексу”. А на багатьох щитах світу амфіболіто-гнейсові комплекси виділяють під назвою найдавніших або архейських “комплексів сірих гнейсів” без стратиграфічного розчленування взагалі.

Серед усіх відомих амфіболіто-гнейсових комплексів різних регіонів аульський комплекс УЩ є найвивченішим у геолого-формаційному та стратиграфічному плані. Він являє собою типову, ритмічно збудовану амфіболіто-гнейсово-кристалосланцеву асоціацію (надформацію) із чіткою антидромною спрямованістю розрізу. У його складі, у стратотиповому районі річок Базавлук і Базавлук, виділено дві суперкрупні форми: нижню – кристалосланцево-гнейсову та верхню – кристалосланцево-амфіболітову. У стратиграфічній схемі УЩ, укладеній на геолого-формаційній основі, названі форми були показані як петропавлівська і слов'янська світи [19]. Але ні рекомендацію стосовно переведення аульської серії в ранг “комплексу”, ні щодо його повітного поділу так і не було ухвалено.

Росинсько-тікицька серія теж є типовою гнейсово-кристалосланцево-амфіболітовою (“сірогнейсовою”) асоціаці-

єю. Унаслідок одноманітного складу, обмеженої відслоненості та інтенсивного ультраметаморфізму її поки що стратиграфічно не розчленовано. Однак це не може поставити під сумнів її відповідність самостійному великому етапові геологічного розвитку, принаймні західної частини УЩ, а на думку численних дослідників – і всього регіону разом з аульським комплексом. Що ж до внесення в росинсько-тікицьку серію КХС УЩ володарсько-білоцерківської товщі, то воно є абсолютно безпідставним. За особливостями свого породного складу й метаморфізму ця товща, поза сумнівом, є діафторованим фрагментом побузького грануліто-гнейсового комплексу, який утворився впродовж попереднього самостійного етапу розвитку, і становить протофундамент *росинсько-тікицького комплексу*.

Конкська серія. Ця серія за всіма, не лише регіональними, але й загальносвітовими глобальними даними відповідає великому і тривалому *зеленокам'яному* етапу розвитку земної кори, у різний час проявленому на різних щитах. Це є достатнім для переведення її в ранг “комплексу” за вимогами СКУ. Але, крім того, за своїм обсягом і рівнем дослідження конкська серія вже просто “переросла” цей ранг і її можна розчленувати на декілька серій. Водночас нагадаємо, що поділ стратиграфічних комплексів на серії може відбуватися як на підставі вертикальних, стратиграфічних літолого-петрографічних неоднорідностей розрізу, так і за латеральними неоднорідностями, а саме за відмінностями розрізів різних структур, складених одновіковими утвореннями.

Пропозицію саме про такий латеральний поділ з постратурною стратифікацією розрізів конкської та білозерської серій у межах однієї або декількох зеленокам'яних структур, які корелюються між собою, надіслав В. В. Сукач до докембрійської секції НСК України. Цю пропозицію не рекомендовано для внесення в саму схему, але фактично ухвалено на засіданні секції 19 листопада 2015 року з формулюванням: “*Ухвалили*: особливості стратиграфічних розрізів зеленокам'яних структур висвітлити в тексті записки до оновленої хроностратиграфічної схеми” (з протоколу засідання докембрійської секції НСК України від 19 листопада 2015 року). І якщо ці розрізи різних структур виділяти як серії, як це й зроблено, наприклад, на Балтійському щиті, то конкська серія автоматично переходить у ранг *конкського комплексу*.

Це ж саме повністю стосується й осипенківської серії Приазовського мегаблока, у межах якого в КХС УЩ уже показані як латеральні аналоги в різних структурах новогурівська й косівцевська товщі та ольжинська світа, а також тарнувська товща й крутобалківська світа. І тут розрізи окремих структур, за загальноприйнятими правилами, має бути позначено не як окремі товщі чи світи, а в складі серій, а саму серію переведено в ранг *осипенківського комплексу*.

Криворізька серія. Стратиграфічний розріз добре відомої Криворізької структури вже давно численні дослідники пропонували поділити на декілька окремих серій, зокрема на нижню (метабазитову), середню (залізорудну) та верхню (суттєво метатеригенну). За результатами досліджень останніх десятиріч І. С. Паранько пропонував докембрійській секції виділити в розрізі Криворізької структури чотири серії, які відповідають обсягам породних комплексів (знизу доверху): конкську серію, власне криворізьку серію, фунзенську серію та глеюватську серію. На відміну від попередників, верхню суттєво метатеригенну частину криворізького розрізу вчений поділив на дві окремі серії, які відповідають гданцевській і глеюватській світам.

З таким поділом загалом згоден й інший сучасний дослідник Криворізької структури В. В. Покалюк, який на засіданні докембрійської секції НСК України від 19 листопада 2015 року оприлюднив узгоджену з пропозиціями І. С. Паранька схему розчленування стратифікованих утворень Криворізької структури. Унаслідок обговорення секція ухвалила, а Бюро НСК України затвердило такі зміни до КХС УЩ: “а) нижню частину розрізу криворізької серії, а саме латівський горизонт і новокриворізьку світу, вилучити зі складу криворізької серії і в ранзі самостійних світ розмістити в мезоархеї; б) гданцівську світу також вилучити зі складу криворізької серії в ранзі самостійної світи і розмістити її нижче глеюватської світи; в) обсяг криворізької серії обмежити скелюватською і саксаганською світами” [26, с. 98].

Такий поділ, з виділенням у розрізі однієї структури відокремлених незгідностями різних таксономічних одиниць, а саме: поряд з криворізькою *серією* самостійних гданцівської та глеюватської *світ*, не можна вважати логічно витриманим. Слушнішим видається варіант І. С. Паранька, в якому вчений пропонував виділяти фрунзенську та глеюватську серії. Але в будь-якому разі надзеленокам'яна (суттєво метатеригенна) частина розрізу Криворізької структури, як і власне зеленокам'яна (суттєво метавулканогенна), за своїм змістом і обсягом відповідають найбільшим стратиграфічним одиницям у ранзі стратиграфічних комплексів, які можуть уміщувати по декілька серій. Їхні вікові аналоги в Приазовському блоці, які виділено у вигляді окремих світ, також доцільно об'єднати в самостійні комплекси.

Інгуло-інгулецька серія. Унесені в цей підрозділ КХС УЩ стратигенні утворення сформувалися в межах Інгульського мегаблока на високометаморфізованому фундаменті після великої перерви, яка відповідає “зеленокам'яному” етапу в геологічній історії земної кори. Геолого-формаційний склад і структурна позиція інгуло-інгулецької серії КХС УЩ свідчать про принципово нові тектонічні та палеогеографічні умови їхнього формування, характерні для цього етапу розвитку УЩ. А тому інгуло-інгулецька серія, за визначенням СКУ, безумовно, відповідає категорії “комплекс”. Крім того, нині є вагомі підстави для виокремлення в складі *інгуло-інгулецького комплексу* декількох серій.

В окрему серію, наприклад, може бути виділено нижню в розрізі зеленоріченську, артемівську та родіонівську світи, поширені тільки в східній частині Інгульського мегаблока. За латеральними відмінностями на дві серії може бути поділено верхню частину комплексу, представлену на сході мегаблока спасівською і чечеліївською світами, а на заході, за КХС УЩ, їхніми аналогами – кам'яно-костовацькою та роцахівською світами.

