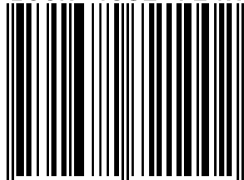


МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ MINERAL RESOURCES of UKRAINE УКРАЇНИ



ISSN 1682-721X



9 771682 721002

НАУКОВІЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC JOURNAL

2'2021

СПІВЗАСНОВНИКИ / CO-FOUNDERS

Державне підприємство “Українська геологічна компанія” /
State Enterprise “Ukrainian Geological Company”,
Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу / Ivano-Frankivsk National Technical University
of Oil and Gas

Зареєстровано в Державній реєстраційній службі України,
свідчення про державну реєстрацію
серія КВ № 24925-14865ПР від 2.08.2021 р.

Registered in the State Registration Service of Ukraine,
certificate of state registration
KB № 24925-14865PP dated 2.08.2021

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР / EDITOR-IN-CHIEF

Г. І. Рудько / H. Rudko

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ / EDITORIAL TEAM

М. Д. Красножон / M. Krasnozhan
(заст. головного редактора / Deputy editor)

І. Д. Багрий / I. Bahrii

(заст. головного редактора / Deputy editor)

С. О. Некрасова / S. Nekrasova

(відповідальна секретарка / Executive secretary)

О. О. Акульшин / O. Akulshyn, В. І. Бондаренко /
V. Bondarenko, Ю. І. Войтенко / Yu. Voitenko,
Л. В. Ісаков / L. Isakov, Г. А. Калашник / G. Kalashnyk,
М. М. Костенко / M. Kostenko, О. В. Кравченко /
O. Kravchenko, Е. Д. Кузьменко / E. Kuzmenko,
Я. Г. Лазарук / Ya. Lazaruk, А. А. Локтев / A. Loktieva,
Н. Г. Люта / N. Lyuta, О. І. Ляшенко / O. Liashenko,
В. А. Михайлов / V. Mykhailov, О. В. Плотніков /
O. Plotnikov, О. М. Пономаренко / O. Ponomarenko,
Б. І. Слободян / B. Slobodian, Р. І. Стефурак / R. Stefurak,
В. В. Сукач / V. Sukach, В. М. Хоменко / V. Khomenko,
М. М. Шаталов / M. Shatalov, С. О. Яковлев / Ye. Yakovlev

ЗАРУБІЖНІ ЧЛЕНИ РЕДКОЛЕГІЇ /

INTERNATIONAL EDITORS:

Ад. А. Алієв / Ad. Aliyev, М. М. Зінчук / M. Zinchuk,
Лін Лі / Lin Li, А. Пістржинський / 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 УкрГРІ
протокол № 1 від 6.07.2021 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 категорії “Б” з геологічної
й технічної галузей науки, спеціальності – 103, 184, 185

Наказ Міністерства освіти та науки України
№ 409 від 17.03.2020 р.

Журнал індексується в Google Scholar.
У 2016 р. його зареєстровано в системі
Index Copernicus. Індекс ICV2019 = 76.42.
У 2019 р. журнал унесено в базу DOAJ, у 2020 р. – в EBSCO.



РУДЬКО Г. І., БАЛА Г. Р. / RUDKO H., BALAH.

Критична мінеральна сировина та її перспективи в Україні

Critical mineral raw materials and their prospects in Ukraine

3

КАЛАШНИК Г. А. / KALASHNYK G.

Особливості металогеології уран-золото Юр'ївського урановорудного

поля Кіровоградського рудного району Українського щита

The features of uranium-gold metallogeny of the Yurivske uranium

ore field of the Kirovohrad ore district of the Ukrainian shield

15

ЗІНЧУК М. М. / ZINCHUK M.

Щодо використання формації давніх кір вивітрювання

під час пошуків алмазних родовищ

About use of ancient weathering crusts formation

during diamond-prospecting works

24

МАТКІВСЬКИЙ С. В. / MATKIVSKIY S.

Дослідження ефективності регулювання процесу обводнення

газоконденсатних покладів Гадяцького родовища

з використанням діоксиду вуглецю

Study of the efficiency of regulation of the process of waterflooding

of gas-condensate reservoirs of the Hadiach field using carbon dioxide

33

ОСОКІНА Н. П. / OSOKINA N.

Пестициди в підземних водах України і здоров'я

Pesticide content in the groundwater of Ukraine and health

38

ШАТАЛОВ М. М. / SHATALOV M.

Академікові Вадиму Івановичу Лялькові – 90!

To the 90th Anniversary of Academician Vadym Ivanovych Lialko

44

VII міжнародна науково-практична конференція

“Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування”

VII International Scientific and Practical Conference

“Subsoil use in Ukraine. Perspectives of investment”

46

УДК 553.04

 <https://doi.org/10.31996/mru.2021.2.3-14>

Г. І. РУДЬКО, д-р геол.-мінерал. наук, д-р геогр. наук, д-р техн. наук, професор (Державна комісія України по запасах корисних копалин), office@dkz.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7752-4310>,

Г. Р. БАЛА, Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ, Україна, annabala79@gmail.com

H. RUDKO, Doctor of Geology and Mineralogy, Doctor of Geographical Sciences, Doctor of Technical Sciences, professor (State Commission of Ukraine on Mineral Resources), office@dkz.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7752-4310>,

H. BALA, State Commission of Ukraine on Mineral Resources, annabala79@gmail.com

КРИТИЧНА МІНЕРАЛЬНА СИРОВИНА ТА ЇЇ ПЕРСПЕКТИВИ В УКРАЇНІ

CRITICAL MINERAL RAW MATERIALS AND THEIR PROSPECTS IN UKRAINE

Світова тенденція переходу людства до сталого розвитку дуже залежить від безперервного постачання різних мінералів або матеріалів. У цьому контексті надзвичайно важливим є налагодження співпраці між різними зацікавленими сторонами в керуванні критично важливими матеріалами на всьому глобальному ланцюжку постачання.

У статті наведено стислий огляд появи поняття “критична сировина” та траєкторій розвитку національних стратегій щодо критично важливих мінералів в основних зацікавлених регіонах – Китаї, США, Європі, Японії та Австралії.

Забезпечення надійного й неупередженого доступу до корисних копалин стає дедалі важливішим чинником конкурентоспроможності, тому країни-імпортери скоординованими діями стимулюють диверсифікацію, тобто збирають дані про виробництво, переробку мінеральних ресурсів і торгівлю ними. Україна, у надрах якої зосереджено широкий спектр корисних копалин, у перспективі може стати одним з надійних партнерів для споживачів критичної мінеральної сировини, зокрема Європейського Союзу.

Ключові слова: критична мінеральна сировина, економічна важливість, ризик постачання, мінерально-сировинна база України.

Rapid economic growth of developing countries, combined with the accelerated spread of new technologies, has led to a significant increase in demand for metals and minerals, which are used to cover general needs in raw materials, and various elements used in high-tech industries.

The global trend of transition to sustainable development strongly depends on the continuous supply of various minerals or materials. In this regard, it is crucial to establish collaboration between different stakeholders in the sphere of critical materials management throughout the global supply chain.

“Criticality” is determined by the importance of raw materials for future development and the vulnerability of the supply chains, which is considered a potential threat to development. Criticality can be assessed at different levels: for a specific product, technology, company, country or region, or even globally.

The article provides a brief overview of the concept of “critical raw materials” and the development trajectories of national strategies for critical minerals from key stakeholders – China, USA, Europe, Japan and Australia. Strategic goals are results of processes that depend on national interests, resource availability and historical experience in anticipating supply risks.

Reliable and unbiased access to minerals is an essential factor in terms of competitiveness, so importing countries are stimulating diversification through coordinated action, i.e. they are collecting data on the production, processing and sale of minerals. Today, the EU is an importer of many types of critical minerals, and it is exploring the possibility to obtain them not only from sources within the EU but also in neighboring countries.

Ukraine is one of the most mineral-rich countries, so our country may become one of the reliable partners for consumers of critical mineral raw materials, including the European Union. Today, an important task is to increase the production of “critical materials” and create capacities for their enrichment and primary processing, because it is expected that demand for them will grow rapidly on the global market.

Keywords: critical mineral raw materials, economic importance, supply risk, mineral raw material base of Ukraine.

Вступ. Упродовж останнього десятиліття поняття “критично важливої сировини” дедалі більше фігурує в дискусіях щодо економічних, а також екологічних проблем обмеженості ресурсів і в стратегіях, запропонованих для подолання цих обмежень. Швидкий економічний поступ розвиткових країн у поєднанні з поширенням нових технологій зумовили чималий ріст попиту на промислові метали й мінерали як для задоволення загальних потреб у сировині, так і для забезпечення високотехнологічних виробництв різноманітними елементами.

“Критичність” визначається важливістю цієї сировини для майбутнього розвитку та вразливістю шляхів забезпечення нею, що вважається потенційною загрозою для розвитку.

Перші згадки про ризики постачання з'явилися в літературі наприкінці 30-х років і набули популярності в 70-х роках ХХ сторіччя, коли спалахнула нафтова й кобальтова кризи. В останні роки дискусія точиться щодо неенергетичних корисних копалин. Сучасні дослідження, з одного боку, спрямовані на розроблення методів оцінювання критичнос-

ті корисних копалин, а з іншого – вивчають ступінь впливу потенційних перешкод на національну економіку, конкретні галузі або технології. Зокрема, вони мають на меті підготувати обґрунтовані рішення для галузей і виробників, щоб передбачити та пом'якшити негативні наслідки, які може спричинити критичність вхідної сировини, а також рекомендації для політиків і виробників різних галузей під час формування стратегій щодо корисних копалин.

Історичний погляд та стратегії щодо критичної сировини в різних регіонах світу. У минулому, особливо під час індустріалізації, легко простежити випадки, які демонструють різку схожість із нинішньою ситуацією щодо критичної сировини, хоча самого терміна тоді не використовували. Зокрема, проблему дефіциту деревини й переходу на вкопне паливо формували поняттями, подібними до головних аспектів сучасного поняття “критичність”. Також це стосувалося і менш популярної сировини, як-от вапняк, що, можливо, була такою ж важливою для індустріалізації, як і вкопне вугілля. По суті, надання “критичності” певним матеріалам є засобом проблематизації цієї сировини й має давню історію [5].

На межі XX ст. виробники заліза й сталі намагалися здобути контроль над усім ланцюгом постачання і виробництва сировини, але стикнулися з проблемою забезпечення підприємств вапняком. Було виявлено, що ризики постачання полягають не в загальній доступності матеріалу, а у фактичному доступі до родовищ та обмеженості можливого видобутку. Згідно з чинними на той час законами, право на видобуток вапняку, на відміну від усіх інших матеріалів, використовуваних у виробництві заліза й сталі, надавали лише землевласники. Зазвичай площа покладу була у власності кількох користувачів, тому видобуток здійснювався лише фрагментарно й у невеликих об'ємах. У цій ситуації слушним рішенням вважалося усунення меж для розширення пропонування, а не заміщення. Для цього зацікавлені компанії почали зіставляти геологічні дані з інформацією про власників землі та створювати організаційні структури, які б забезпечували масштабну експлуатацію вапняку. Компанії скуповували великі сусідні ділянки землі, на яких можна було проектувати та вводити в експлуатацію великі й механізовані кар'єри.

Отже, у випадку з деревиною рішенням була адаптація нового матеріалу – заміщення викопним вугіллям, а от у випадку з вапняком зміни технологічної системи були зумовлені потребою дістати доступ до матеріалу. Однак таке порівняння демонструє, що питання критичності викликало та пришвидшило гнучкість в обох технологічних системах, хоча й у різних варіаціях.

Державні та приватні фінансові інститути дещо по-різному визначають поняття “критичної сировини”, але базові принципи дефіциту наявності та складнощів логістики постачання під час його характеристики є визначальними.

Під час визначення поняття “критичної сировини” треба комплексно розглядати ланцюг ключових критеріїв (параметрів), наприкінці якого формується перелік елементів, сировини, що підпадає під визначення зазначеного поняття.

Під час візуалізації ланцюга формування поняття “критичної сировини” розглядаються три взаємозалежні стадії визначення: мінерально-сировинна база – параметри визначення – перелік критичної сировини.

Критичність оцінюють на різних рівнях: для конкретного продукту, технології, компанії, країни або регіону, або навіть на глобальному рівні. Також критичність сировини можна розглядати в короткостроковій перспективі (наприклад, кілька років) або в довгостроковій перспективі (кілька десятиліть). Методи встановлення критичності використовують широкий вибір показників для описування різних чинників, включно з геологічними, технологічними, геополітичними, соціальними та екологічними. Через різноманітні перспективи та спонування до проведення таких досліджень у світі є істотні розбіжності в процесах ідентифікації критично важливих сировинних матеріалів (CRM) та їхніх результатах.

Попри подібні цілі, наявні стратегії щодо критичної сировини відрізняються в різних регіонах. Спробуємо пояснити, чому різні регіони світу по-різному реагували на глобальну проблему забезпечення стабільного постачання важливих мінералів, зокрема рідкісних земель [3]. Зазвичай вони відрізняються за своїми осередками. Стратегічні цілі – результат процесів, що залежать від національних інтересів, забезпеченості ресурсами та історичного досвіду в боротьбі з ризиком постачання. Проте інституційні зміни також мають велике значення для розуміння міждержавних відмінностей у формуванні політики. Вони охоплюють правову систему, відкритість адміністративної та політичної систем, роль кон-

сультацій і посередницьких відносин. Інституційні чинники фіксуються через поняття “політичний стиль”, яке стверджує, що країни розробили відмітні способи досягнення подібних цілей і стандартів через правові традиції, політичні структури, промислову організацію та культурні традиції.

Kumai. Китай вийшов на ринок рідкісних земель у 50-х роках XX сторіччя, коли компанія Baotou Iron and Steel Company розпочала розробку родовищ заліза в Баян Обо (Внутрішня Монголія), де рідкісні землі були супутнім компонентом. Проте на початку 70-х років Сяю Гуансянь, також відомий як батько китайської хімії рідкісних земель, розробив новий метод вилучення рідкісноземельних елементів, що сприяло широкомасштабному видобутку рідкісних земель у Китаї. Після перехідного періоду наприкінці 80-х – на початку 90-х років Китай вийшов на перше місце у світовому виробництві рідкісних земель і поступово зміцнював своє монопольне становище впродовж наступних двох десятиліть. У 2009 році країна здобула абсолютну монополію й дістала 98 % частки ринку, яка відтоді дещо зменшується. Цей успіх часто пояснюється дешевою робочою силою Китаю та нижчими регуляторними витратами, а також сприятливими покладами рідкісних земель за кількістю, розмірами та вмістом у важкій формі. Щоб захистити свою промислову модернізацію та притримати рідкісні землі для власних потреб, Китай більш як два десятиліття тому оголосив рідкісні землі “захищеними та стратегічними матеріалами”. На додаток до цього було запроваджено таку промислову політику: іноземним компаніям заборонили брати участь у будь-якій частині ланцюга постачання, крім створення спільних підприємств з вітчизняними компаніями; як вітчизняні, так і спільні підприємства підпадали під виробничі та експортні квоти; державний контроль підсилювався через об'єднання кількох компаній в одну “мегакомпанію”; заборону нових ліцензій на видобуток рідкісних земель і ліквідацію контрабанди; було запропоновано створити спільну платформу ціноутворення та національну систему ціноутворення; для боротьби із перевиробництвом і зростанням ціни Китай підтримував добровільне зупинення виробництва і вирішив створити великі стратегічні запаси. Сукупно ця протекціоністська політика демонструє чітке узгодження політики Китаю щодо природних ресурсів з національними інтересами модернізації промисловості та створення конкурентних переваг для вітчизняних підприємств.