Тетерівська серія. Цей стратиграфічний підрозділ досить надійно корелюється з інгуло-інгулецьким комплексом, разом з яким відповідає “післязеленокам'яному” етапу геологічного розвитку УЩ, і в цьому сенсі теж може бути виділений як *тетерівський комплекс*. Він, як і інгуло-інгулецький комплекс, сформований після великої перерви на фундаменті, складеному високотемпературними метаморфічними та супровідними ультраметаморфічними комплексами.

Тетерівський комплекс дуже обмежено відслонений і досліджений переважно за результатами буріння. У його складі за сучасними даними розрізняють три світи – василівську, городську й кочерівську. Їхньої істинної потужності не визначено, склад і будову докладно досліджено лише фрагментарно за розрізами окремих свердловин і перекритих профі-

лів [20]. Цілком можливо, що в разі подальшого вивчення їх може бути переведено в ранг серій. Першу спробу розділити тетерівську серію в обсязі КХС УЩ на дві серії – хоморську й власне тетерівську – вже зробив М. М. Костенко [17]. Але, незалежно від рангу підрозділів, для тетерівської серії КХС УЩ за її структурною позицією та історико-геологічним змістом більше підходить назва *тетерівський комплекс*.

Висновки. Стисло викладені вище дані засвідчують, що стосовно всіх серій КХС УЩ є підстави для їхнього переведення в категорію стратиграфічних комплексів. Це можливо зробити або через об'єднання серій КХС УЩ у більші за рангом підрозділи – *побузький і приазовський комплекси*, або завдяки виділенню в складі більшості серій КХС УЩ підрозділів, які самі можуть бути схарактеризовані як серії. Деякі серії КХС УЩ, такі як росинсько-тікицька й аульська, за своїм історико-геологічним змістом можуть бути переведені в *росинсько-тікицький* та *аульський комплекси* навіть без їхнього розчленування на серії. Водночас усі ці підрозділи мають головну спільну ознаку, передбачену СКУ: це відповідність великому за часом геосторичному етапові, закарбованому в особливостях їхнього речовинного складу (породного, геолого-формаційного, ступеня метаморфізму) та в структурно-тектонічній позиції.

На закінчення розгляду питання про доцільність уведення в нову стратиграфічну схему УЩ категорії “комплекс”, стисло розглянемо ще деякі аргументи, висловлені проти цього й процитовані вище. Один з них, на думку М. М. Костенко, полягає в тому, що категорія “комплекс” не прижилася “під час складання ані фанерозойських, ані докембрійських стратиграфічних схем в Україні” [16, с. 31].

Причини, через які немає комплексів у схемах докембрію УЩ, уже розглянуто вище. Таке становище зумовлене давнім, понад півсторічним, пануванням у розробленні стратиграфічних схем УЩ ізотопних методів та ігноруванням історико-геологічних підходів, зокрема нехтуванням узгодження стратиграфії з тектонічним розвитком регіону. За таких умов складання стратиграфічних схем УЩ, зокрема й КХС УЩ, перетворилося фактично на самоціль, а не на інструмент вивчення геологічної будови та еволюції регіону.

Що ж до фанерозойських стратиграфічних схем, то для їхнього складання є свої методи, незалежні від тектоніки та ізотопних досліджень, які не потребують прив'язування до етапів геологічного розвитку та обов'язкового виділення стратиграфічних комплексів. До того ж методи стратиграфічних досліджень фанерозойських відкладів дають змогу зробити набагато детальніше, порівнюючи з нижнім докембрієм, розчленування, часто з одночасним біостратиграфічним визначенням вікової належності окремих підрозділів до систем, відділів, ярусів і навіть дрібніших одиниць. Але коли в працях з тектоніки фанерозойських областей використовують результати стратиграфічних досліджень, то саме тут і з'являються узагальнені підрозділи у вигляді структурно-стратиграфічних, тектоно-стратиграфічних, структурно-формаційних та інших *комплексів* відповідних етапів розвитку регіонів. І в цьому не важко переконатися, зокрема з пояснювальних записок та умовних позначень до тектонічної карти України [37, 38], на якій в основу структурно-формаційних комплексів УЩ покладено *нижньодокембрійські стратиграфічні комплекси*, які вже раніше виділили автори відповідних розділів, тоді як тектонічні комплекси фанерозою виділено вже під час складання карти внаслідок об'єднання в них стратиграфічних підрозділів – серій і світ.

Ще як один з аргументів проти застосування комплексів М. М. Костенко наводить те, що “вже є подібні за назвою комплекси нестратифікованих утворень, наприклад, “побузький” [16, с. 31]. Із цього приводу варто нагадати, що питання про виділення нестратифікованих комплексів зі стратиграфічної схеми УЩ судячи з рішення вже згаданої вище наукової конференції, можна вважати вирішеним, тож однакові за назвою комплекси вже не “зустрінуться” в одній схемі. Але, крім того, СКУ передбачає можливість збігу назв різних генетичних підрозділів, про що в ньому прямо зазначено: “Стратиграфічна номенклатура незалежна від інших номенклатур; назва стратиграфічного підрозділу не може бути відхилена через його подібність до назв будь-якого нестратиграфічного об’єкта” [34, с. 31].

Недоцільність використання терміна “комплекс” Л. М. Степанюк убачає в тому, що це “жодним чином не збільшить об’єктивності геологічних карт масштабу 1:200 000 і крупніше” [30, с. 109]. Але його запровадження й не передбачає збільшення об’єктивності, яка за будь-якого масштабу цілковито залежить лише від докладності й об’єктивності розчленування та повноти й неупередженості щодо використання структурно-стратиграфічних даних. Уведення в стратиграфічну схему й далі застосування комплексів як підрозділів найвищого рангу покликане передусім *підвищити змістовність схеми та її використання*, зокрема, і під час інтерпретації визначень ізотопного віку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабков Ю. Б., Булаєвський Д. С., Зайцев О. О., Кіктенко В. Ф., Козловська Г. М., Колосовська В. А., Коньков Г. Г., Куделя В. А., Лебедєв М. І., Пастухов В. Г., Полуновський Р. М. Стратиграфічна схема докембрійських утворень Українського щита//Геологічний журнал. – 1970. – № 4. – С. 139–148.
2. Бобров О. Б. Славгородський чарнокіт-гранулітовий структурно-формаційний комплекс Українського щита. Стаття 1. Проблеми ідентифікації і поширення//Збірник наук. праць УкрДГРІ. – 2010. – № 1. – С. 11–16.
3. Бобров О. Б., Лисак А. М., Лисенко О. А., Меркушин І. Є., Шпильчак В. О., Степанюк Л. М. Славгородський чарнокіт-гранулітовий структурно-формаційний комплекс Українського щита. Стаття 2. Геологія та петрографія стратифікованих утворень//Збірник наук. праць УкрДГРІ. – 2011. – № 1. – С. 9–20.
4. Геохронологія докембрія України. – Київ: Наукова думка, 1965. – 262 с.
5. Геохронологія СРСР. Т. I. Докембрій/Под редакцією Ю. І. Половинкиной. – Ленінград: Недра, 1973. – 350 с.
6. Дискусія з питань стратиграфії докембрію Українського щита//Геологічний журнал. – 1970. – № 4. – С. 136–138.
7. Егоян В. Л. Основи общей стратиграфии. – Краснодар: “Просвещение-Юг”, 2012. – 159 с.
8. Карта геологических формаций докембрія Украинского щита. Масштаб 1:500 000. Объяснительная записка/В. П. Кирилюк, В. Д. Колій, В. И. Лашманов, А. М. Лысак, И. С. Паранько, В. Г. Пащенко, К. И. Свешников, А. А. Сиворонов, А. Г. Смоголюк, Г. М. Яценко при участии Б. З. Берзенина. – Киев, 1991. – 116 с.
9. Келлер Б. М., Семихатов М. А. Стратиграфические рубежи в докембрии//Границы геологических систем. – Москва: Наука, 1976. – С. 7–30.
10. Кирилюк В. П. Відкритий лист членам Бюро національного стратиграфічного комітету України та геологам-докембристикам//Геол. журн. – 2017. – № 4. – С. 88–99.
11. Кирилюк В. П. О некоторых проблемах составления стратиграфической схемы докембрія Украинского щита//Геол. журнал. – 1982. – № 6. – С. 54–64.
12. Кирилюк В. П. Стратиграфия докембрія западной части Украинского щита. Стаття 2. Формации позднего архея и протерозоя и сводная стратиграфическая схема//Геол. журн. – 1982. – № 4. – С. 30–41.
13. Кирилюк В. П., Жуланова И. Л. Стратиграфические схемы нижнего докембрія России и Украины: сопоставление, анализ различий и пути сближения//Геол. журнал. – 2013. – № 2. – С. 89–120.

14. Кирилюк В. П., Паранько І. С. Стратиграфічні комплекси – основа стратиграфічної схеми докембрію Українського щита. Стаття 1. Методологічні аспекти створення загальної стратиграфічної схеми докембрію Українського щита//Збірник наук. праць УкрДГРІ. – 2014. – № 3–4. – С. 70–87.
15. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (пояснювальна записка)/К. Ю. Єсипчук, О. Б. Бобров, Л. М. Степанюк, М. П. Шербак, Є. Б. Плеваский, В. М. Скобелев, А. С. Дранник, М. В. Гейченко. – Київ: УкрДГРІ, 2004. – 30 с.
16. Костенко М. М. Принципи створення кореляційної стратиграфічної схеми докембрійських утворень Українського щита потребують кардинальних змін//Мінеральні ресурси України. – 2018. – № 2. – С. 31–32.
17. Костенко М. М. Хоморська серія Волинського мегаблока Українського щита. Стаття 1. Геологія і породний склад//Мінеральні ресурси України. – 2016. – № 4. – С. 3–11.
18. Лазько Е. М., Кирилюк В. П., Лысак А. М., Сиворонов А. А., Яценко Г. М. Геологические формации и проблемы стратиграфии нижнего докембрія Украинского щита//Геол. журнал. – 1984. – № 2. – С. 103–112.
19. Лазько Е. М., Кирилюк В. П., Лысак А. М., Сиворонов А. А., Яценко Г. М. Стратиграфическая схема нижнего докембрія Украинского щита (на формационной основе)//Геол. журнал. – 1986. – № 2. – С. 18–26.
20. Лазько Е. М., Кирилюк В. П., Сиворонов А. А., Яценко Г. М. Нижний докембрій западной части Украинского щита. (Возрастные комплексы и формации). – Львов: Вища школа, 1975. – 239 с.
21. Лысак А. М., Пащенко В. Г., Бородин Б. В., Кисельов В. А., Стрекозов С. М. Про незадовільний стан чинної стратиграфічної схеми раннього докембрію Приазовського мегаблока УЩ//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2009. – № 3–4. – С. 32–45.
22. Лысак А. М., Лашманов В. И., Свешников К. И., Пащенко В. Г. К вопросу стратиграфии гнейсо-мигматитовых образований нижнего докембрія Приазовья//Геол. журнал. – 1989. – № 3. – С. 60–69.
23. Петрографический кодекс (магматические и метаморфические образования). – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995. – 128 с.
24. Пономаренко О. М., Степанюк Л. М., Сукач В. В., Артеменко Г. В. Актуальні питання хроностратиграфії нижнього докембрію Українського щита//Геологія і корисні копалини України: Збірник тез наукової конференції (Київ, 2–4 жовтня 2018 р.). – Київ, 2018. – С. 185–188.
25. Постановление по общей стратиграфической шкале докембрія СССР, принятой на Уфимском совещании в 1977 г./Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. – Вып. 19. – Ленинград, 1981. – С. 5–11.
26. Про діяльність Національного стратиграфічного комітету України//Геол. журн. – 2018. – № 2. – С. 95–100.
27. Решение Всесоюзного совещания по общим вопросам расчленения докембрія СССР//Общие вопросы расчленения докембрія СССР. – Ленинград: Наука, 1979. – С. 147–153.
28. Салон Л. И. Геологическое развитие Земли в докембрии. – Ленинград: Недра, 1982. – 343 с.
29. Салон Л. И. Общая стратиграфическая шкала докембрія. – Ленинград: Недра, 1973. – 310 с.
30. Степанюк Л. М. Коментарі до “Відкритого листа членам Бюро Національного стратиграфічного комітету України та геологам-докембристикам” В. П. Кирилюка//Геол. журнал. – 2017. – № 4. – С. 100–112.
31. Степанюк Л. М. Проблеми стратиграфії та геохронології Українського щита//Мінерал. журнал. – 2018. – № 1. – С. 16–31.
32. Стратиграфический кодекс России. Издание третье. – Санкт-Петербург: Издательство ВСЕГЕИ, 2006. – 96 с.
33. Стратиграфический кодекс СССР: А. И. Жамойда (отв. ред.). – Ленинград, 1977. – 79 с.
34. Стратиграфічний кодекс України. 2 вид.: П. Ф. Гожик (відп. ред.). – Київ, 2012. – 66 с.
35. Стратиграфія УРСР: Т. I. Докембрій. Відп. ред. М. П. Семененко, Л. Г. Ткачук. – Київ: Наукова думка, 1972. – 248 с.
36. Тектонічна карта України. Масштаб 1:1 000 000. Частина I. Пояснювальна записка/С. С. Круглов, Ю. О. Арсірій, В. Я. Веліканов, Т. О. Знаменська, А. М. Лисак, О. Ю. Лукін, І. К. Пашкевич, І. В. Попадюк, А. Я. Радзівілл, А. Б. Холодних. – Київ: УкрДГРІ, 2007. – 96 с.
37. Тектонічна карта України. Масштаб 1:1 000 000. Частина 2. Тектоніка фундаменту Українського щита. (Пояснювальна записка до “Тектонічної карти фундаменту Українського щита” масштабу 1:2 000 000)/В. П. Кирилюк. – Київ: УкрДГРІ, 2007. – 76 с.

38. Усенко І. С., Есипчук К. Е., Цуканов В. А. Стратиграфія гнейсо-мигматитового комплексу Приазов'я//Геол. журнал. – 1971. – № 2. – С. 129–140.

39. Яркін В. І. Стратиграфічні розділення і стратиграфічний кодекс//Стратиграфічна класифікація. Матеріали к проблеме. – Ленинград: Наука, 1980. – С. 63–76.

40. The Concise Geologic Time Scale/J. G. Ogg, G. Ogg and F. M. Gradstein. – Cambridge University Press, 2008. – 177 p.

REFERENCES

1. Babkov Yu. B., Bulaievskiy D. S., Zaitsev D. S., Kiktenko V. F., Kozlovskaya H. M., Kolosovskaya V. A., Konkov H. H., Kudelia V. A., Lebediev M. I., Pastukhov V. H., Polunovskiy R. M. Stratigraphic Scheme of Precambrian formations of the Ukrainian shield//Heolohichnyi zhurnal. – 1970. – № 4. – P. 139–148. (In Ukrainian).