Окрім того, що Китай є акціонером іноземних компаній, він також пропонує гранти й позики іншим країнам в обмін на доступ до їхньої сировини.

Сполучені Штати Америки. У США мінеральна сировина як чинник національної безпеки вже давно викликала занепокоєння влади. Наприклад, на початку XIX сторіччя в певний період був ризик залишитися без свинцю для куль. Під час Другої світової та Корейської війн також гостро бракувало матеріалів, що сприяло формуванню так званих запасів національної оборони. Теперішній запас стратегічних і важливих корисних копалин та матеріалів розроблено для вирішення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з проблемами національної безпеки та оборони; на початковому етапі він не створювався як економічний запас.

Термін “критичний матеріал” уперше введено наприкінці 30-х років XX сторіччя в межах Закону “Про запаси стратегічних і критичних матеріалів”. Також у ті роки був створений Національний центр стратегічних запасів, що вважається наріжним каменем американської політики щодо корисних копалин.

Керує ним Оборонне логістичне агентство США, покликане забезпечувати військові та життєво важливі цивільні потреби під час національної надзвичайної ситуації. Натомість економічні запаси призначені для усунення тимчасових перебоїв надходження корисних копалин.

Чинну на сьогодні Стратегію критичних матеріалів (U.S. Department of Energy Critical Materials Strategy) розробило у 2010 році Міністерство енергетики США. Вона ґрунтується на трьох принципах. Перший стосується диверсифікації ланцюгів постачання через сприяння видобутку й переробки в США та заохочує знаходити додаткові джерела постачання в усьому світі. Другий пов'язаний з науково-дослідними розробками в галузі заміни матеріалів і технологій для задоволення матеріальних потреб економіки чистої енергії. У третьому йдеться про дослідження процесів переробки разом з розробленням політики, що сприятиме цій переробці, а також повторному та ефективнішому використанню критично важливих матеріалів.

Вдосконалення процесу надання дозволів на експлуатацію важливих корисних копалин, гарантування фінансової допомоги для внутрішнього виробництва та переробки, а також розвиток знань, збір інформації і накопичення запасів розглядаються як найважливіші напрями політики.

Що стосується збору інформації, то Геологічна служба США (USGS) надає через свої щорічники корисних копалин і товарних зведень найвичерпніші вітчизняні та міжнародні дані про неенергетичні корисні копалини, відомості про внутрішній та міжнародний видобуток і виробництво, споживання, використання технологій та інші ринкові тенденції, зокрема й для рідкісних земель. Крім цього, Міністерство оборони також взаємодіє із зацікавленими сторонами через різні технічні семінари для ліпшого розуміння сучасних тенденцій у видобутку та споживанні важливих корисних копалин.

Європейський Союз. На відміну від США, виробництво металевих корисних копалин в ЄС було історично на низькому рівні, згодом лише зменшувалося, а нині становить 3 % світового виробництва. Це пов'язано з вичерпанням перспективних внутрішніх родовищ, зменшенням обсягів розвідки та розробки нових родовищ, обмеженням доступу до родовищ корисних копалин через брак політики планування та запровадження екологічних стандартів, а також недостатній розвиток нових технологій розвідки, видобутку та переробки сировини. Зрештою ці події призвели до збільшення залежності від інших держав через імпорту корисних копалин, частка яких нині перевищує 80 %, і в підсумку робить Європу вразливішою до зовнішніх подій. Дискусію про безпеку постачання сировини в Європу розпочато у звіті Співтовариства про постачання сировини, опублікованому в 1975 році. У ньому вказано на потребу підтримати доступ до джерел постачання з розвиткових країн для задоволення виробничих потреб і зміцнення потенціалу економічного розвитку європейських країн. Звіт підтвердив нагальність формування загальних керівних принципів у межах Співтовариства, оскільки масштаби гарантування безпеки постачання були надто великими, щоб їх можна було вирішити на рівні окремих держав-учасниць. Було закликано до координації діяльності на різних рівнях та ініціювання спільних проєктів.

У 2008 році Європейський Союз започаткував Ініціативу важливої сировини (Raw Materials Initiative), що стала основною платформою для зацікавлених осіб щодо формування послідовної стратегії довгострокового постачання неенергетичної сировини в контексті промислової політики ЄС.

Ініціатива об'єднує представників промисловості, державних служб, наукових кіл і неурядових організацій для розв'язання проблем, пов'язаних з неенергетичною несіельськогосподарською сировиною. Ініціатива важливої сировини побудована на трьох правилах. Перше уможливує доступ до сировини на світових ринках, що передбачає активну сировинну дипломатію та керування зовнішньою політикою, діалогом з розвитковими країнами, багатими на ресурси.

Друге правило Ініціативи встановлює рамкові умови в межах Європейського Союзу для сприяння сталому постачанню сировини з європейських джерел. Серед найактуальніших питань – доступ до землі, впорядкування процесу отримання дозволів на видобуток корисних копалин на території держав-учасниць та державне фінансування розвідки.

Що стосується накопичення запасів, то це не є частиною європейської мінеральної стратегії. Хоча деякі країни ЄС мають досвід накопичення критично важливих ресурсів, нині жодна з них, наприклад, не дбає про запаси рідкісних земель. На противагу цьому, головна увага зосереджується на створенні бази даних про родовища корисних копалин та з'ясуванні взаємозв'язку між національними геологічними дослідженнями, щоб визначити внутрішні джерела постачання корисних копалин.

Третє правило Ініціативи спонукає зменшити споживання сировини через первинну ефективність, переробку, заміну та збільшення використання поновної сировини.

Головними параметрами, що використовуються для визначення критичності матеріалу в ЄС, є [6]:

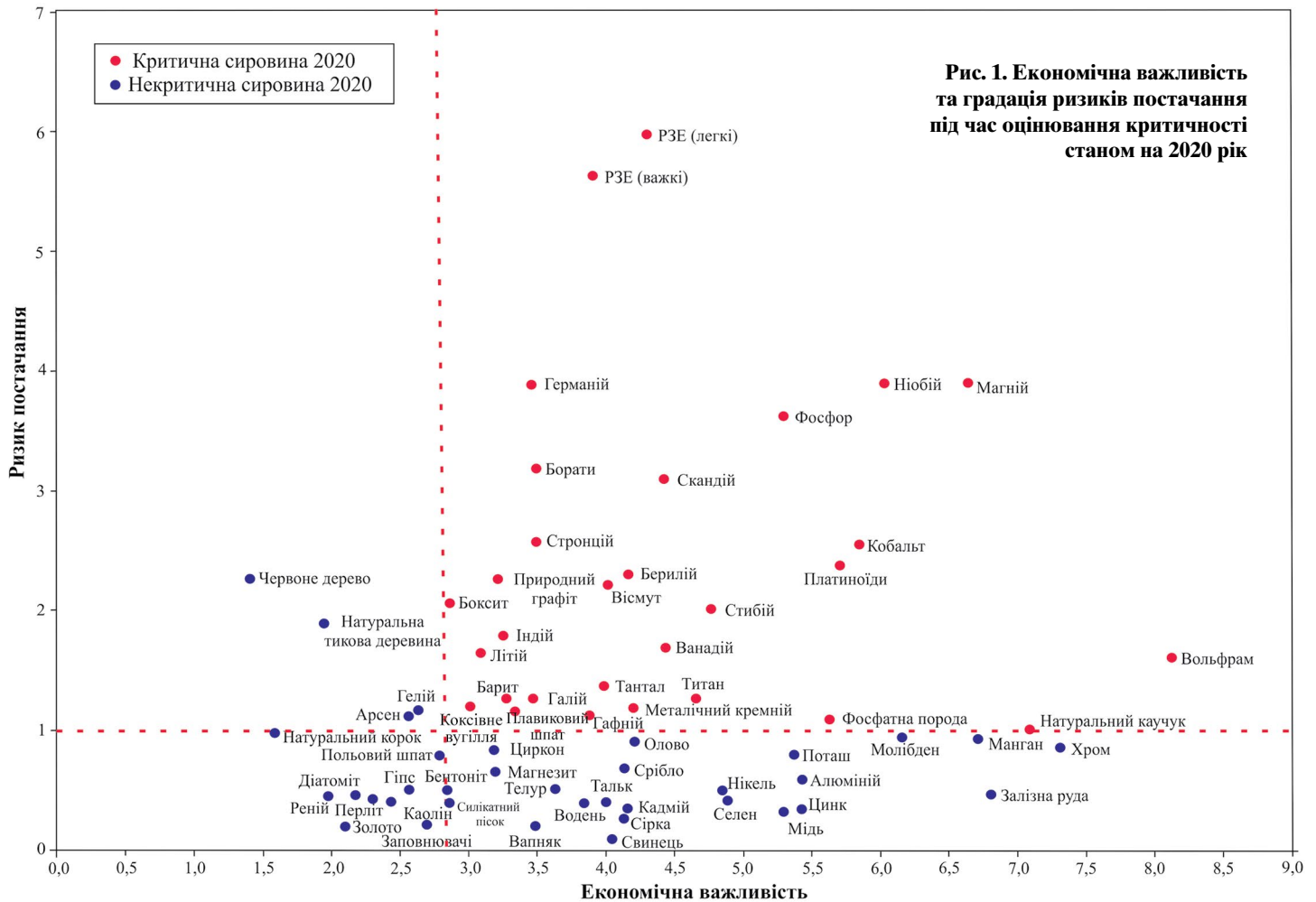
– Економічна важливість – засвідчує потрібність матеріалу для економіки ЄС з погляду програм кінцевого використання та цінності для відповідних виробничих секторів ЄС на рівні Загальної галузевої класифікації видів економічної діяльності в межах Європейського Союзу (*Nomenclature generale des Activites economiques dans la Communaute Europeenne* – NACE). Економічна важливість коригується за допомогою індексу заміщення (substitution index – SIEI), пов'язаного з технічними та економічними показниками заміників для окремих галузей використання.

– Ризик постачання – показує ризик перебоїв з постачанням матеріалів у ЄС. Він ґрунтується на концентрації первинних постачань із країн – виробників сировини, з огляду на їхню ефективність керування та торгові аспекти. Зважаючи на залежність ЄС від імпорту (*import reliance* (IR)), пропорційно беруть до уваги дві групи країн-виробників – глобальні постачальники та країни, у яких ЄС отримує сировину. Ризик постачання визначається на стадії так званого вузького місця матеріалу (видобуток або переробка), що представляє найвищий ризик постачання для ЄС. Пошук заміника та переробка вважаються заходами зменшення ризику.

Перший список критичних матеріалів опубліковано 2011 року. Він містив 14 позицій.

На сьогодні спеціальна Комісія оцінює критичність щодо широкого спектра неенергетичної та несіельськогосподарської сировини на рівні ЄС. Оцінювання критичності у 2020 році охоплює більшу кількість матеріалів, ніж у попередні роки: 83 окремі матеріали або 66 матеріалів-кандидатів, а саме: 63 окремі та три згруповані матеріали (десять окремих важких рідкісно-земельних елементів (РЗЕ), п'ять легких РЗЕ та п'ять металів платинової групи). Також було оцінено п'ять нових матеріалів (арсен, кадмій, стронцій, цирконій і водень) (рис. 1).

Японія. Японія, подібно до ЄС, історично була країною з бідними ресурсами, що залежала від імпорту нафти, газу та



різних корисних копалин. Проте, на відміну від Європи, що потребувала імпорту рідкісних земель переважно для технологій кінцевого виробництва вітрогенераторів, транспортних засобів або, економіка Японії суттєво залежить від переробки рідкісних земель у метали та сплави, а також від виробництва та експорту складників і продуктів з високою доданою вартістю, для яких рідкісні землі слугують вихідним матеріалом.

Японська мінеральна стратегія бере свій початок з економічної війни проти Японії під час Другої світової війни. Американське ембарго на чавун і нафту підсилило імпорتنу залежність Японії від залізної руди з Китаю і Кореї та змусило її активно використовувати свої величезні запаси сировини. Це поступово призвело до дефіциту сталі, нафти й вугілля, що було згубним для виробництва озброєння в Японії, а тому негативно вплинуло на її здатність підтримувати військові операції. На додаток до цього уряд Японії визначив стабільність постачання імпорتنих ресурсів головною метою своєї енергетичної політики.

У 2006 році японське Міністерство економіки, торгівлі та промисловості затвердило Нову національну енергетичну стратегію, однією з цілей якої було підсилення ресурсної дипломатії, енергетичної та екологічної співпраці завдяки стратегічному використанню офіційної допомоги в розвитку та сприянню взаємним інвестиціям, а також через освоєння закордонних ресурсів і диверсифікацію джерел постачання. Крім того, Стратегічний енергетичний план 2007 року, який згодом було переглянуто у 2010 та 2014 роках, передбачав

переробку та накопичення рідкісних металів, а також розвідку морського дна.

Перша засаднича ідея національної стратегії спрямована на диверсифікацію джерел постачання за допомогою стратегічної дипломатії ресурсів. Основними завданнями уряду в цьому плані є сприяння обміну технологіями, розбудові інфраструктури й енергетичної співпраці за допомогою двосторонніх і багатосторонніх торгових угод, які слугуватимуть цілям розвитку багатих на ресурси країн і одночасно забезпечуватимуть Японії доступ до сировини. Утилізація брухту й задавнених продуктів — друга підвалина японської стратегії корисних копалин, що передбачає вдосконалення наявних процесів переробки та сприяння науково-дослідним роботам у сфері технологій. Окрім прагнення збільшити первинне та вторинне постачання, Японія також заохочує використання альтернативних матеріалів, щоб підтримувати свою конкурентоспроможність і розвивати нові галузі. Останнє опертя японської мінеральної стратегії стосується накопичення стратегічних критичних матеріалів для захисту від ризику короткострокового постачання і як доповнення до середньотривалих довгострокових стратегій, охоплених попередніми головними напрямками.

Австралія. Австралія є ще однією зацікавленою стороною в межах дискусії щодо мінеральних стратегій, проте не з погляду країни-споживача, а як одного з найбільших експортерів у всьому світі. Експорт корисних копалин Австралії становить приблизно 60 % вартості товарів і послуг та 10 % ВВП країни.

Країна тримає світову першість у сфері видобутку залізної руди, нікелю, алюмінію, золота та вугілля, а от розвідка й видобуток рідкісних земель історично були менш значущими. Австралійські родовища рідкісних земель виявлено переважно внаслідок розвідки урану й торію. Проте підвищення цін на метали в перші роки нового тисячоліття відродило інтерес до розвідки рідкісних земель.

Для Австралії рідкісні землі – важливі корисні копалини з високим ресурсним потенціалом (на основі доступності й собівартості продукції та оцінок світового попиту). Отже, сама критичність не є проблемою для країни, оскільки вона порівняно невеликий споживач корисних копалин. Тому її політика спрямована на вище зазначені частини ланцюга постачання, як-от гірничодобувна промисловість і виробництво. Головною метою політики щодо корисних копалин є розширення сировинної бази Австралії і підвищення міжнародної конкурентоспроможності та стійкості ресурсного сектору.