2. Bobrov O. B. The Slavhorod charnokite-granulitic structural-formational complex of the Ukrainian shield. Article 1. Problems of authentication and distribution//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2010. – № 1. – P. 11–16. (In Ukrainian).

3. Bobrov O. B., Lysak A. M., Lysenko O. A., Merkusheva I. E., Shpylychak V. O., Stepaniuk L. M. The Slavhorod charnokite-granulitic structural-formational complex of the Ukrainian shield. Article 2. Geology and petrography of stratigraphic formations//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2011. – № 1. – P. 9–20. (In Ukrainian).

4. Geochronology of Precambrian in Ukraine. – Kiev: Naukova dumka, 1965. – 262 p. (In Russian).

5. Geochronology of the USSR. Vol. I. Precambrian. Ju. Ir. Polovinkina (Resp. ed.). – Leningrad: Nedra, 1973. – 350 p. (In Russian).

6. A discussion is on questions of the stratigraphy of Precambrian of the Ukrainian shield//Heolohichnyi zhurnal. – 1970. – № 4. – P. 136–138. (In Ukrainian).

7. Jegoyan V. L. Bases of general stratigraphy. – Krasnodar: "Prosveshchenie-Yug", 2012. – 159 p. (In Russian).

8. Map of geological formations of Precambrian of the Ukrainian shield. Scale 1:500 000. Explanatory note/V. P. Kyrylyuk, V. D. Kolij, V. I. Lashmanov, A. M. Lysak, I. S. Paranko, V. G. Pashhenko, K. I. Sveshnikov, A. A. Sivoronov, A. G. Smogolyuk, G. M. Yacenko at participation B. Z. Berzenin. – Kiev, 1991. – 116 p. (In Russian).

9. Keller B. M., Semihatov M. A. Stratigraphic borders are in Precambrian//Granicy geologicheskikh sistem. – Moskva: Nauka, 1976. – P. 7–30. (In Russian).

10. Kyrylyuk V. P. The open letter to the members of the Bureau of the National stratigraphic committee of Ukraine and all fellow Precambrian geologists//Heolohichnyi zhurnal. – 2017. – № 4. – P. 88–99. (In Ukrainian).

11. Kyrylyuk V. P. On certain problems involved in creating the stratigraphic scheme framework of the Precambrian Ukrainian Shield//Geol. zhurnal. – 1982. – № 6. – P. 54–64. (In Russian).

12. Kyrylyuk V. P. Stratigraphy of Precambrian of western part of the Ukrainian shield. Article 2. Formations of the Late Archean and Proterozoic and summary stratigraphic scheme//Geol. zhurnal. – 1982. – № 4. – P. 30–41. (In Russian).

13. Kyrylyuk V. P., Zhulanova I. L. Lower Precambrian Stratigraphic Schemes in Russia and Ukraine: comparison, analysis of differences, ways of rapprochement//Geol. zhurnal. – 2013. – № 2. – P. 89–120. (In Russian).

14. Kyrylyuk V. P., Paranko I. S. Stratigraphic complexes – a basis of Precambrian stratigraphic scheme of the Ukrainian shield. Article 1. Methodological aspects of the creation of general stratigraphic scheme of Precambrian of the Ukrainian Shield//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2014. – № 3–4. – P. 70–87. (In Ukrainian).

15. Correlation chronostratigraphic scheme of Early Precambrian of the Ukrainian shield (explanatory note)/K. Yu. Yesypchuk, O. B. Bobrov, L. M. Stepaniuk, M. P. Shcherbak, E. B. Hlevaskiy, V. M. Skobeliev, A. S. Drannyk, M. V. Heichenko. – Kyiv: UkrDHRI, 2004. – 30 p. (In Ukrainian).

16. Kostenko M. M. Principles of creation of correlation stratigraphic scheme of precambrian formations of the Ukrainian shield need cardinal changes//Mineralni resursy Ukrainy. – 2018. – № 2. – P. 31–32. (In Ukrainian).

17. Kostenko M. M. Homora series of Volyn megablock of the Ukrainian shield. Article 1. Geology and rock composition//Mineralni resursy Ukrainy. – 2016. – № 4. – P. 3–11. (In Ukrainian).

18. Lazko E. M., Kyrylyuk V. P., Lysak A. M., Sivoronov A. A., Jacenko G. M. Geological formations and problems of stratigraphy of

the Lower Precambrian of the Ukrainian shield//Geol. zhurnal. – 1984. – № 2. – P. 103–112. (In Russian).

19. Lazko E. M., Kyrylyuk V. P., Lysak A. M., Sivoronov A. A., Jacenko G. M. Lower Precambrian stratigraphic scheme of the Ukrainian shield (on formational basis)//Geol. zhurnal. – 1986. – № 2. – P. 18–26. (In Russian).

20. Lazko E. M., Kyrylyuk V. P., Sivoronov A. A., Jacenko G. M. Lower Precambrian of the western part of the Ukrainian shield. (Age complexes and formations). – Lvov: Vyshcha shkola, 1975. – 239 p. (In Russian).

21. Lysak A. M., Pashchenko V. H., Borodynia B. V., Kyselov V. A., Strekozov S. M. About the unsatisfactory state of operating stratigraphic scheme of Early Precambrian of Azov Area megabloc of Ukrainian shield//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2009. – № 3–4. – P. 32–45. (In Ukrainian).

22. Lysak A. M., Lashmanov V. I., Sveshnikov K. I., Pashhenko V. G. To the question of stratigraphy of the gneiss-migmatitic formations of Lower Precambrian of Azov Area//Geol. zhurnal. – 1989. – № 3. – P. 60–69. (In Russian).

23. Petrographic code (magmatic and metamorphic rocks). – Sankt-Peterburg: VSEGEI Press, 1995. – 128 p. (In Russian).

24. Ponomarenko O. M., Stepaniuk L. M., Sukach V. V., Artemenko H. V. Pressing questions of chronostratigraphy of Lower Precambrian of the Ukrainian shield//Heolohiia i korysni kopalyny Ukrainy: Zbirnyk tez naukovoї konferentsii (Kyiv, 2–4 zhovtnia 2018 r.). – Kyiv, 2018. – P. 185–188. (In Ukrainian).

25. Decision on the general stratigraphic scale of the Precambrian USSR, accepted on the Ufa conference in 1977//Postanovleniya Mezhdovedomstvennogo stratigraficheskogo komiteta i ego postoyannykh komisij. – Iss. 19. – Leningrad, 1981. – P. 5–11. (In Russian).

26. About activity of National stratigraphic committee of Ukraine//Heol. zhurnal. – 2018. – № 2. – P. 95–100. (In Ukrainian).

27. Decision of the All-union conference on general questions of dismemberment of the Precambrian USSR//Obshhie voprosy raschleneniya dokembriya SSSR. – Leningrad: Nauka, 1979. – P. 147–153. (In Russian).

28. Salop L. I. Geological development of Earth is in Precambrian. – Leningrad: Nedra, 1982. – 343 p. (In Russian).

29. Salop L. I. General stratigraphic scale of Precambrian. – Leningrad: Nedra, 1973. – 310 p. (In Russian).

30. Stepaniuk L. M. Comments on "The open letter to the members of the bureau of the National stratigraphic committee of Ukraine and all fellow Precambrian geologists"/V. P. Kyrylyuk//Heolohichnyi zhurnal. – 2017. – № 4. – P. 100–112. (In Ukrainian).