Ресурси критичної сировини на території України. Нині ЄС імпортує багато видів потрібної критичної мінеральної сировини й вивчає способи отримання її не лише в межах ЄС, а й сусідніх країн. Запроваджена 2008 року Ініціатива важливої сировини вказує на те, що саме доступність мінеральної сировини є визначальною для функціонування економіки ЄС, тому забезпечення надійного й неупередженого доступу до корисних копалин стає дедалі важливішим чинником конкурентоспроможності ЄС. Україна належить до регіонів світу, надзвичайно багатих на мінеральні ресурси. Якщо проаналізувати дані Державного балансу запасів корисних копалин і наявних проявів України та порівняти їх з представленими в таблиці критичними для Європейського союзу позиціями (див. рис. 1) [4], то можна стверджувати про певний ресурсний потенціал нашої держави, що дає змогу налагодити видобуток і постачання переважної більшості визначених елементів.

Руди рідкісних металів. Україна має чималі запаси й перспективні та прогностичні ресурси рідкісних металів. Рідкіснометалеві руди і рудопрояви в Україні розміщуються в межах трьох субпровінцій – північно-західній, центральній та південно-східній частинах Українського щита (УЩ). За запасами й перспективними ресурсами низка рідкіснометалевих родовищ України належить до середніх і великих.

До унікальних і великих родовищ належать передусім такі: Пержанське родовище берилію, Азовське родовище рідкісних земель і цирконію, Мазурівське – ніобію, танталу й цирконію, Полохівське родовище літію, Мостове – танталу, Новопопелівське – комплексних фосфорно-рідкісноземельно-рідкіснометалевих руд та ін.

Особливе значення має Пержанське родовище берилію, що відкрите в Олевському районі Житомирської області. Родовище унікальне за якістю та масштабами руд. Усього в межах Пержанського берилієвого родовища (розвіданої його частини) вивчено 75 рудних тіл, щодо яких підраховано запаси промислових категорій.

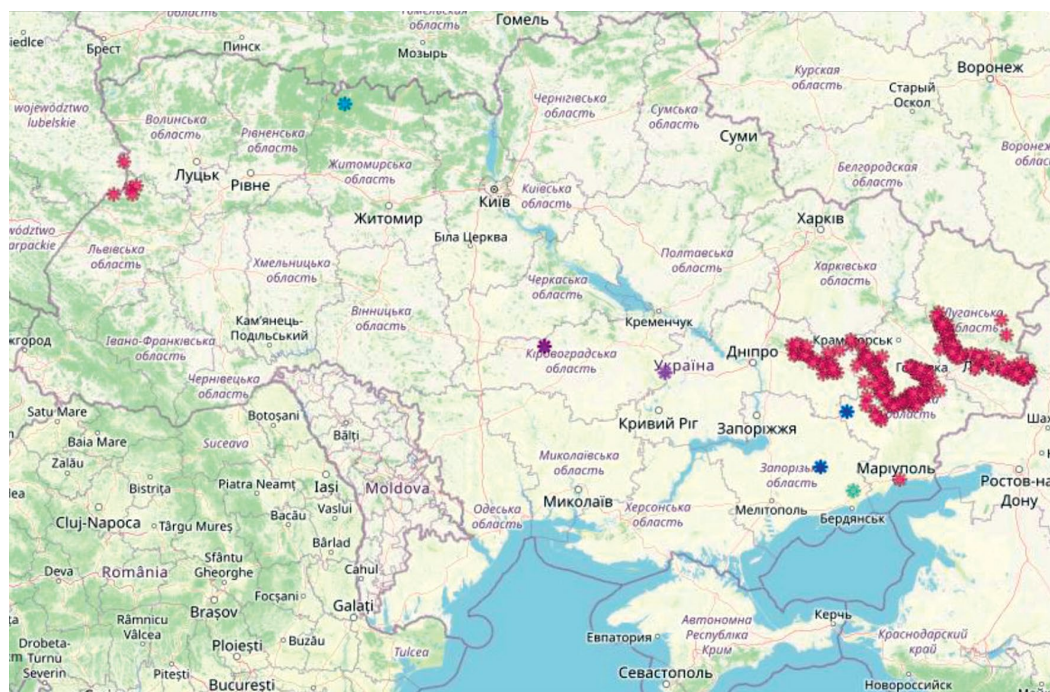
За вмістом основного берилієвого мінералу руди родовища представлені двома типами: гентгельвіновим і фенакітовим.

Завдяки останнім геологічним дослідженням вдалося виокремити Пержанський рудний район, у межах якого, окрім Пержанського родовища берилію, зосереджені родовища металів стратегічного значення: Ястребецьке рідкісноземельне й цирконієве, Центральне – ітродіориту, Юр'ївське – апатит-ільменітове, Суцанське – дистену, а також розсипи колумбіту та каситериту.

Пержанський рудний район, як великий геологічний об'єкт, за сучасними уявленнями відповідає найбільшим рудним районам світу. Розвідані запаси промислових категорій дають змогу проектувати довгострокове гірничозбагачувальне підприємство та розвивати його на основі наявних великих перспектив приросту запасів, які можна буде

реалізувати в найближчі строки. Надійним резервом дальшого розвитку й розширення експлуатаційного потенціалу підприємства, після повернення капітальних вкладень, є фенакітові руди. Отже, Пержанське родовище – високорентабельний об'єкт для освоєння, що має великі резерви розширення і розвитку гірничодобувного підприємства (рис. 2).

Ванадій на території України в промислових концентраціях виявлений в ільменітах апатит-ільменітових родовищ (корінних і корі вивітрювання), ільменітових розсипах та в корінних уран-ванадій-скандієвих рудах на УЩ, а також у бурих залізняках Керченської групи родовищ. В Україні концентратів ванадію не ви-



Умовні позначення:

- Руди стронцію
- Руди петалітові
- Руди гентгельвінові
- Германій
- Руди літію
- Руди ванадію
- Руди танталітові пегматитів

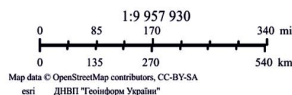


Рис. 2. Карта родовищ і проявів руд рідкісних металів України [2]

робляють, потреби в народному господарстві задовольняють завдяки імпорту.

Державним балансом запасів корисних копалин України враховуються запаси ванадію (в перерахунку на п'ятиокис) за двадцятьма комплексними родовищами. Станом на 1.01.2018 р. балансові запаси п'ятиокису ванадію становлять 333 тис. т.

З вторинних сировинних джерел ванадію на максимальну увагу заслуговують відходи українських нафтопереробних і титанових підприємств, а також золи ТЕЦ і ТЕС, особливо тих, що працюють на мазутах. Відходи Запорізького титано-магнієвого комбінату містять 0,1–2,0 % V_2O_5 , тож на комбінаті створюють устаткування з вилучення ванадію та інших компонентів, продуктивністю до 30 т V_2O_5 на рік. Промислові розчини і “червоні шлами” Миколаївського глиноземного заводу, що переробляє боксити, і Дніпровського алюмінієвого заводу також містять V_2O_5 . На Запорізькому алюмінієвому заводі вже функціонує цех з перероблення алюмосилікатних розчинів з виробництвом до 100 т V_2O_5 на рік.

В Україні промислові запаси берилію приурочені до УЩ (Суцано-Пержанська тектонічна зона). Пержанське родовище берилію поки що єдине у світі, на якому промислові концентрації берилію пов'язані з гентгельвіном. Гентгельвінові руди характеризуються високою якістю за вмістом берилію та ступенем збагачення, і за цими показниками вони перевершують усі відомі промислові типи руд берилію. Родовище має великі запаси із середнім умістом BeO 0,55 %. Руди порівняно легко збагачуються, вилучення берилію в концентрат досягає 85–90 %. Родовище детально розвідане й підготовлене до експлуатації з потенційно високою рентабельністю розробки – понад 30 %. За масштабами, якістю та новими типами зрудиння родовище належить до унікальних у світі.

Серед інших районів треба зазначити зону зчленування УЩ і Донбасу, де берилієва мінералізація пов'язана з калішпатизованими лужними породами. У Приазовському блоці УЩ – пов'язана з гранітними пегматитами західної частини Приазов'я. На Волині відомі гранітні пегматити, у яких кристали берилу вилучуються з міаролових порожнин [1]. Загальні запаси оксиду берилію в Україні сягають близько 66 тис. т.

За розвіданими запасами й перспективними та прогнозними ресурсами літію Україна чи не найбагатша в Європі, адже може не тільки повністю задовольнити потреби вітчизняного виробництва, а й попит європейського сировинного ринку. Ідеться про пегматитові родовища різного ступеня вивчення: Шевченківське (сподуменові руди), Полохівське (петалітові руди), Станкуватське (сподумен-пелітові руди), Балка Крута (комплексні рідкіснометалеві руди), а також численні рудопрояви цього типу. Крім того, літій у складі слюдистих мінералів із вмістом окису літію в межах 0,2–0,6 % утворює великі скупчення на Донбасі.

Шевченківське родовище – це серія стрімко спадних пегматитових жил сподумен-альбітового типу. Рудні тіла завдовжки 600–700 м мають потужність у середньому 40 м. За підрахованими запасами окису літію родовище є великим. Уміст окису літію – у межах 1,1–1,5 %. Більша частина літію пов'язана зі сподуменом і незначною мірою (3,7 % від загального вмісту) – з петалітом. Розроблено схему збагачення, за якою вилучення сподумену відбувається в межах 88–92 %. У середньому загальний вихід концентрату становить 22,8 %. Середній уміст окису літію в концентраті – 4,9 %.

Полохівське родовище петалітових руд розміщується в районі з розвинутою інфраструктурою в територіальній близькості до гірничопромислових підприємств “Схід ГЗК”,

і під час розробки родовища можливе використання всієї інфраструктури Смолінського рудника. Продуктивні рудні зони являють собою натрій-літєві пегматити, що залягають у гранітах, перекриваються пухкими теригенними відкладами мезо-кайнозойського чохла та корою вивітрювання.

У межах північно-західного флангу Липнязької купольної структури виявлене потужне Станкуватське рудне поле, де головним рудним мінералом є сподумен, загальні ресурси оксиду літію перевищують 1,5 млн т і наявні можливості супутнього видобутку танталу, ніобію, рубідію, цезію, берилію та олова.

На території України германій наявний у кам'яновугільних родовищах Донецького й Львівсько-Волинського басейнів. Основним джерелом германію в Україні є вугілля Донбасу. Вилучення германію з вугілля можливе на спеціальному устаткуванні коксохімічного виробництва. Вугілля має вміст германію від 1 г/т до 23 г/т. Проте промислове вилучення германію в Україні не здійснюється з 1991 року. Можливе забезпечення потреби в германії завдяки використанню золи енергетичного вугілля. Балансові запаси германію у вугіллі України станом на 1.01.2018 р. становлять 91,7 тис. т.

Запаси гафнію (“гафнієва земля” – HfO_2) визначають відповідно до запасів цирконію в співвідношенні 1:50. Майже весь гафній нині отримують як продукт очищення реакторного цирконію [1]. В Україні запаси оксиду гафнію в цирконі враховуються лише за Малишівським комплексним розсипним циркон-рутил-ільменітовим родовищем, що розміщується в Дніпропетровській області. Запаси родовища підраховані й затверджені ДКЗ України щодо таких корисних копалин, як двоокис титану й цирконію, двоокис гафнію, п'ятиокис танталу, ніобій, ванадій, триоксид скандію, дистен і силіманіт, ставроліт, формувальні піски. З огляду на запаси двоокису титану та двоокису цирконію, це найбільше розсипне родовище не тільки в Україні, а й у межах колишнього Союзу, а за наявністю корисних компонентів воно унікальне. Продуктивна товща представлена дрібнозернистими пісками неогену. Родовище експлуатують з 1961 р. відкритим способом. До складу комбінату входять кар'єри, збагачувальна фабрика, три металургійні цехи та цілий комплекс цехів і заводських служб. У 2017 р. на родовищі було видобуто 4164,7 тис. м³ пісків, оксиду гафнію в них – 349,7 т. Станом на 1.01.2018 р. запаси оксиду гафнію становлять 13,6 тис. т, а перспективи їхнього наращування оцінюють у 100 тис. т. В Україні виробляється 30 тис. т/рік цирконового концентрату як супутнього компонента під час видобутку й переробки комплексних цирконій-титанових розсипних родовищ, а також комплексних циркон-рідкіснометалевих, циркон-рідкісноземельних корінних родовищ і циркононосних кір вивітрювання. Обсяги цих родовищ забезпечують усі потреби України в цирконії і гафнії, а також дають змогу постачати сировину на експорт. Видобування гафнію й його переробка в Україні завершуються на стадії одержання чистого металевого гафнію, але технології виготовлення виробів з гафнію в Україні немає. З березня 2018 року на ВП “Дніпродзержинський хімічний завод” започаткували перероблення гафнійумісної сировини, що являє собою гідроксид гафнію з високим (до 10 %) умістом сульфатів. Нову технологію впроваджено у виробництво гафній-нікелевої лігатури [7].

Тантал і ніобій на території України виявлено в комплексних родовищах і рудопроявах центральної, південно-східної та північно-західної частин УЩ. На північному заході УЩ виявлено тантал-ніобієві руди в асоціації з ітрієм, цирконі-

єм та оловом, де вони тяжіють до рідкіснометалевих метасоматитів і пегматитів. У центральній частині УЩ виявлено рідкіснометалевий Шполянсько-Ташлицький район з родовищами заміщених літієвих пегматитів, у складі яких наявні тантало-ніобати. У північно-східній частині Приазовського блока УЩ розвідане Шевченківське родовище сподуменових руд, на якому, крім основного компонента – оксиду літію в рудних пегматитових жилах, встановлено тантал-ніобієву мінералізацію. У Приазов'ї виявлено та з різним ступенем детальності розвідано родовища Новопопелівське (рудноносні карбонатити) і Мазурівське (рідкіснометалеві нефелінові сієніти і метасоматити) з доволі потужними запасами танталу й ніобію, тож на базі Мазурівського родовища, зокрема, може працювати рідкіснометалевий ГЗК з переробною потужністю до 15 млн т руди на рік. Державним балансом запасів корисних копалин України запаси п'ятиоксиду танталу й ніобію обліковуються за двома комплексними родовищами – розсипним циркон-рутил-ільменітовим Малишівським (тантал і ніобій, що містяться в ільменіті й рутилі, в умовах наявної технології експлуатації не вилучаються з концентратів і повністю втрачаються) і корінним апатит-рідкіснометалевим Новопопелівським. Переважна частина ніобію в ньому пов'язана з фергусонітом і гатчетолітом. Масова частка в карбонатитах п'ятиоксиду танталу й ніобію становить відповідно 0,002–0,003 і 0,06–0,3 % для суми РЗЕ від 0,17 до 4,6 %.

Україна має істотні мінерально-ресурсні можливості щодо скандію. Концентрація цього елемента зосереджена в ільменітових і титаномagnetитових рудах, залізистих бокситах, корі вивітрювання і розсипах. Скандій містять піроксени, амфіболи, ільменіт, титаномagnetит. Запаси скандію оцінено в чотирьох комплексних родовищах: Жовторічанському (метасоматити), Стремигородському, Торчинському (корінні апатит-титаномagnetит-ільменітові руди і їхні кори вивітрювання) і Злобичському розсипному родовищі ільменіту. Чималі ресурси скандію зосереджені в розсипних ільменітових і рутил-циркон-ільменітових родовищах Волинського й Правобережного районів. З концентратів ільменіту, титаномagnetиту, циркону й рутилу, що містять скандій у звичайних для цих мінералів кількостях (0,1–0,4 %), його можна вилучати за одним заходом на робочих підприємствах України. Технологію вилучення скандію з ільменітів запроваджено в металургійну промисловість. Скандієві рудні тіла Жовторічанського родовища локалізовані в ореолах натрієвого метасоматозу, з яким генетично пов'язане уранове зрудення. Загальна потужність тектонометасоматичних зон сягає десятків метрів, протяжність перевищує 1 км. За обсягами запасів скандію родовище є унікальним. Скандієві руди полімінеральні й містять у промислових кількостях Sc, V, Zr, TR, P і U.

У відходах Запорізького титаномagnetієвого комбінату міститься понад 40 г/т скандію, який можна вилучати водним відмиванням з дальшою екстракцією. Під час перероблення бокситів на Миколаївському глиноземному заводі щороку серед відходів утворюється приблизно 1,4 млн т червоних шлаків, що містять у середньому 50 г/т скандію. Мінерально-сировинні ресурси скандію в надрах України є одними з найбільших у світі, а наявні гірничодобувні й переробні потужності надають змогу повністю забезпечити вітчизняні потреби в скандії й постачати його на експорт.

На території України *стронцій* (отриманий із celestину) уперше виявлено в Передкарпатському крайовому прогині в рудах Подорожнянського родовища сірки у Львівській області. Запаси сірчаних руд родовища повністю відпрацьовано в 1985 р.,

стронцію із сірчаних руд не вилучали. Держбалансом запаси стронцію обліковуються за Новопопелівським апатит-рідкіснометалевим родовищем. Стронцій є супутнім компонентом і міститься як ізоморфні домішки в апатитових рудах і комплексних рідкіснометалевих концентратах. Родовище повністю підготовлене до експлуатації. У разі його відпрацювання запаси стронцію, як і інших супровідних елементів, належать до видобувних. Станом на 1.01.2018 р. запаси стронцію (SrO) становлять 950 тис. т.

У геологічних комплексах України встановлено кілька сотень об'єктів концентрації рідкісноземельних елементів (від родовищ до рудопоявів), які наразі вивчено різною мірою. Велика їхня частина локалізована на УЩ і в суміжних з ним структурах. У межах Приазовського блока УЩ розвинені різноманітні лужні й сублужні магматичні породи з рідкіснометалевою спеціалізацією. До найважливіших і найліпше вивчених належить Азовське цирконій-рідкісноземельне промислове родовище. Рудноносним є сієнітовий масив площею приблизно 20 км. Рудні тіла містять $TR_2O_3 = 0,02\text{--}9,92\%$, у середньому 0,088–1,822 %, разом із $ZrO = 0,02\text{--}27,12\%$ вміщують елементи церієвої групи 0,017–8,299 % та ітрієвої – 0,003–1,628 %. Великі ресурси зосереджені в корі вивітрювання. У технологічному плані можливе отримання бритолітового, цирконового й польовошпатового концентратів. У цьому районі рідкісноземельні концентрації ще пов'язані з жильними карбонат-флюоритовими проявами – Петрово-Гнутівським, Піщевикським та ін. Мало вивчені рідкісноземельні рудопояви в масивах лужних гранітів Приазов'я, а також прибережно-морські, елювіальні й алювіальні розсипи монациту. У Приазов'ї в пухких відкладах виявлено прояви кулариту (Eu-монацита) з умістом особливо дефіцитних самарію, європію, гадолінію. Руди фосфорно-рідкіснометалевого Новопопелівського в карбонатитах і комплексного рідкіснометалевого Мазурівського родовищ також можуть стати джерелом супутнього постачання рідкісноземельних елементів. Район загалом має унікальні запаси й великі перспективні та прогностичні ресурси рідкісноземельних елементів, однак тут різко переважають концентрації церієвих елементів над ітрієвими, хоча в низці об'єктів, зокрема в пегматитах родовища Крута Балка, вони є.

На північному заході УЩ розміщується Ястребецьке флюорит-рідкісноземельне родовище, локалізоване в сієнітовому масиві підвищеної лужності. У його південно-західній частині залягає ізометричне рудне тіло діаметром 500 м з украленнями й гніздами циркону, тантало-ніобатів, ітрофлюориту тощо. Загальний уміст рідкісноземельних елементів сягає 0,3 %. Співвідношення ітрію до церію 0,5:0,7. У цьому районі встановлені й інші рідкіснометалеві й рідкісноземельні рудопояви в грейзенізованих породах з умістом рідкісноземельних елементів на рівні 1,5 %.

Руди кольорових металів. Україна має чималі запаси кольорових металів та в майбутньому може стати провідним постачальником цієї сировини на світовий ринок (рис. 3). За кількістю покладів деяких зі згаданих металів Україна посідає перше місце у світі, геологічні поклади інших потребують дальшого вивчення і залучення інвестицій.

Україна має найбільші в Європі запаси й ресурси титану. Зокрема, з різним рівнем деталізації розвідано 26 родовищ титанових руд і ще 48 родовищ мають лише попередню оцінку позабалансових запасів і ресурсів титану. Державним балансом запасів корисних копалин враховано 15 родовищ титану (з них 4 розробляють), які розміщуються в межах



Рис. 3. Карта родовищ і проявів руд кольорових металів України [2]

Київської, Дніпропетровської, Харківської і Донецької областей. Родовища титанових руд представлені корінними, залишковими й розсипними типами. Основною мінеральною базою титану є ільменітові й комплексні рутил-циркон-ільменітові розсипи кайнозою. Корінні руди пов'язані з інтрузіями олівінових габроїдів. Невеликі дайки або штоки приурочені до зон глибинних розломів. Уміст ільменіту в них досягає 25 %, апатиту – 12 %.

Залишкові родовища просторово й генетично пов'язані з рами вивітрювання основних порід. Потужність рудного шару досягає 25–30 м, уміст ільменіту 150–200 кг/м³. Крім ільменіту, наявний апатит. Серед розсипів ільменіту вирізняються алювіальні (Іршанське родовище та ін.) і прибережно-морські (Малишівське родовище). Алювіальні розсипи мають протяжність до кількох кілометрів. Продуктивний шар (потужністю до 10 м) містить до 300 кг/м³ ільменіту. Для прибережно-морських розсипів характерні шаруваті або лінзуваті рудні поклади, потужність яких сягає кількох метрів, а протяжність — кількох десятків кілометрів. Продуктивний шар складений кварцовими пісками. Крім лейкоксенованого ільменіту, наявні рутил і циркон.

Наприкінці XX ст. встановлені й оцінені великі обсяги перспективних ресурсів титану, сума яких щодо запасів промислових руд України становить 215 %. Уміст ільменіту в них досягає 25 %, апатиту – 12 %. В Україні розміщується найбільше в Європі Стремигородське корінне родовище, яке є комплексним і містить 131 млн т ільменіту. За оцінками світових експертів, українські поклади ільменіту за розміром займають десяте місце у світі (1 % від світових запасів), а рутилу – п'яте (6 % від світових запасів). Водночас Україна входить до семи найбільших виробників ільменіту й рутилу у світі. Титанова сировина переважно “бідна” й “убога” за вмістом, з високою

мінливістю багатокомпонентного мінерального складу. Україна виробляє ільменітові й рутилові концентрати, двоокис титану, титанову губку, металевий титан і вироби з нього. Виробничі, трудові та екологічні ресурси в Україні, потрібні для титанової промисловості, дотепер цілком конкурентні.

Прояви *стибію* на території України тісно пов'язані з родовищами ртуті Донбасу (Микитівське рудне поле), проте вміст стибію в рудах низький (0,4–1 %), технології добування не розроблено, що не давало змоги вилучати стибію навіть як супутній елемент разом зі ртуттю, родовище якої внаслідок виснаження запасів багатих руд 1995 року припинили експлуатувати. Але відомо, що 3 т руди Микитівського родовища містило 2 т стибію, який потрапляв разом з недогарками виробництва ртуті у відвали, які натеper поки що не вивчено.

На території України балансові запаси *кобальту* обліковуються за одинадцятьма комплексними силікатно-нікелевими родовищами, що його вміщують, і становлять 9,85 тис. т, позабалансові запаси – ще 8 тис. т. З 2001 по 2011 рр. ТОВ “Побузький феронікелевий комбінат” розробляв ділянки “Західна” та “Шкільна” Липовеньківського родовища. Кобальт із сирови руди вилучався разом з нікелем у вигляді феронікелю. Проте з феронікелю не вилучався і за наявної технології весь втрачався – розсіювався у виплавленій сталі, сплавах, а також залишався у техногенних відходах.

На початку 90-х років проведено пошуково-оцінювальні роботи на сульфідний нікель у межах Прутівського сульфідно-мідно-нікелевого рудопрояву, що розміщується в Житомирській області. На кобальт під час попередніх економічних розрахунків доцільності розробки родовища не зважали, оскільки на той час не було ефективної технології його вилучення з колективного (сульфідно-нікелевого) концентрату.

На території України промислових родовищ *вольфраму* не виявлено, немає також промислових концентрацій вольфраму і в рудах родовищ інших корисних копалин як супутнього компонента. Водночас перспективи є, оскільки під час проведення пошукових робіт в об'ємуванні Липнязького гранітного купола на території поширення рудоносних порід площею 10 км² підрховано прогнозні ресурси вольфраму. На Новостанкуватському рудопрояві вольфраму прогнозні ресурси за кат. Р₃ становлять майже 90 тис. т (вміст WO₃ – 0,177 %), на Лутківському – 2 тис. т (вміст WO₃ – 0,217 %), на Скарновому – 4 тис. т (вміст WO₃ – 0,185 %). Мінералогічним аналізом встановлений шееліт.

У межах Кічків-Новоселівського рудного поля за геохімічними даними виявлений Вербовий рудопрояв вольфраму,

що містить три продуктивні зони з рудними тілами вольфраму по бортовому вмісту WO_3 – 0,15 %. Потужність вольфрамових рудних тіл коливається від 1 до 14 м. Глибина залягання рудних тіл становить від 61 до 113 м. Середньозважений вміст триоксиду вольфраму на Вербовому рудопрояві становить 0,245 %, максимальний вміст – 1,2359 %. Мінеральної форми вольфраму не встановлено. На південний захід від с. Червоне Криворізького району Дніпропетровської області простежено й оконтурено зону молібденового зруденіння, у межах якої чітко спостерігається вольфрамова мінералізація в шеелітах. Уміст WO_3 дуже нерівномірний, від часток % до 0,7 %. Супутні компоненти, як-от мідь, вісмут, вольфрам, вилучаються в колективний концентрат.

Метали платинової групи (МПП). Планомірних геологорозвідувальних робіт на платинове зруденіння в межах України майже не проводили. На території України поки не виявлено родовищ і перспективних рудопроявів платини і платиноїдів. Крім того, наразі немає надійної аналітичної бази визначення вмісту металів платинової групи. На підставі спорадичних лабораторних аналізів і дослідження геологічних ознак поширення родовищ цих металів у світі до перспективних геологічних об'єктів на виявлення МПП в Україні належать такі: 1) мафіт-ультрамафітові комплекси в докембрії УЩ; 2) альпінотипні гіпербазити Карпат; 3) рифейські трапові формації Волині з проявами самородної міді; 4) ультрамафітові й залізорудні формації Кривбасу; 5) калішпатові рідкіснометалеві-рідкісноземельні метасоматити центральної і північно-західної частини УЩ; 6) березит-лиственітові золотоносні метасоматити в зеленокам'яних структурах Середнього Придніпров'я; 7) рудоносні скарни Середнього Побужжя; 8) вугленосні, червоноколірні відклади й метасоматити Донбасу; 9) кори вивітрювання над базит-ультрабазитовими масивами УЩ; 10) платинодоносні розсипи.

Підвищені концентрації металів платинової групи, зокрема від 0,5 до 2,8–4,9 г/т платини, виявлені в Прутівському, Железняківському і Кам'янському масивах. Для дунітів і аподунітових серпентинітів Північнотернуватського маси-

ву встановлений максимальний уміст платини (до 0,3 г/т) і паладію (до 0,18 г/т). У мафіт-ультрамафітових комплексах Середньопридніпровського мегаблока фіксується високий уміст Os (до 4 г/т), Ir (0,1–0,45 г/т), Ru (0,5–1,0 г/т), Rh (0,13–0,25 г/т). Дослідження Сурського, Чортотлицького й Білозірського районів, де поширені березити, що вміщують золото й молібден, виявили переважну кількість паладію (концентрація від 0,01 до 1,0 г/т). На Бобриківському родовищі в окремих пробах підтверджений уміст паладію до 2 г/т, однак наявності платиноїдів у рудах систематично не вивчали.

Неметалеві корисні копалини. Це найпоширеніша група корисних копалин на території України.

Природний графіт – за кількістю графітових родовищ та виявленими запасами Україна посідає одне з провідних місць у світі. Родовища кристалічного графіту створюють Українську графітоносну провінцію, до якої входять чотири графітоносні регіони. Всього на території провінції виявлено приблизно 100 родовищ і проявів графіту. В Україні станом на 1 січня 2018 р. обліковано шість родовищ графіту, розробляється з них одне (рис. 4). Балансові запаси графіту становлять 17 356,6 тис. т. Глибина залягання графітових руд від поверхні – 10–80 м. Графітумісні породи створюють шаруваті й лінзуваті тіла завтовшки від перших метрів до 300 м. Довжина рудних тіл коливається від 500 до 1500 м, іноді досягає 3,5–5 км. Графіт лускатий, уміст його в рудах від 2,5 до 12–20 %, іноді – 30 %.

Графіт в Україні добувають з 1931 р. на Заваллівському графітовому комбінаті (Кіровоградська обл.). В останні роки потужності комбінату, що перевищують 40 тис. т графіту на рік, використовуються на 15–25 %. До складу комбінату входять кар'єри з видобутку руди (графіт у руді груболускуватий з розміром лусок 2–4 мм, розподілений досить рівномірно), збагачувальна фабрика, цехи хімічного збагачення графіту, колоїдно-графітних препаратів, мастильно-охолоджувальних рідин та ін. Після подрібнення та флотаційного збагачення концентрат графіту містить приблизно 85–92 % вуглецю, а після хімічного збагачення – 99,0–99,9 %. Наразі тривають

роботи із залучення до експлуатації Балахівського родовища (Кіровоградська область), яке було попередньо розвідане в 1992 р., і Буртинського родовища (Городнявська ділянка) у Хмельницькій області, що детально розвідане у 2004 р.