31. Stepaniuk L. M. Problems of Stratsgraphy and Geochronology of the Ukrainian Shield//Mineralohichnyi zhurnal. – 2018. – № 1. – P. 16–31. (In Ukrainian).

32. Stratigraphic Code of Russia. Third edition. – Sankt-Peterburg: VSEGEI, 2006. – 96 p. (In Russian).

33. Stratigraphic Code of USSR: A. I. Zhamoida (resp. ed.). – Leningrad, 1977. – 79 p. (In Russian).

34. Stratigraphic Code of Ukraine. 2nd ed.: P. F. Hozhyk (resp. ed.). – Kyiv, 2012. – 66 p. (In Ukrainian).

35. Stratigraphy of the UkrSSR. Vol. I. Precambrian/M. P. Semenenko, L. H. Tkachuk (resp. ed.). – Kyiv: Naukova dumka, 1972. – 248 p.

36. Tectonic map of Ukraine. Scale 1: 1 000 000. Part I. Explanatory note/S. S. Kruhlov, Yu. O. Arsiiri, V. Ya. Velikanov, T. O. Znamenska, A. M. Lysak, O. Yu. Lukin, I. K. Pashkevych, I. V. Popadiuk, A. Ya. Radzivil, A. B. Holodnykh. – Kyiv: UkrDHRI, 2007. – 96 p. (In Ukrainian).

37. Tectonic map of Ukraine. Scale 1: 1 000 000. Part 2. Tectonics of Basement of the Ukrainian shield (Explanatory note to the "Tectonic map of Basement of the Ukrainian shield" of scale 1:2 000 000)/V. P. Kyrylyuk. – Kyiv: UkrDHRI, 2007. – 76 p. (In Ukrainian).

38. Usenko I. S., Esipchuk K. E., Cukanov V. A. Stratigraphy of gneiss-migmatitic complex of Azov Area//Geol. zhurnal. – 1971. – № 2. – P. 129–140. (In Russian).

39. Jarkin V. I. Stratigraphic subdivisions and stratigraphic code//Stratigraficheskaya klassifikatsiya. Materialy k probleme. – Leningrad: Nauka, 1980. – P. 63–76. (In Russian).

40. The Concise Geologic Time Scale/J. G. Ogg, G. Ogg and F. M. Gradstein. – Cambridge University Press, 2008. – 177 p.

Рукопис отримано 18.02.2019.

УДК 502.5:(665.7:556.388)(477)

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2019.3.49-51>

О. М. ШПАК, канд. геол. наук, науковий співробітник (Інститут геологічних наук НАН України), Київ, shpak_lena@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-7021-0842>,

О. І. ЛОГВИНЕНКО, молодший науковий співробітник (Інститут геологічних наук НАН України), Київ, <https://orcid.org/0000-0001-8193-4144>

O. SHPAK, PhD, scientific researcher (Institute of Geological Sciences of the NASU), Kyiv, shpak_lena@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-7021-0842>,

O. LOHUVYENKO, junior scientific researcher (Institute of Geological Sciences of the NASU), Kyiv, <https://orcid.org/0000-0001-8193-4144>

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИРОДНОГО САМООЧИЩЕННЯ ПІДЗЕМНОГО СЕРЕДОВИЩА, ЗАБРУДНЕНОГО НАФТОПРОДУКТАМИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО САМООЧИЩЕНИЯ ПОДЗЕМНОЙ СРЕДЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ НЕФТЕПРОДУКТАМИ

RESEARCH OF NATURAL REMEDIATION OF THE SUBSURFACE CONTAMINATED WITH PETROLEUM PRODUCTS

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Ремедіація підземного середовища, забрудненого нафтопродуктами, є світовою екологічною проблемою й одним з пріоритетних напрямів геоecологічних досліджень в Україні. Відновлення забруднених ґрунтів зони аерації може відбуватися внаслідок діяльності мікроорганізмів, переважно мікроміцетної флори, особливості розміщення й життєдіяльності яких залежать від глибини та ступеня забрудненості, умов аеробності тощо. На практиці складно використовувати штучні мікробіологічні підходи, і варто розраховувати на самоочищення ґрунтів завдяки впливу мікроорганізмів, що існують у підземному середовищі. Особливий інтерес становлять вуглеводень-окиснювальні мікроорганізми (ВОМ), які використовують вуглеводні як джерело вуглецю й енергії.

Полеві дослідження проведено на території складу пально-мастильних матеріалів (ПММ) аеропорту “Бориспіль”, де 1998 року було виявлено забруднення геологічного середовища нафтопродуктами. Відібрано зразки ґрунту на забруднених і незабруднених ділянках, виконано кількісний аналіз умісту нафтопродуктів у ґрунтах і визначено видовий склад мікроміцетів. Зразки ґрунту відбирали у трьох свердловинах на різній глибині – у центральній частині джерела забруднення нафтопродуктами на глибині 0,1 й 2,0 м (зона аерації) та 4,0 м (насичена зона), у північній частині складу ПММ у зоні аерації на глибині 0,1 та 1,0 м і за межами джерела забруднення в зоні аерації на глибині 3,7 м. Дані визначення розміщення грибних культур в отриманих зразках ґрунту свідчать про різноманітність їхніх форм, залежно від ступеня забруднення, глибини відбирання, літології й водонасичення. Потрібно проводити регулярний моніторинг з відбиранням зразків ґрунту й визначенням умісту нафтопродуктів для уточнення висновків щодо природного самоочищення забруднених ґрунтів унаслідок життєдіяльності ВОМ.

Ключові слова: забруднення, нафтопродукти, ремедіація, мікроорганізми, біодеградація.

Remediation of the subsurface contaminated with petroleum products is the ecological problem on a world scale and a foreground direction of geoecological research in Ukraine. Remediation of contaminated vadose zone can be provided with the activity of microorganisms, mainly micromycetes, whose features of location and vital activity depend on a depth, the level of contamination, aerobic conditions, etc. Practically, it is complicated to use artificial microbiological methods and natural remediation of contaminated subsurface due to microorganisms should be taken into consideration. Microorganisms oxidizing hydrocarbons are of particular interest.

Field investigations were carried out within the fuel storage of the Boryspil airport where subsurface contamination with petroleum products was revealed in 1998. The research included sampling at contaminated and uncontaminated sites, quality analysis of petroleum product contains in soils and determination of the species composition of micromycetes. Soil samples were taken in three wells at different depths – in the center of the contamination source at the depths of 0,1 m and 2,0 m (unsaturated zone) and 4,0 m (saturated zone), in the northern part of the fuel storage in the unsaturated zone at the depths of 0,1 m and 1,0 m, and out of the contamination source in the unsaturated zone at the depth of 3,7 m. Fungus culture determination data in soil samples indicate that variety of their forms depends on a contamination degree, a depth of sampling, lithology and water saturation. Regular monitoring should be carried out including soil sampling and determination of petroleum product contains to specify conclusions about natural remediation of contaminated soils due to life activity of microorganisms oxidizing hydrocarbons.

Keywords: contamination, petroleum products, remediation, microorganisms, biodegradation.

Введение. В связи с увеличением случаев загрязнения ґрунтов и подземных вод нефтепродуктами (НП), за последние десятилетия специалистами были разработаны различные методы для локализации загрязнений и восстановления загрязненных ґрунтов и подземных вод. Ремедіація загрязненных НП территорий является одним из приоритетных направлений геоecологической деятельности в Украине.

Применение методов ремедіації зависит от гидрогеологических условий участка, свойств загрязнителя и его распространения в подземной среде и цели ремедіації. Традиционные методы, такие как откачка и обработка загрязненных подземных вод, как правило, не позволяют восстановить загрязненную подземную среду до существующих стандартов качества [6]. Необходимо применять методы извлечения остаточных НП, в частности, заземленных в ненасыщенной зоне, которые являются источ-

ником долговременного загрязнения подземных вод [5]. Существенную роль в трансформации НП играет биодеградація. В природе широко распространены микроорганизмы, способные разлагать углеводородные соединения. Естественное самоочищение загрязненных НП территорий следует рассматривать как элемент комплексных восстановительных мероприятий.

Теоретическое обоснование. Даже незначительное загрязнение ґрунта НП приводит к снижению количества микроорганизмов. Уменьшается аерація ґрунта и микробное самоочищение, изменяется соотношение между отдельными группами природных микроорганизмов, угнетаются процессы азотфиксации и нитрификации, накапливаются сложно окисляемые продукты. Загрязнение ґрунтов НП с концентрацией выше 13 г/кг представляет существенную угрозу, поскольку при этом начинается миграция НП в ґрунтовые воды и существенно нарушается экологическое равновесие в ґрунтовой биоценозе [1]. При загрязнении ґрунта 4–5 % (40–50 тыс. мг/кг) почти пре-

кращаються процеси самоочищення, і підвищення активності мікроорганізмів, здатних розлагати НП, не спостерігається навіть після року. Даний рівень забруднення вважається критичним, і слід використовувати спеціальні агротехнічні та агрохімічні способи стимулювання біологічної активності ґрунту. При менших концентраціях НП зниження біологічної продуктивності ґрунту триває від трьох до шести місяців. Далі спостерігається посилене розмноження бактерій, які використовують нафту і НП як джерело вуглецю та енергії, що призводить до поступового їх окислення [3].

Мікроорганізми, здатні до руйнування НП, широко розповсюджені в підземній середі, і їх чисельність залежить від кліматичних умов, характеристик ґрунту, глибини залягання ґрунтових вод і др. До них належать гриби – *Aspergillus*, *Penicillium*, *Streptomyces*, *Actinomyces*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Rhizopus*. Мікроскопічні гриби (мікроміцети) є одним із найважливіших за функціями компонентів ґрунтової біоти. В забруднених ґрунтах виділяють гриби родів *Penicillium* і *Aspergillus*. В сильно забруднених ґрунтах домінують види *Penicillium funiculosum*, *Aspergillus terreus*, *Penicillium janthinellum* [4]. Особливий інтерес представляють вуглеводород-окислюючі мікроорганізми (УОМ), що використовують вуглеводороди (УВ) як джерело вуглецю та енергії. Серед міцеллярних грибів – це роди *Cunninghamella*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*. Показано, що чисельність УОМ зростає при забрудненні ґрунту нафтою на 1–3 порядки порівняно з незабрудненим ґрунтом.

На практиці складно застосовувати штучні мікробіологічні методи, і слід враховувати самоочищення ґрунтів завдяки життєдіяльності мікроорганізмів, які існують в підземній середі на різних глибинах у різних за складом і властивостями ґрунтах.

Полеві дослідження. Дослідження проводилися на території складу горюче-смазочних матеріалів (ГСМ) аеропорту Борисполь, де забруднення геологічної середі НП відбувається з 1998 р.

Вибрані зразки ґрунту з забруднених і незабруднених ділянок, виконано кількісний аналіз вмісту нафтопродуктів в ґрунтах, і вивчено особливості знаходження, видового складу та розвитку мікроміцетів.

Скважина 4 м знаходиться в центральній частині джерела забруднення НП (рис. 1). ґрунти на глибину до 6,0 м забруднені НП. За період моніторингу в скважині зафіксовано

шар мобільних НП від 0,6 до 1,1 м. Вибрано три зразки на глибинах 0,1; 2,0 (зона аерації) і 4,0 м (насичена зона).

Скважина 21 м розташована в північній частині складу ГСМ. Зона забруднення приурочена до інтервалу коливання рівня ґрунтових вод (УГВ) – 2,2–4,3 м. Вибрано два зразки на глибинах 0,1 і 1,0 м (зона аерації) в незабруднених відкладах.

Скважина 25 м розташована за межами джерела забруднення вгору по потоку ґрунтових вод на західній межі складу ГСМ. Вибрано зразок ґрунту на глибині 3,7 м (на 0,5 м вище УГВ).

Дані визначення знаходження грибних культур в отриманих зразках ґрунту свідчать про різноманітність їх форм в залежності від рівня забруднення, глибини відбору, літології та водонасиченості.

В шарі ґрунту до 0,1 м спостерігається повне невідповідність штамів в незабруднених і забруднених ґрунтах. В першому випадку домінують види *Mortierella alpina* Peyronel, *Trichoderma virens* Miller, *Trichoderma koningi* Oudem, в другому – *Paecilomyces* і *Aspergillus* (останні належать до УОМ). Різноманітність представників *Aspergillus* свідчить про давнє забруднення, оскільки забруднення УВ з часом призводить до змін видової структури, а високий рівень забруднення формує нові, нетипичні комплекси, де домінують види з фітотоксичними властивостями, до яких належать *Aspergillus* [2, 4]. Показатель КОЕ (кількість утворюючих одиниць) для забрудненого ґрунту значно вище (11,0 тис. од./г при вмісті НП=884,48 мг/кг), ніж для незабрудненого (3,75 тис. од./г при вмісті НП=475,61 мг/кг) (табл. 1).

Аналогічне невідповідність спостерігається і на великій глибині в умовах близьких до анаеробних. Для незабрудненого ґрунту на глибині 3,7 м домінуючим є вид *Fusarium*, а для забрудненого на глибині 4,0 м – *Cladosporium* і *Scolecobusidium*. Показатель КОЕ для забрудненого ґрунту значно вище (12,5 тис. од./г при вмісті НП=844,85 мг/кг), ніж для незабрудненого (2,7 тис. од./г при вмісті НП<0,01 мг/кг).

Подібна тенденція спостерігається і на проміжних глибинах. Незабруднений ґрунт на глибині 1,0 м має однорідний видовий склад грибів з низьким їх вмістом (10–20 %) і значенням КОЕ=1,6 тис. од./г при вмісті НП=270,99 мг/кг. Забруднений ґрунт на глибині 2,0 м містить більше різноманітності грибів з домінуючим видом *Pseudallescheria* і показателем КОЕ=7,9 тис. од./г при вмісті НП=1084,1 мг/кг (табл. 1).

В зразках, вибраних з скв. 21 м на глибинах 0,1 і 1,0 м, спостерігається наявність в невеликій кількості (10–20 %) грибів *Penicillium*, які належать до УОМ. Це може свідчити про незначительне давнє забруднення. В шарі 0,1 м присутні НП в кількості 475,61 мг/кг, а на глибині 1,0 м вміст НП зменшується до 270 мг/кг. Ймовірно, це відбулося через незначительне забруднення з поверхні та інфільтрацію. Аналогічний склад грибів не спостерігається в інших зразках.