На території України поклади *баритових руд* відомі в Карпатській міжгірській западині та в зоні зчленування Донецької складчастої споруди з УЩ. У Карпатській міжгірській западині баритові руди трапляються в межах Березівського рудного району. У 1964 р. розвідано комплексне Біганське родовище сульфідно-баритових руд у Май-

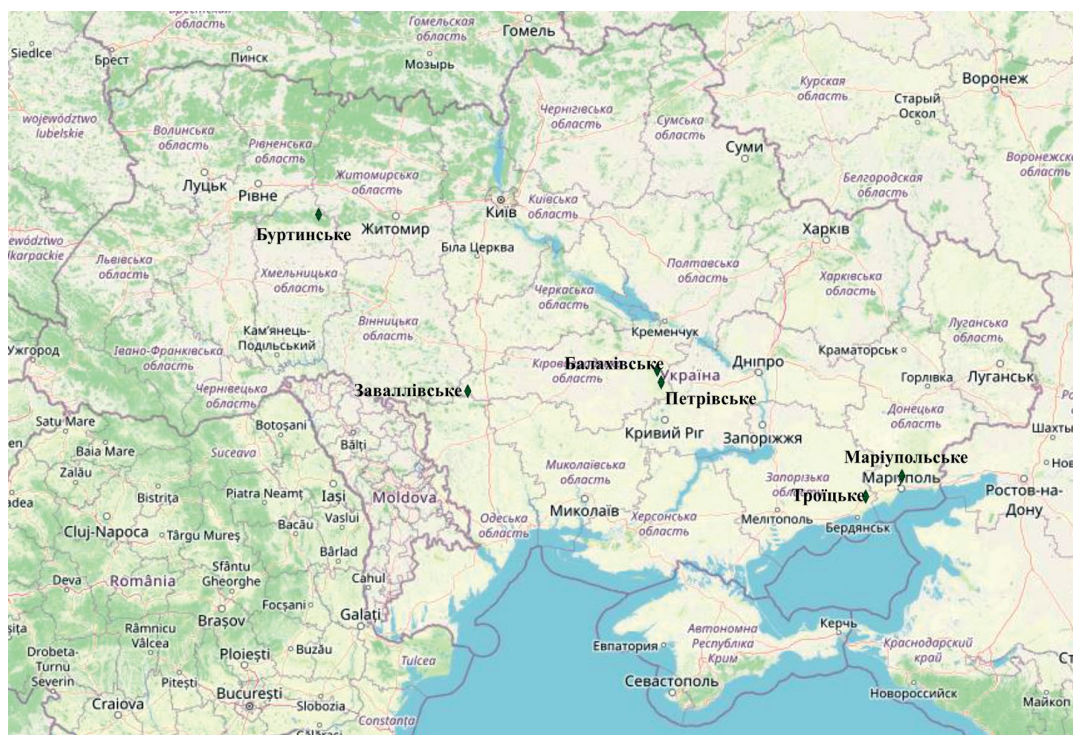


Рис. 4. Карта родовищ природного графіту на території України [2]

ський рудний зоні. Методом гравітації з баритових руд отримано концентрат з умістом бариту 92–98 %. Видобуток баритових руд до позначки +110 м можливий за допомогою штолень, для розроблення нижніх горизонтів треба споруджувати шахту. Можливий супутній видобуток алуніту, свинцево-цинкових руд із золотом і сріблом. На верхніх горизонтах та поблизу Берегівського золото-поліметалевого родовища розвинена баритова мінералізація. Виявлені кварц-баритові жили з умістом BaSO_4 від 17,8 до 60 % (Кухля, Мужієво). Є прояви в інших регіонах.

Згідно з Державним балансом запасів корисних копалин України балансові запаси баритових руд за категоріями В+С₁ становлять 2522 тис. т і за категорією С₂ – 415 тис. т, що затверджені ДКЗ СРСР. Середній уміст сульфату барію – 38 %.

На території України відомо приблизно 60 проявів бору, виявлених у межах північно-західної частини Донецької складчастої споруди, Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ), Передкарпатського прогину, Причорноморської западини та Інгуло-Кубанського прогину. На північно-західній околиці Донбасу (Бахмутська котловина) прояви бору пов'язані з гіпсо-доломітовими й соленосними покладами пермського віку. У ДДЗ боропрояви пов'язані з відкладами кам'яної солі та мінеральними джерелами, де вміст B_2O_3 незначний і переважно коливається від слідів до 0,3 %. У межах Передкарпатського прогину бор наявний у соленосних покладах, у природних розсолах і мінеральних джерелах та водах нафтових родовищ, пов'язаних з цими покладами. У Причорноморській западині боропрояви пов'язані з донними відкладами й ропою озер і лиманів узбережжя Чорного й Азовського морів. Зазвичай уміст B_2O_3 непромисловий. У межах Інгуло-Кубанського крайового прогину боропрояви приурочені до грязьових сопкок Керченського півострова. На Керченському півострові виявлені перспективні на пошуки бору ділянки у водах озер і сопоквих брекчіях, як-от Булганацька, Тарханкутська, Приозерна, Михайлівська, Малобабицька, Єнакіївська, Джорджівська, Солдатсько-Слобідська, Сент-Елійська та інші. Вміст B_2O_3 в породах на окремих сопках – від 0,26 до 30 %. Запаси підраховано

наприкінці 50-х років ХХ сторіччя лише на Булганацькому (B_2O_3 – 53,7 тис. т за кат. В+С₁) і Тарханкутському (B_2O_3 – 8,7 тис. т за кат. В) родовищах. Із сопкової гряди й донних відкладів солоних озер вилучення бору не перевищує 60 %. Через складність технологічного перероблення сировини запаси класифіковано як позабалансові й не затверджено.

Плавииковий шпат (флюорит). В Україні поклади плавиикового шпату відомі в зоні зчленування УЩ з ДДЗ (Покрово-Кирейівське родовище, Докучаївський, Каракубський, Новотроїцький прояви), на Поділлі (Бахтинське родовище, Новоселківський, Сказинецький, Посухівський, Перекоринський, Ізраїльський, Могилів-Подільський, Мільківський прояви), у Сущано-Пержанській зоні (прояв Центральний), у Кіровоградській зоні (Бобринецький, Компаніївський, Первозванівський прояви) і на Приазов'ї (Константинопольський прояв) (рис. 5).

Згідно з Державним балансом запасів корисних копалин України сумарні запаси плавиикового шпату (CaF_2) загалом по Україні станом на 1.01.2018 року становлять 4076 тис. т, але власного видобутку флюориту поки не започатковано. Використання плавиикового шпату в Україні не перевищує 60 тис. т на рік, з них 25 тис. т використовує металургійна промисловість, потреби України у флюориті задовольняються завдяки імпорту.

На УЩ в східній частині Приазовського блока розвідане Покрово-Кирейівське родовище. Зруденіння зосереджене серед вапняків турнейського ярусу раннього карбону, ускладнених системою розломів субмеридіонального простягання. На глибинах 120–180 м розкриті три поклади флюоритових руд завдовжки до 250 м і потужністю від 4,4 до 70 м, у середньому – 40 м. Уміст CaF_2 у них коливається від 38 до 71 % і в середньому становить 63,9 %. Корінні руди представлені двома підтипами: карбонат-флюоритовим (уміст CaF_2 у середньому 65 %) і карбонат-польовошпат-флюоритовим (середній уміст CaF_2 – 45 %). Текстури руд масивні, смугасті, брекчієподібні, прожилкові. Плавииковий шпат дрібнокристалічний з індивідами до 1 мм, фіолетовий, зрідка – блідо-зелений. Характерна тісна асоціація з кальцитом. Руди вміщують також карбонати, польові шпати (альбіт, калішпат), кварц, серицит, хлорит, каолінит,

кіновар, пірит, галеніт та ін. За сортом вирізняють руди: багаті карбонатно-флюоритові, що не потребують збагачення (CaF_2 – 73–83 %); рядові карбонатно-флюоритові (CaF_2 – 38–71 %) і карбонат-польовошпат-флюоритові (CaF_2 – 54,3 %). Родовище належить до середньотемпературного гідротермально-метасоматичного типу. Запаси родовища становлять майже 1400 тис. т, проте обводненість родовища й дуже складні гірничотехнічні умови унеможливають видобуток.

Бахтинське родовище приурочене до однойменної палеодепресії західного схилу УЩ, яка складена плат-

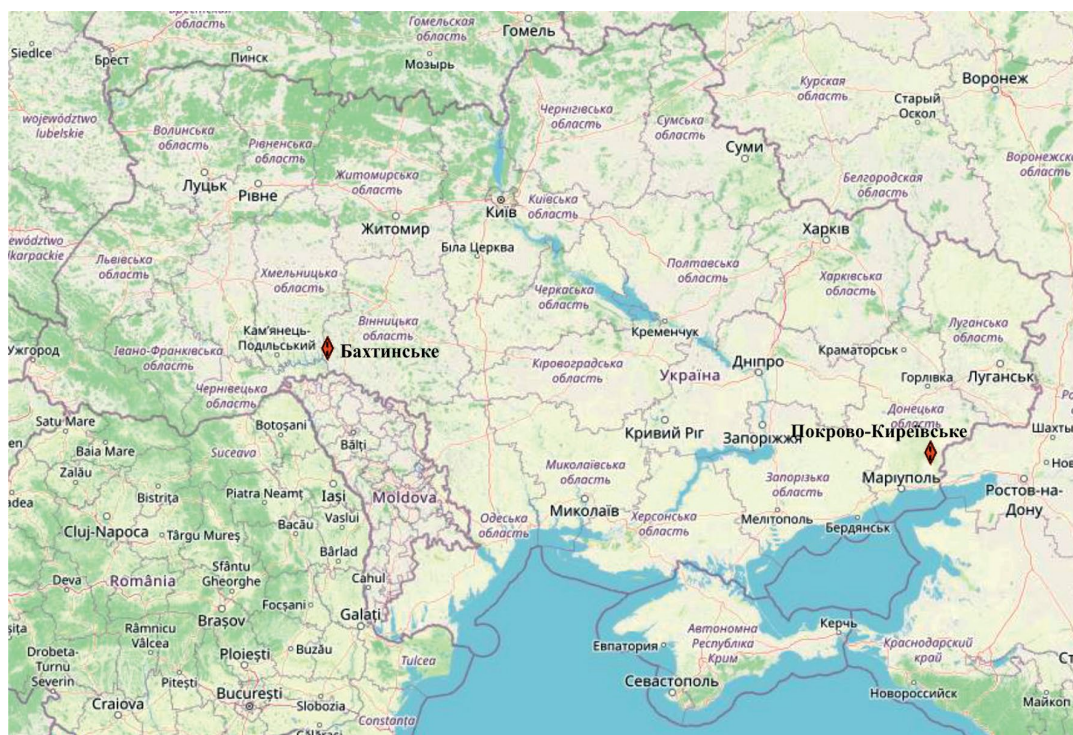


Рис. 5. Карта родовищ плавиикового шпату на території України [2]

формними відкладами рифею і мезокайнозою. Флюоритове зруденіння пов'язане з товщею пісковиків і представлене субгоризонтальними покладами серпуватої та ізометричної форми завдовжки 4–9,4 км і завширшки 1–3,5 км, що залягають на глибині від 21,3 до 118,5 м. Поклади складаються з 20 рудних тіл середньою потужністю 0,75–1,45 м, розміщених кулісоподібно. Руди належать до флюорит-карбонатного типу, вирізняють шарово-вкраплені й прожилкові різновиди. Основні мінерали – флюорит і кальцит. Текстури руд переважно рівномірно вкраплені. Руди бідні, комплексні, без шкідливих домішок, уміст флюориту – від 11,1 до 40,8 % (у середньому – 17,1–20,6 %). Промислове значення мають флюорит, польовий шпат і кварц, з яких можна отримувати високоякісний флюоритовий, керамічний польовошпатовий, кварц-польовошпатовий і кварцовий концентрати. Запаси CaF_2 становлять 2520,8 тис. т і додатково наявні перспективні ресурси руди категорії P_1 – 10,8 млн т.

На північному заході території УЩ рідкіснометалево-флюоритова мінералізація (прояв Центральний) приурочена до грейзенізованих кварц-слюдистих сланців, мігматитів і сієнітів Суцано-Пержанської зони та представлена тілами шаруватої і лінзуватої форм, потужністю від перших сантиметрів до 25 м. Основні мінерали – флюорит, циркон, циртолїт, бастнезит, паризит, монацит, ксенотим. Флюорит утворює гнізда й прожилки у кварц-польовошпатовій масі, його вміст змінюється від перших відсотків до 53,8 % (середній – 28 %). Зазвичай він уміщує приблизно 0,5 % ітрію та рідкісних земель. Ресурси ітрію-флюоритових руд за категорією P_2 становлять 4 млн т.

Державним балансом запасів корисних копалин України обліковується п'ять родовищ та чотири об'єкти *фосфоритових* руд, представлених зернистими фосфоритами, фосфорит-глауконітовими пісками, жовновими фосфоритами та фосфоритумісними залізними рудами (рис. 6).

Сумарні балансові запаси P_2O_5 станом на 1.01.2018 року становлять 15 млн т. Наприкінці 90-х років XX століття розпочато промислове освоєння Карпівського родовища на Південному Донбасі й Милітинського – на Волино-Поділлі. У 2010 році при-
рощено запаси P_2O_5 завдяки двом новим родовищам – В'язова-

тий Яр (Харківська обл.) і Ратнівське (Волинська обл.). Загальні прогнозні ресурси всіх типів родовищ фосфоритів становлять від 2 до 4 млрд т. Отже, Україна має досить потужну сировинну базу фосфатумісної сировини. У промисловій експлуатації перебуває три родовища. Загальна кількість балансових запасів P_2O_5 цих родовищ станом на 1.01.2018 року становить 324 тис. т. Фосфорити залягають серед шаруватих відкладів мергелів, аргілітів, глауконіт-кварцових пісків, зрідка – пісковиків і вапняків у вигляді дрібних конкрецій, жовен, гальки. Потужність продуктивних покладів коливається від 0,5 до 10–15 м, інколи – до 25 м, уміст P_2O_5 у руді коливається від 4,0 до 26,0 %.

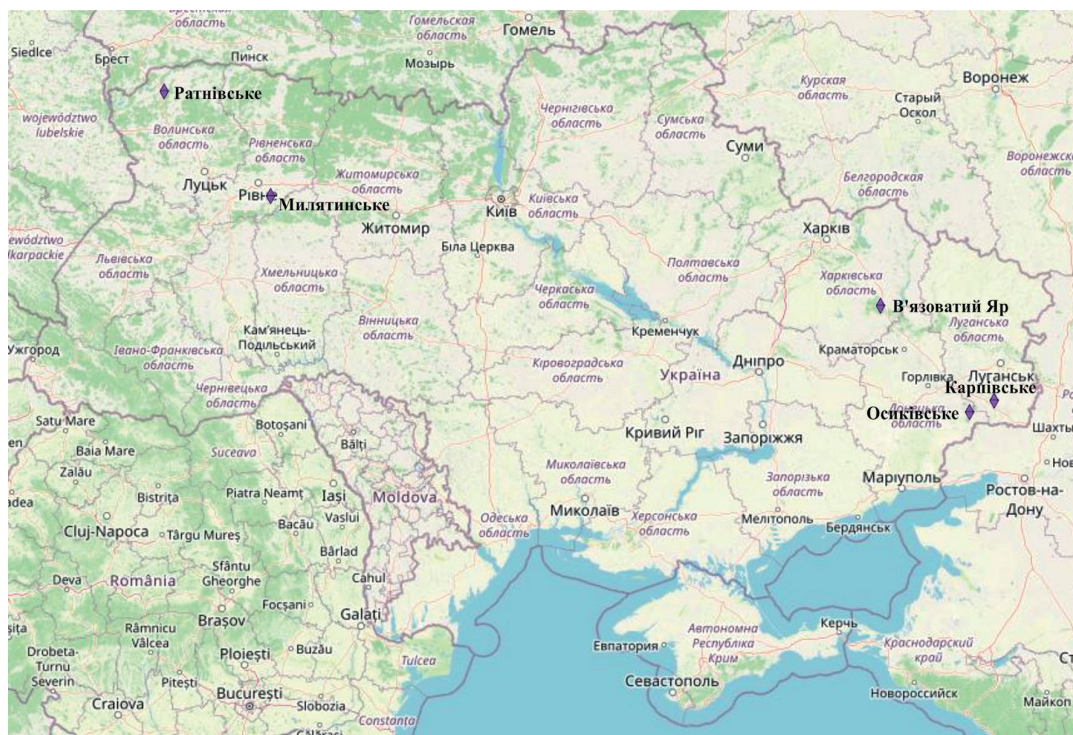
Сировинна база *фосфору* в Україні на сьогодні представлена п'ятьма об'єктами обліку ільменіт-апатитових руд – Кропивнянським, Стремигородським, Торчинським, Федорівським, (Житомирська обл.) і Носачівським (Черкаська обл.), на яких апатит можна добувати як супутню корисну копалину; одним родовищем апатит-рідкіснометальновмісних руд – Новополтавським (Запорізька обл.) і Давидківським родовищем (Житомирська обл.) апатит-ільменітових руд, де апатит досліджено як основну корисну копалину. Усі родовища комплексні, під час розроблення яких передбачається вилучення всіх корисних компонентів. Сумарні балансові запаси P_2O_5 у цих родовищах станом на 1.01.2018 року становлять 96,2 млн т. Переважна кількість запасів апатиту майже повністю зосереджена на двох родовищах – Стремигородському й Новополтавському.