В скв. 4 м зразки відбиралися на глибинах 0,1; 2,0 і 4,0 м. Спостерігається повне невідповідність штамів мікро-

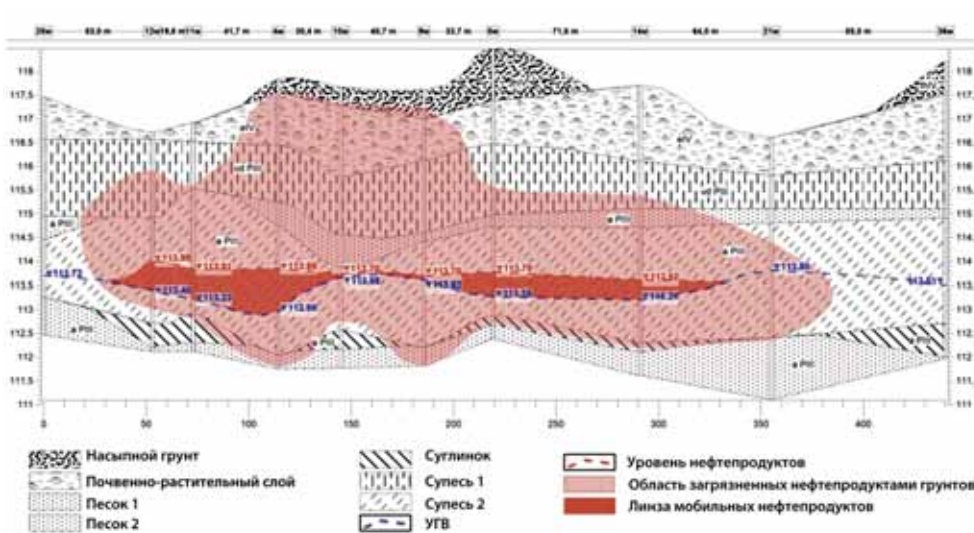


Рис. 1. Еколого-гідрогеологічний розріз території досліджень

Таблиця 1. Содержание грибных микроорганизмов в образцах грунта

Скв./глубина отбора, м	Характеристика образца	КОЕ, тыс. ед./г	Содержание НП, мг/кг
Скв. 21м / 0,1	Суглинок средний не загрязнен	3,75	475,61
Скв. 21м / 1,0	Зона аэрации, супесь легкая не загрязнена	1,60	270,99
Скв. 4м / 0,1	Насыпной грунт, супесь тяжелая, давнее загрязнение	11,00	844,48
Скв. 4м / 2,0	Зона аэрации, супесь легкая загрязнена	79	1084,1
Скв. 4м / 4,0	Насыщенная зона, супесь легкая загрязнена	12,5	844,85
Скв. 25м / 3,7	Насыщенная зона, супесь легкая не загрязнена	2,7	<0,01

Таблиця 2. Сравнение доминирующих видов грибов в образцах загрязненных и незагрязненных грунтов

Глубина отбора, м	Распространенные виды грибов в грунтах	Наличие грибов в грунтах	
		незагрязненных	загрязненных
0,1	<i>Mortierella alpine Peyronel</i>	Присутствуют	Отсутствуют
0,1	<i>Trichoderma virens Miller, Giddens et Foster</i>	Присутствуют	Отсутствуют
0,1	<i>Trichoderma koningi Oudem</i>	Присутствуют	Отсутствуют
0,1	<i>Aspergillus fumigatus Fres</i>	Отсутствуют	Присутствуют
0,1	<i>Aspergillus ochraceus Wilhelm</i>	Отсутствуют	Присутствуют
0,1	<i>Aspergillus Parasiticus Speare</i>	Отсутствуют	Присутствуют
0,1	<i>Aspergillus terreus</i>	Отсутствуют	Присутствуют
0,1	<i>Paecilomyces marquandi Hughes</i>	Отсутствуют	Присутствуют
1,0-2,0	<i>Pseudallescheria bogdii Ginnis</i>	Отсутствуют	Присутствуют
3,7	<i>Fusarium moniliforme Bilai</i>	Присутствуют	Присутствуют
4,0	<i>Fusarium solani Sacc.</i>	Присутствуют	Присутствуют
4,0	<i>Cladosporium cladosporioides de Vries</i>	Присутствуют	Присутствуют
4,0	<i>Scolecobusidium macrosp. Roy, Dw. Et Mishra</i>	Присутствуют	Присутствуют

организмов. На глубине 0,1 м доминирующими являются виды *Paecilomyces* и *Aspergillus* (табл. 2). Грунт загрязнен с содержанием НП=844,48 мг/кг и КОЕ=11 тыс. ед./г. На глубине 2,0 м доминирующими являются грибы вида *Pseudallescheria bogdii Ginnis*, также встречаются представители вида *Cladosporium*. Доминирующих видов грибов, отнесенных к УОМ, не наблюдается, содержание НП=1084,1 мг/кг, КОЕ=79 тыс. ед./г. На глубине 4,0 м также не найдены виды грибов, относящихся к УОМ, обнаруженные виды отсутствуют в других образцах, содержание НП=844,85 мг/кг, КОЕ=12,5 тыс. ед./г.

По наличию определенных микроорганизмов и содержанию НП можно предположить, что НП с поверхности постепенно достигали УГВ, и происходило загрязнение насыщенной зоны. Загрязнение верхнего слоя грунта является давним. Об этом свидетельствует концентрация НП, которая ниже концентрации на глубине 2,0 м, а также наличие в доминирующем количестве грибов *Aspergillus*, которые относятся к УОМ и не встречаются в таком количестве видов и доминирующем составе ни в одном образце. Высокий уровень загрязнения формирует новые, не типичные для данных грунтов комплексы. Это объясняет наличие указанных грибов только в данном образце. Можно предположить, что начальный уровень загрязнения был значительно выше того, что наблюдается на глубине 2,0 м (1084,0 мг/кг). В течение длительного времени уменьшение концентраций, возможно, происходило за счет инфильтрации и деятельности микроорганизмов. Наличие в доминирующем количестве УОМ, которые не наблюдаются в других образцах, высокое значение КОЕ, уменьшение концентрации загрязнения могут свидетельствовать об активной роли микроорганизмов в процессах естественного самоочищения грунтов. Высокое загрязнение грунтов на глубине 2,0 м можно объяснить отсутствием УОМ и относительно небольшим значением КОЕ=79 тыс. ед./г. В данных условиях не происходит естественное самоочищение за счет микроорганизмов.

Выводы. Анализируя данные полевых исследований, можно утверждать следующее:

- основным лимитирующим фактором наличия определенных видов грибов в грунте является глубина нахождения, что в определенных интервалах разреза исключает или почти исключает их совпадение;
- для загрязненных и незагрязненных грунтов на одинаковой глубине отсутствует совпадение видовых ассоциаций грибов;

- для загрязненных грунтов характерно большее разнообразие доминирующих видов грибов при значительно больших показателях КОЕ, чем для незагрязненных грунтов;
- можно предположить, что определенный уровень загрязнения грунта стимулирует активное развитие определенных видов грибов как в аэробных, так и близких к анаэробным условиям.