Кремній металевий – в Україні використовуються кварцити, пісковики кварцитоподібні та пісок кварцовий для виробництва вогнетривів, феросплавів і кристалічного кремнію. Державним балансом запасів корисних копалин України станом на 1.01.2018 р. враховано дев'ять родовищ, з них п'ять родовищ кварциту, два – пісковиків кварцитоподібного, два – піску кварцового. Балансові запаси цієї сировини в Україні становлять майже 170 млн т. Розробляють нині чотири родовища. Вміст у кварцитах Товкачівського родовища SiO_2 – 97,28 %, Fe_2O_3 – 0,57 %, Al_2O_3 – 1,3 %. Пісок Красногорівського родовища містить SiO_2 – 96 %, Fe_2O_3 – 0,3 %. Пісковик Баницького родовища – SiO_2 – 99,3 %, Fe_2O_3 – 0,7 %. Продукцію з 1968 р. постачали на Дні-

провський алюмінієвий завод як сировину для виробництва кристалічного кремнію.

Висновки. Критично важлива сировина має величезне значення для вирішення сучасних суспільних викликів і задоволення потреб, як-от перехід до низьковуглецевого виробництва енергії для зменшення кліматичних змін, поновних джерел енергії та екологічної економіки, чистої мобільності й поліпшеного зв'язку. Загальні запаси цієї сировини у первинних родовищах на планеті кількісно обмежені й нерівномірно розподілені, тож потребують чималих зусиль для розвідки та інвестицій в їхню експлуатацію.

Рис. 6. Карта родовищ фосфоритових руд на території України [2]



Більшість розвинених країн світу вже розробила план дій, який зважає на поточні й майбутні виклики та пропонує заходи щодо зменшення їхньої залежності від третіх країн, диверсифікації постачання як з первинних, так і вторинних джерел, а також підвищення ефективності використання ресурсів і кругообігу з одночасним сприянням відповідальному постачанню в усьому світі.

Мінерально-сировинна база України здатна задовольнити не лише потреби національної промисловості, а й сприяти розвитку її експортного потенціалу. Сьогодні важливим є нарощення видобутку так званих критичних матеріалів і створення потужностей для їхнього збагачення і первинного перероблення, адже очікується стрімке зростання попиту на світовому ринку. Також важливо на державному рівні сформувати й узаконити національну стратегію користування надрами та розробити методологію виокремлення критичної мінеральної сировини, ґрунтуючись на найліпших світових практиках.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грінченко О. В., Курило М. В., Михайлов В. А. та ін. Металічні корисні копалини України: Підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2006. – 218 с.
2. Мінеральні ресурси України. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://minerals-ua.info/mapviewer/metali.php>
3. Bartekova E., Kemp R. Critical raw material strategies in different world regions//MERIT Working Papers 2016–005. – United Nations University – Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (MERIT), 2016. Режим доступу: <https://www.merit.unu.edu/publications/working-papers/abstract/?id=5933>
4. European Commission, Study on the EU's list of Critical Raw Materials – Final Report (2020). Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/344124852_Study_on_the_EU's_list_of_Critical_Raw_Materials_2020_Final_Report
5. Haumann S. Towards a Historical Understanding of Critical Raw Materials: Suggestions from a History of Technology Perspective Ecological Perspectives on Science and Society 27(4):373-378. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/8298/1/Haumann%20-%20Towards%20a%20Historical%20Understanding%20of%20Critical%20Raw%20Materials%20%282018%29.pdf>
6. The methodology to identify CRMs. Critical raw materials. Official website of the European Union. Електронний ресурс. Режим доступу: https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en
7. https://www.nfuel.gov.ua/news_482/

REFERENCES

1. Hrinchenko O. V., Kurylo M. V., Mykhailov V. A. et al. Metallic minerals of Ukraine: Textbook. – Kyiv: Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr “Kyivskiy universytet”, 2006. – 218 p. (In Ukrainian).
2. Mineral resources of Ukraine. Electronic resource. Access mode: <http://minerals-ua.info/mapviewer/metali.php> (In Ukrainian).
3. Bartekova E., Kemp R. Critical raw material strategies in different world regions//MERIT Working Papers 2016–005. – United Nations University – Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (MERIT), 2016. Access mode: <https://www.merit.unu.edu/publications/working-papers/abstract/?id=5933>
4. European Commission, Study on the EU's list of Critical Raw Materials – Final Report (2020). Electronic resource. Access mode: https://www.researchgate.net/publication/344124852_Study_on_the_EU's_list_of_Critical_Raw_Materials_2020_Final_Report
5. Haumann S. Towards a Historical Understanding of Critical Raw Materials: Suggestions from a History of Technology Perspective Ecological Perspectives on Science and Society 27(4):373-378. Electronic resource. Access mode: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/8298/1/Haumann%20-%20Towards%20a%20Historical%20Understanding%20of%20Critical%20Raw%20Materials%20%282018%29.pdf>
6. The methodology to identify CRMs. Critical raw materials. Official website of the European Union. Electronic resource. Access mode: https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en
7. https://www.nfuel.gov.ua/news_482/

Рукопис отримано 3.06.2021.



УКРПОШТА
ГОЛОВНА ПОШТА КРАЇНИ

КАТАЛОГ ВИДАнь УКРАЇНИ

ПРЕСА ПОШТОЮ

Шановні читачі!
Державне підприємство з розповсюдження періодичних видань “Преса” повідомляє, що триває передплата на періодичні видання України на 2021 рік.

Передплату можна оформити за Каталогом видань України “Преса поштою”:

- на сайті ДП “Преса” www.presa.ua;
- на сайті АТ “Укрпошта” www.ukrposhta.ua;
- у поштових відділках;
- в операційних залах поштамтів;
- у пунктах приймання передплати.

Журнал
МІНЕРАЛЬНІ
РЕСУРСИ УКРАЇНИ
www.presa.ua





ШАНОВНІ НАУКОВЦІ З ГЕОЛОГІЧНОГО НАПРЯМУ!

Запрошуємо вас до співпраці!
Пропонуємо сторінки нашого видання для висвітлення ваших наукових досліджень.

У 2020 році журнал укотре підтвердив свій **високий науковий рівень**, пройшовши перереєстрацію наукових фахових видань України на підставі рішення атестаційної комісії МОН.

Йому надано категорію “Б” з геологічної (17.03.2020 р.) і технічної (17.03.2020 р.) галузей науки за спеціальностями:

- 103** – науки про Землю,
- 184** – гірництво,
- 185** – нафтогазова інженерія та технології.

Редколегія журналу
“Мінеральні ресурси України”



УДК 550.83:553.495:553.493.5

 <https://doi.org/10.31996/mru.2021.2.15-23>

Г. А. КАЛАШНИК, д-р геол. наук, професор
(Льотна академія Національного авіаційного університету (ЛА НАУ)),
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>

ОСОБЛИВОСТІ МЕТАЛОГЕНІЇ УРАН-ЗОЛОТО ЮР'ІВСЬКОГО УРАНОВОРУДНОГО ПОЛЯ КІРОВОГРАДСЬКОГО РУДНОГО РАЙОНУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

THE FEATURES OF URANIUM-GOLD METALLOGENY OF THE YURIVSKE URANIUM ORE FIELD OF THE KIROVOHRAD ORE DISTRICT OF THE UKRAINIAN SHIELD

Представлені результати дослідження особливостей металогенії уран-золото Юр'ївського урановорудного поля Кіровоградського рудного району Українського щита (УЩ). Показано, що еволюційні металогенічні тренди регіонального рівня території досліджень були зумовлені глибинними чинниками рудоутворення, які визначали металогенічну спеціалізацію (потужність літосфери, ступінь її зрілості), інтенсивність рудоутворення (первинна масштабна сепарація рудогенних компонентів в астеносфері), напрям і склад потоків мантийного спеціалізованого флюїду у верхні частини земної кори (внаслідок масштабного енергомасоперенесення з астеносфери) по розломах транслітосферного проникнення в періоди епох рудоутворення. Внутрішньокорові процеси визначали особливості локалізації рудоконцентрацій на фінальній стадії рудовідкладання. Обґрунтовано критерії зв'язку уран-золото на Юр'ївському родовищі урану й причини роздільного рудоконцентрування цих елементів у період уранового рудогенезу.

Ключові слова: металогенія уран-золото, монометальне зруденіння, мантийні рудогенні компоненти, геохімічні бар'єри, антагонізм окиснювально-відновних умов, Юр'ївське урановорудне поле, Кіровоградський рудний район.

The results of the study of the peculiarities of uranium-gold metallogeny of the Yurivske uranium ore field of the Kirovohrad ore district of the Ukrainian shield are presented. It is shown that evolutionary metallogenic trends at the regional level territory of the study area were primarily due to deep-seated factors of ore formation, which determined metallogenic specialization (thickness of the lithosphere, degree of its maturity), intensity of ore formation (primary large-scale separation of certain ore-generating components in the asthenosphere), direction and composition of mantle flows of specialized fluid into the upper parts of the earth's crust along faults of translithospheric penetration during periods of activation. The processes inside the crust determined the features of the localization of ore concentrations at the final stage of ore deposition. The features of the uranium-gold metallogeny of the Yurivske uranium ore field are due to: 1) the specifics of the deep structure of the central part of the Ingulsk megablock of the Ukrainian shield; 2) the spatial connection of the uranium and gold mineralization separated in time with the same deep faults; 3) the heterogeneity of the granite-gneiss section as a natural framework, and the multiphase hydrothermal-metasomatic processes superimposed on this framework (mainly near faults), which led to ore deposition at geochemical barriers; 4) antagonism of the oxidation-reduction conditions of mineral formation for uranium and gold, which led to their separation, redistribution of gold, and separate final ore deposition of U and Au.

The metasomatic processes accompanying uranium and gold mineralization at the Yurivske uranium ore field are considered. Criteria for the uranium-gold connection at the Yurivske uranium deposit are presented and the reasons for the separate ore concentration of these elements during the period of uranium ore genesis are substantiated.

Keywords: uranium-gold metallogeny, monometal mineralization, mantle ore-generating components, geochemical barriers, antagonism of the oxidation-reduction conditions, Yurivske uranium ore field, Kirovohrad ore district.

Загальна постава проблеми та зв'язок з практичними завданнями

Проведені в 90-х роках ХХ століття дослідження [1] з вивчення ураноносності альбітитів Кіровоградського рудного району дали змогу виявити зони суміщення гіпогенного й різновікового гіпергенного мінералоутворення, що є характерною особливістю ураноносних лужних метасоматитів докембрію. Водночас виконаний у ГРЕ № 37 КП "Кіровгеологія" великий обсяг аналізів хіміко-спектральним методом на золото щодо уранових руд родовищ у середньотемпературних карбонатно-натрієвих метасоматитах Кіровоградського рудного району дав змогу зробити дуже важливий висновок: уранові руди цих родовищ є монометальними і не містять промислових концентрацій золота.

На Юр'ївському родовищі урану в північній його частині золоте зруденіння розміщується на відстані всього 400–750 м від урановорудної зони в аналогічному за складом вміщувальному середовищі. За вертикальним розмахом і уранове, і золоте зруденіння локалізовані в інтервалах глибин до 1 км.

Водночас спостерігається досить суперечливий взаємозв'язок золотого й уранового зруденіння, що ускладнює розшифрування послідовностей процесів мінералоутворення та причин трансформації речовинного складу зон із золотою мінералізацією. Тому науковий інтерес становить вивчення критеріїв зв'язку золотого й уранового зруденіння на Юр'ївському урановорудному полі, що стало результатом потужно проявленого в Кіровоградській урановорудній металогенічній області процесу середньотемпературного карбонатно-натрієвого метасоматозу. З ним пов'язане промислове уранове зруденіння цілої низки родовищ урану метасоматичного геолого-промислового типу в карбонатно-натрієвих метасоматитах Кіровоградського та Криворізького рудних районів. Виявлення особливостей металогенії уран-золото Юр'ївського урановорудного поля Кіровоградського рудного району УЩ дасть змогу ефективніше виконувати комплексну оцінку потенційної ураноносності й золотоносності прогнозних площ.

Огляд публікацій та невирішені частини загальної проблеми

На сьогодні традиційними є уявлення про провідне значення під час формування докембрійських родовищ золота УЩ первинно збагачених цим металом вміщувальних порід.

Особливо широко ці погляди були розвинені стосовно родовищ золота в зеленокам'яних поясах архею, а також стратиформних родовищ палеопротерозою. У деяких публікаціях [11, 17] відображені уявлення дослідників про можливі механізми золоторудного процесу Кіровоградського ураново-золоторудного району. Для Кіровоградської металогенічної області характерне просторове сполучення протерозойських золоторудних об'єктів у регіональних тектонометасоматичних структурах з промисловими родовищами урану, рідкісних і рідкісноземельних металів, заліза, графіту, проявами кімберлітового магматизму [17].

Розглядаючи мантию як основне джерело рудогенних компонентів під час формування великих рудних концентрацій різної металогенічної спеціалізації на верхніх структурних поверхнях земної кори, ми виявили низку глибинних чинників формування великих за запасами родовищ урану [8], U-V-TR-Sc руд [4], Li і Ta-Li руд [3] на УЩ, визначили закономірності формування урановорудних метасоматитів у зв'язку з глибинною будовою літосфери УЩ [5]. З'ясовано [14], що джерелом рудогенних компонентів під час формування промислових родовищ урану в карбонатно-натрієвих метасоматитах Кіровоградського рудного району є мантия. На думку Г. М. Яценко та ін. [17], Клинівське родовище золота, локалізоване в зоні Кіровоградського розлому, пов'язане з мантийними джерелами рудогенних компонентів, розкритими цим розломом. Проникненню рудоносних флюїдів (або флюїдизитів) під час формування Юр'ївського родовища золота, що розміщується в зоні Кіровоградського розлому, також сприяли тектонічні структури, у яких відбувалося метасоматичне й гідротермальне перетворення вміщувальних порід і локалізація руд [17].