В дальнейшем следует проводить регулярный мониторинг с отбором образцов грунта и определением содержания НП, чтобы уточнить выводы о природном самоочищении загрязненных НП грунтов в результате жизнедеятельности УОМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаджанова О. Ф. Проблемы забруднення ґрунту нафтопродуктами/О. Ф. Бабаджанова, Н. М. Гринчишин//Тези ІІ Міжнар. наук-практ. конф. “Техногенна безпека: Теорія, практика, інновація” – Львів: ЛДУ, 2011. – С. 35–36.
2. Долматова Е. С. Микроорганизмы в почвенной нефтепереработке/Е. С. Долматова; НИИЭМ СО РАМН им. Г. П. Сомова. – Владивосток, 2015. – 24 с.
3. Куликова И. Ю. Биодegradация нефтяных углеводородов. Оценка активности штамма PH. *Myrsinacearum*/И. Ю. Куликова//ЭКиП: Экология и промышленность России. – 2008. – № 12. – С. 17–19.
4. Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов/О. Е. Марфенина. – М.: Медицина для всех, 2005. – 195 с.
5. Hunt J. R. Nonaqueous phase liquid transport and clean up/ J. R. Hunt, N. Sitar, K. S. Udell//Water resources research. – 1988. – Vol. 24. – № 8. – P. 1247–1258.
6. Newell C. J., Acree S. D., Ross R. R., Huling S. G. Light nonaqueous phase liquids//EPA Ground Water Issue. EPA 540-S-95-500, July 1995. – 28 p.

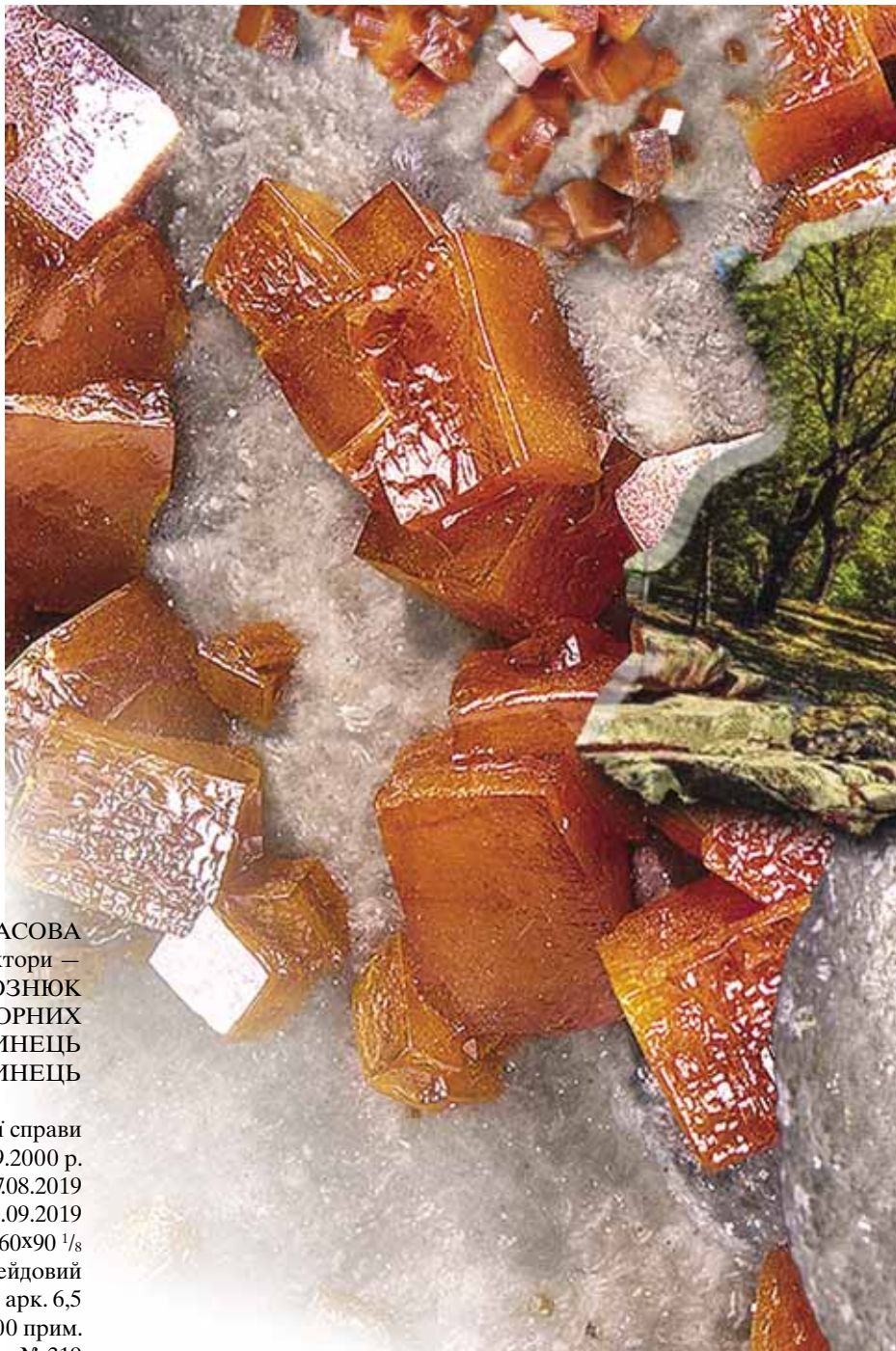
REFERENCES

1. Babadzhanova O. F., Grynychyshyn N. M. Problems of soil contamination by petroleum products//Tezy II Mizhn. nauk.-prakt. konf. “Tekhnohenna bezpeka: Teoriia, praktyka, inovatsiia” – Lviv: LDU, 2011. – P. 35–36. (In Ukrainian).
2. Dolmatova E. S. Microorganisms in soil refining. – Vladivostok, 2015. – 24 p. (In Russian).
3. Kulikova I. Ju. Biodegradation of petroleum hydrocarbons. Assessment of the activity of the PH strain. *Myrsinacearum*//JeKiP: Jekologiya i promyshlennost Rossii. – 2008. – № 12. – P. 17–19. (In Russian).
4. Marfenina O. E. Anthropogenic ecology of soil fungi. – Moskva: Medicina dlya vseh, 2005. – 195 p. (In Russian).
5. Hunt J. R., Sitar N., Udell K. S. Nonaqueous phase liquid transport and clean up//Water resources research. – 1988. – Vol. 24. – № 8. – P. 1247–1258.
6. Newell C. J., Acree S. D., Ross R. R., Huling S. G. Light nonaqueous phase liquids//EPA Ground Water Issue. EPA 540-S-95-500, July 1995. – 28 p.

Р у к о п и с о т р и м а н о 2.09.2019.



mrugeo.ukrdgri.gov.ua



Завідувач редакції — С. О. НЕКРАСОВА
Літературні редактори-коректори —
Р. В. КОРНІЄНКО, Я. І. ВОЗНЮК
Технічні редактори — А. В. ВОЛКОГОН, І. О. НАГОРНИХ
Комп'ютерна верстка — Б. І. ВОЛИНЕЦЬ
Художній редактор — Б. І. ВОЛИНЕЦЬ

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 182 від 18.09.2000 р.
Здано до набору 27.08.2019
Підписано до друку 30.09.2019
Формат 60x90 1/8
Папір крейдовий
Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 6,5
Обл.-вид. арк. 9. Тираж 300 прим.
Зам. № 319

Адреса редакції та н/н: Київ-114, вул. Автозаводська, 78А
Тел. редакції: 206-35-18, 206-35-20
E-mail: mru@ukrdgri.gov.ua, press.ukrdgri@gmail.com
<http://mrugeo.ukrdgri.gov.ua>