Проведене в ГРЕ № 37 КП «Кіровгеологія» опробування й аналіз продуктів натрієвого метасоматозу, проявлених як у гранітоїдах кіровоградського комплексу, так і в гнейсах чечелівської світи, а також потужних зонах серицитизації й окварцювання, що супроводжували ділянки десиліфікованих порід і альбітитів низки родовищ урану Кіровоградського рудного району, дало змогу зафіксувати в низці проб аномальний вміст золота. Зокрема, на Щорсівському та Підгайцівському родовищах урану в кількох свердловинах вміст золота зафіксовано на рівні проявів (0,1–0,4 г/т і вище). У рудних альбітитах приповерхневої зони Новокосятинівського родовища вміст золота сягає 40 мг/т. В ураноносних альбітитах Жовторіченського родовища (Криворізький урановорудний район) виявлено збільшення вмісту золота до 2 г/т. Середній вміст золота в урановорудних карбонатно-натрієвих метасоматитах Кіровоградського рудного району представлений у табл. 1.

Золотоносні концентрації частіше розподілені на периферії родовищ урановорудних альбітитів, зокрема, Центрального, Северинського, Підгайцівського, Новокосятинівського та інших. Родовища Юр'ївське-уранове і Юр'ївське-золоте розміщуються за 6 км одне від одного. Золоторудна мінералізація, так само як і уранова, приурочена до довготривалих тектонометасоматичних прирозломних зон. На Юр'ївському родовищі урану золотоносні зони мають переважно широтне простягання, як і зони уранового зруденіння, золота мінералізація простежена до глибини 1000 м (матеріали КП «Кіровгеологія»). Якщо середній вміст золота в урановорудних апогнейсових альбітитах Юр'ївського родовища урану становить до 45 мг/т, то в зонах збагачення на окремих інтервалах вміст золота підвищується до 10–15 г/т.

Таблиця 1. Середній вміст золота в карбонатно-натрієвих метасоматитах родовищ урану Кіровоградського рудного району (за даними КП «Кіровгеологія»)

Родовища урану	Середній вміст золота, (n·10 ⁻⁷) %
Мічуринське	27,1*
Северинське	19,0*
Підгайцівське	18,0*
Центральне	9,4–12,5**
Юр'ївське	6,2–45,0**
Лелеківське	11,0**
Західноконоплянське	9,1*
Південноконоплянське	8,7*
Новокосятинівське (приповерхнева зона)	11,1–40,0**

Примітки. Кларк вмісту золота в кіровоградських гранітах – $4,5 \cdot 10^{-7}$ %. Вміст золота визначено за допомогою нейтронно-активаційного методу:

* – дані ВІМС,

** – дані ГРЕ № 37 КП «Кіровгеологія»

Проблеми формування золотого зруденіння тісно пов'язані з геохімічними особливостями золота й особливостями його міграції в природних умовах. Базою ефективних прогностно-пошукових моделей промислового зруденіння будь-якої металогенічної спеціалізації є дослідження умов формування родовищ, починаючи від виявлення первинних джерел рудогенних компонентів і умов їхнього концентрування на стадії рудопідготовки [1] до специфіки формування великих рудоконцентрацій на фінальній стадії рудовідкладання.

Золоторудні родовища східного облямування Новоукраїнського масиву (Юр'ївське, Клинівське) монометальні, середні за запасами й роз'єднані в просторі з промисловими родовищами урану в карбонатно-натрієвих метасоматитах, які також є монометальними, але переважно з великими запасами урану [7]. Це яскраво проявлено для просторово зближених Юр'ївського родовища золота і Юр'ївського родовища урану. Є низка комплексних родовищ з промисловими вмістами урану й золота, найвідоміші з яких – Вітватерсранд, Олімпік-Дам, Джабілука (одне з найбільших у світі). Проте дуже мало досліджень, що дають змогу обґрунтувати, у яких випадках можна очікувати комплексних промислових концентрацій урану й золота, а в яких – відбувається їхній розподіл і формування монометальних рудоконцентрацій.

Мета статті

Виявлення особливостей металогенії уран-золото в Юр'ївському урановорудному полі Кіровоградського рудного району УЩ.

Методика досліджень

Для вирішення поставлених завдань використовувався комплекс геофізичних, петрологічних, геохімічних і структурно-геологічних методів досліджень.

Особливості металогенії уран-золото Юр'ївського урановорудного поля Кіровоградського рудного району

На площі Кіровоградського рудного району Юр'ївське урановорудне поле приурочене до східної частини ендоконтакту Новоукраїнського гранітного масиву й гранітогнейсових складчастих структур, що його облямовують (рис. 1). Воно являє собою замкнений простір затокоподібної форми гранітогнейсового контакту між східним контактом Новоукраїнського масиву, Кіровоградсько-Бобринецьким і Сасівським гранітними масивами та гнейсами Приінгульського блока.

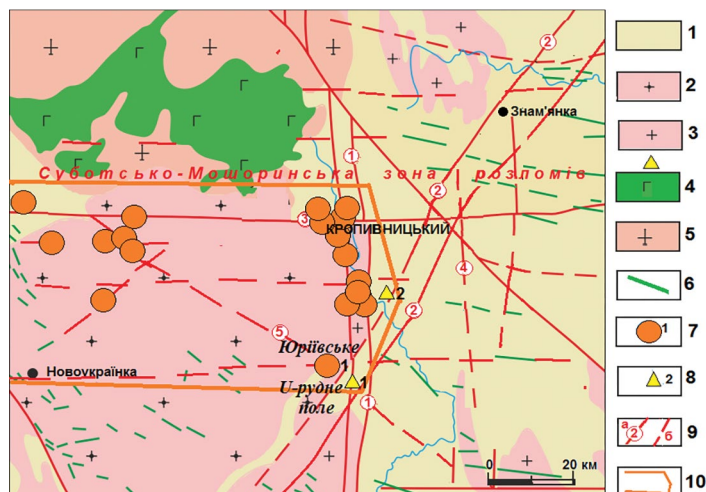


Рис. 1. Геолого-структурна схема розміщення Юр'ївського урановорудного поля Кіровоградського рудного району УЩ (з використанням геолого-формаційної основи Є. М. Лазька та ін., 1991): палеопротерозойські утворення (PR₁): 1 – метаморфізовані осадові й вулканогенно-осадові формації (інгуло-інгулецька серія (PR_{1i})); новоукраїнський комплекс (PR_{1nu}); 2 – формація чарнокітоїдів, трахітоїдних гранітів; кіровоградський комплекс (PR_{1kg}); 3 – формація прогресивних ультраметаморфічних автохтонних і параавтохтонних гранітів; мезопротерозой (PR₂): формація анортозит-рапаківі-гранітна (корсунь-новомиргородський комплекс (PR_{1kn})); 4 – габро-анортозити, 5 – граніти рапаківі та рапаківіподібні; неопротерозойські утворення (PR₃): 6 – дайки діабазу, габро-діабазу та камптоніту; 7 – родовища урану в карбонатно-натрієвих метасоматитах; 1 – Юр'ївське; 8 – родовища золота: Юр'ївське (1), Клинівське (2); 9 – осові лінії розломів: а – провідних (цифри в кружечках): 1 – Кіровоградський, 2 – Софіївсько-Компаніївський, 3 – Суботсько-Мошоринський, 4 – Інгуло-Кам'янський, 5 – Центральний; 6 – другорядних; 10 – контур Кіровоградського рудного району (фрагмент)

Структурний контроль зумовлений потужним тектонічним вузлом, утвореним меридіональною Кіровоградською, широтною Суботсько-Мошоринською зонами розломів, північно-східним Софіївсько-Компаніївським розломом, північно-західним Сусловським розломом, що входить до складу розломної зони Центрального розлому (рис.1).

Для східного облямування Новоукраїнського масиву, як і загалом для Інгульського мегаблока високого ступеня зрілості, характерна максимальна в межах УЩ потужність літосфери, яка в східній частині мегаблока може становити 210–240 км (рис. 2а). Положення Новоукраїнського гранітного масиву на рівні верхньої мантії трасується наявністю неоднорідності з характерним для неї дефіцитом мас, що, вірогідно, зумовило сполучення у фізичних полях Кіровоградського гравітаційного мінімуму, аномалії електропровідності, транскорової акустичної аномалії. Поверхня цієї неоднорідності розміщується на глибині 50–70 км, підоснова – близько 400 км [12].

Контроль Суботсько-Мошоринської і Кіровоградської зон розломів, поряд з іншими розломами, великою мірою визначає характер границі Мохо в Інгульському мегаблоці. Уздовж них відбувається різка зміна потужності земної кори. Металогенія Юр'ївського рудного поля передусім зумовлюється особливостями глибинної будови літосфери центральної частини Інгульського мегаблока УЩ. Смуга східного екзоконтакту масивів новоукраїнських і кіровоградських гранітів, де розміщуються виявлені Лелеківське, Мічуринське і Юр'ївське урановорудні поля, простягається в східній частині зон зміни потужності кори (42–46 км) між Кіровоградським і Центральним розломами з високоамплітудними зсувами границі Мохо вздовж глибинних Суботсько-Мошоринської та Кіровоградської зон розломів (рис. 2б).

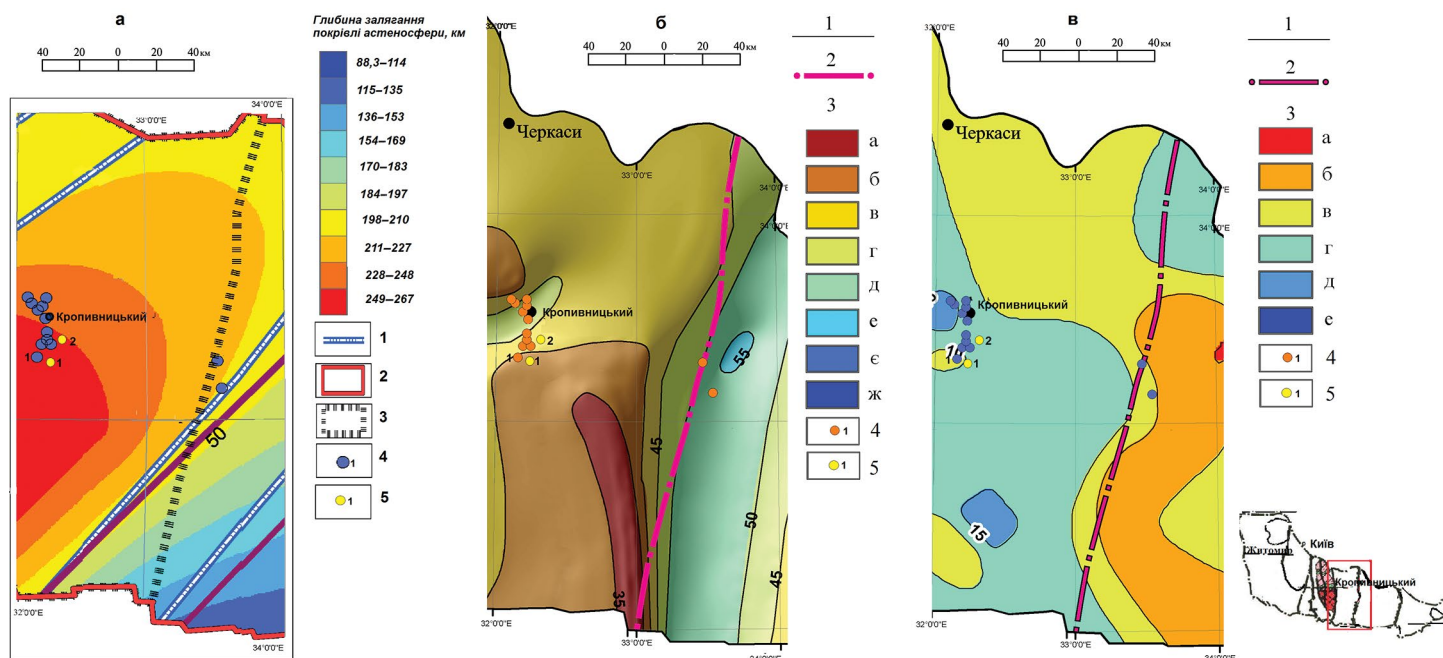


Рис. 2. Схема поверхні астеносфери (за даними В. Б. Соллогуба [13]) (а), карта глибини залягання і рельєфу поверхні Мохо [15] (б), карта потужності гранітогнейсового шару [15], (в) з родовищами золота й урану в межах східної частини Інгульського мегаблока УЩ і суміжних територій
До схеми а: 1 – трансрегіональні мантіїні лінеamenti північно-східного простягання, 2 – контури УЩ, 3 – контур Інгульського мегаблока; 4 – родовища урану в карбонатно-натрієвих метасоматитах: 1 – Юр'ївське (U), 5 – родовища золота: 1 – Юр'ївське (Au); 2 – Клинівське.
До карти б: 1 – ізолінії поверхні Мохо, км; 2 – міжмегаблокові розломи; 3 – шкала глибин, км: а – 33–35; б – 36–40; в – 41–45; г – 46–50; д – 51–55; е – 56–60; ж – 61–65; з – 66–70; 4 – родовища урану в карбонатно-натрієвих метасоматитах: 1 – Юр'ївське (U), 5 – родовища золота: 1 – Юр'ївське (Au); 2 – Клинівське.
До карти в: 1 – ізолінії потужності гранітогнейсового шару, км; 2 – міжмегаблокові розломи УЩ; 3 – шкала потужності, км: а – 0; б – 0,1–5,0; в – 5,1–10,0; г – 10,1–15,0; д – 15,1–20,0; е – 20,1–25,0; 4 – родовища урану в карбонатно-натрієвих метасоматитах: 1 – Юр'ївське (U), 5 – родовища золота: 1 – Юр'ївське (Au); 2 – Клинівське

Схема потужності гранітогнейсового шару відбиває латеральну мінливість ступеня зрілості кори. За цим показником рівня мантійного енергомасоперенесення Юр'ївське рудне поле приурочене до зони максимальної й підвищеної потужності гранітогнейсового шару до 10–15 км і вище (рис. 2в).

Юр'ївське урановорудне поле просторово збігається з південним бортом широтного мантійного прогину, контрольованого Суботсько-Мошоринською зоною розломів, у якому зосереджені всі родовища урану Кіровоградського рудного району (рис. 2б). Уздовж Суботсько-Мошоринського широтного розлому відбувається амплітудне (на 4–5 км) зміщення поверхні Мохо, з наявністю різко окреслених градієнтних зон кутів нахилу поверхні Мохо (до 27,8–54,3°) (рис. 3).

Юр'ївське урановорудне поле чітко пов'язане з неоднорідностями субширотного й субмеридіонального простягання, виявленими на поверхні Мохо (рис. 3а), “базальтового” (рис. 3б) і “діоритового” (рис. 3в) шарів. Для тектонічного вузла, до якого приурочене Юр'ївське рудне поле, характерним є істотний зсув транслітосферних проникних зон від границі Мохо до денної поверхні з потужним ускладненням структурних форм на рівнях “базальтового” й “діоритового” шарів (рис. 3). Це об'єктивно діагностується локальними зонами проникнення складної конфігурації з істотним просторовим зсувом окремих фрагментів Кіровоградської зони розломів. Вузли перетину широтних, діагональних і субмеридіональних розломів забезпечували максимальну проникність і були шляхами руху мантійних ураноносних флюїдів, агентами зв'язку верхньої частини земної кори з астеносферними первинними джерелами рудогенних компонентів. Характер анізотропії середовища й неоднорідностей на поверхнях Мохо, базальтового й діоритового шарів

у межах проєкції Юр'ївського рудного поля підсилюється в напрямку до денної поверхні (рис. 3). Зазначені ознаки свідчать про наявність транспортних каналів для підняття ураноносних флюїдів і водночас виконання умови зміни ступеня проникності різноглибинних шарів кори, що полягає у фрагментарній відносній закритості розломних зон на верхніх горизонтах (через зміщення й ускладнення конфігурації зон проникності), потрібній для формування масштабного уранового зруденіння в карбонатно-натрієвих метасоматитах унаслідок процесу експлозивного гідророзриву [9].

Отже, позиція Юр'ївського рудного поля з промисловим урановим зруденінням у карбонатно-натрієвих метасоматитах зумовлена сукупністю низки сприятливих глибинних чинників промислового уранового зруденіння [8].

Юр'ївське урановорудне поле накладається на сформоване раніше єдине Компаніївське золоторудне поле й ділить його на дві частини – західну (із Західноюр'ївським рудопроявом золота) і східну з Юр'ївським (раніше Східним) золоторудним родовищем і Сасівським рудопроявом золото-кварцової малосульфідної формації. На це вказують фрагменти золоторудних процесів у межах Юр'ївського урановорудного поля, у межах Юр'ївського родовища урану з винесенням золоторудних компонентів у східну й західну частини рудного поля (рис. 4). Урановорудний процес у межах єдиного Компаніївського золоторудного поля має підпорядковане значення за масштабністю (менше ніж 30 % площі району) (рис. 4) і за продуктивністю (менше ніж 5 % загальних запасів Кіровоградського урановорудного району).

Під час виокремлення контуру Юр'ївського урановорудного поля виходили такі показники: 1) розподіл урану; 2) $(K_2O + Na_2O)/K_2O \times Na_2O$ – комплексний показник натрієвого метасоматозу для оконтурювання карбонатно-

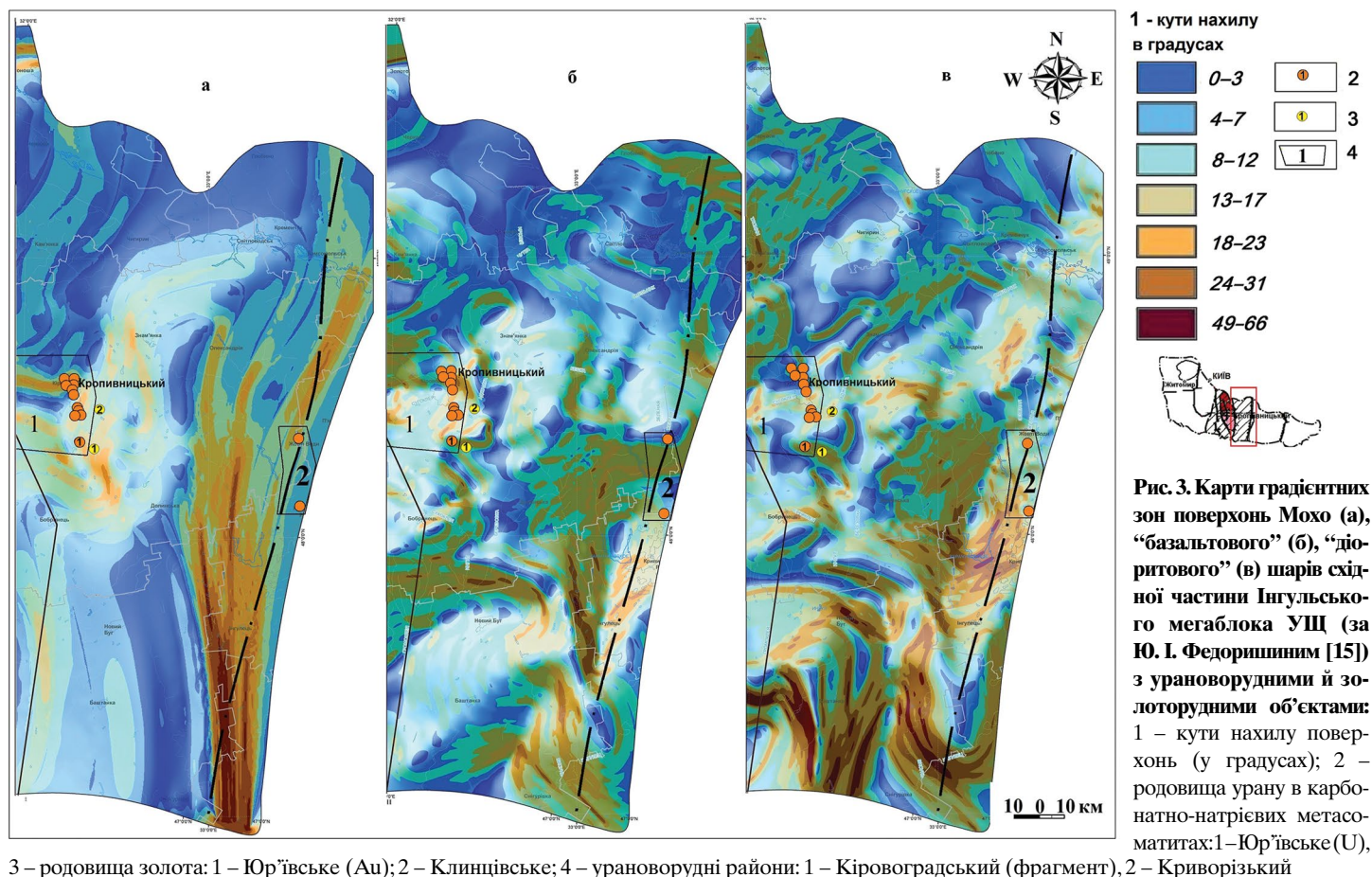


Рис. 3. Карти градієнтних зон поверхонь Мохо (а), “базальтового” (б), “діоритового” (в) шарів східної частини Інгульського мегаблоку УЩ (за Ю. І. Федоришиним [15]) з урановорудними й золоторудними об'єктами: 1 – кути нахилу поверхонь (у градусах); 2 – родовища урану в карбонатно-натрієвих метасоматитах: 1 – Юр'ївське (U), 2 – Криворізький

натрієвих метасоматитів; 3) Be-Pb-Zr-Na-V – комплексний показник елементів-супутників урану для оконтурювання урановорудних натрієвих метасоматитів.

Під час виокремлення контуру Компаніївського золоторудного поля використано такі геохімічні показники: 1) розподіл золота; 2) комплексний показник Ca-Mg-Fe – для виділення гнейсових пачок, збагачених основним матеріалом, первинно спеціалізованих на золото; 3) комплексний показник As-Ag-Bi-Ni-Cr-Fe-Ca – для оконтурювання золоторудних полів; 4) Fe/(Fe+Mg) – підвищені значення гранітизації в межах контурів золоторудних полів для оконтурювання ділянок, збагачених пегматоїдним і кварц-польовошпатовим матеріалом (потенційні золоторудні родовища).

У віковому сенсі золоте зруденіння Компаніївського рудного поля багатозафазне, передє урановому зруденінню, структурно пов'язане із зонами протоклазу й катаклазу, узгодженими з простяганням гнейсової товщі та пізнішими зонами тріщинуватості всередині зон розломів глибинного закладення.

Для ліпшого розуміння закономірностей металогенії уран-золото Юр'ївського урановорудного поля треба зазначити деякі особливості геологічного розвитку центральної частини УЩ в палеопротерозой. Вік теригенно-осадової товщі становить 2670–2450 млн років [10], а вік метаморфізму – приблизно 2200 млн років [10]. Джерелом золота могли бути вулканічні породи основного складу, представлені нині амфіболумісними ортогнейсами, частота зародження значущих умістів золота в яких за результатами хіміко-спектрального аналізу становить 93 % (дані КП “Кіровогеологія”). Осаджені в процесі осадконакопичення на вуглецевому геохімічному бар'єрі, колоїди золота й заліза на стадії діагенезу й метаморфізму, вірогідно, змінювали стан, формуючи спеціалізовані сульфідно-вуглецеві (згодом, піротин-графітові) золоторудні товщі.

Велика частина виявлених проявів і аномалій золота східного крила Новоукраїнського масиву та Корсунь-Новомиргородського плутону локалізовані в диференційованій гнейсовій товщі чечеліївської світи в різних геолого-структурних ситуаціях, з якими пов'язані аномалії та прояви золота (табл. 2). За даними КП “Кіровогеологія”, геохімічні дослідження монофракцій піриту й графіту з графіт-біотитових гнейсів чечеліївської світи інгуло-інгулецької серії, на яких не позначилася золоторудна мінералізація, засвідчують, що ці мінерали є основними концентраторами золота в породах. У монофракціях графіту вміст золота становить 2,25 г/т, у піриті – 0,63 г/т. Крім того, графіт є головним концентратором мангану, молібдену, олова, титану, ванадію, цинку, а пірит – кобальту, нікелю, свинцю.

У період активізації (2,1–1,97 млрд років) у центральній частині УЩ відбувався потужний висхідний потік високотемпературних флюїдів, що створив в умовах ультраметаморфізму Новоукраїнський гранітний масив, який став чинником різкої анізотропії геологічного середовища. Це добре проявлено в гравітаційному полі, у даних глибинного сейсмічного зондування. Ізотопний вік гранітів кіровоградського комплексу становить 2015–2070 млн років [2]. Формування Кіровоградсько-Бобринецького гранітного пояса, що вміщує Сасівський і Володимирівський гранітоїдні масиви, а також зони підвищеної гранітизації (Грушко-Калинівська зона), супроводжувалося анатектичними виплавками в гнейсовій товщі – золото водночас локалізувалося в зонах підвищеної проникності, де внаслідок циркуляції термальних мінералізованих вод формувалися кварц-польовошпатові прожилки й малопотужні жили дрібно-середньозернистих, зрідка пегматоїдних гранітів. Граніти дрібно-середньозернисті й апліт-пегматоїдні, що приурочені до екзоконтактів Новоукраїнського масиву, характеризуються підвищеною фоновою золотоносністю до 3 мг/т (табл. 2).

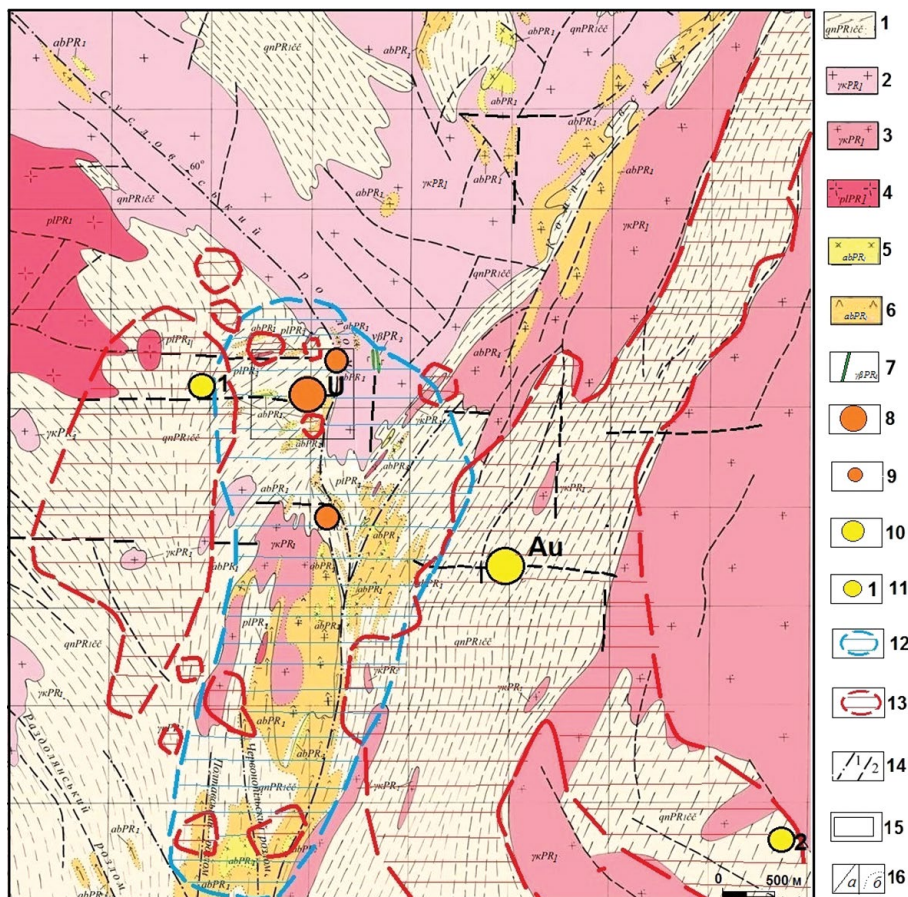


Рис. 4. Карта суміщених геолого-геохімічних ознак урановорудних і золоторудних процесів у Юр'ївському урановорудному й Компаніївському золоторудному полях (з використанням матеріалів КП “Кіровогеологія”): палеопротерозойські утворення (PR₁): інгуло-інгулецька серія (PR_{1i}), чечеліївська світа (PR_{1ic}): 1 – метаморфізовані осадові й вулканогенно-осадові формації: гнейси біотитові, гранат-біотитові, кордієрит-біотитові й графітумісні з прошарками біотит-амфіболових і біотит-піроксенових гнейсів; кіровоградський комплекс (PR_{1kg}); 2 – граніти порфіробластові, середньо-великозернисті, біотитові; 3 – граніти дрібно-середньозернисті, масивні, біотитові, гранат-біотитові; 4 – пегматити, апліти, апліт-пегматоїдні граніти, гідротермально-метасоматичні утворення (αPR_{1kg}); 5 – альбіт-гематит-карбонат-рибекітові, гематит-карбонат-хлоритові, гематит-карбонат-флогопітові, гематит-карбонат-рибекіт-егіриніві; 6 – десіліковані альбіт-мікроклінові породи; неопротерозой (PR₃); 7 – порфірити, діабазові порфірити; урановорудні об'єкти в карбонатно-натрієвих метасоматитах: 8 – родовища (Юр'ївське (U)), 9 – рудопрояви; золоторудні об'єкти: 10 – Юр'ївське (Au) родовище, 11 – рудопрояви золота; 12 – контури суміщених ознак урановорудних процесів, 13 – контури суміщених ознак золоторудних процесів; 14 – осові лінії розломів: 1 – встановлених; 2 – передбачуваних за геолого-геофізичними даними; 15 – контур ділянки Юр'ївського родовища урану; 16 – типи геологічних меж: а – чіткі петроструктурні, б – поступові фаціальні між уміщувальними породами й лужними метасоматитами

Таблиця 2. Фоновий уміст золота в породах фундаменту східно-го екзоконтакту Новоукраїнського масиву (за матеріалами ГРЕ № 37 КП “Кіровогеологія”)

№	Породи	Кількість проб у вибірці	Середній фоновий уміст золота в мг/т
А. Чечеліївська світа інгуло-інгулецької серії			
1.	Гнейси біотитові	1500	2,6
2.	Гнейси кордієрит-біотитові	219	2,7
3.	Гнейси графіт-біотитові	114	6,2
4.	Гнейси амфібол-біотитові	26	5,1
5.	Гнейси піроксен-біотитові	42	2,2
Б. Кіровоградський комплекс			
6.	Граніти й мігматити нерозчленовані середньозернисті, біотитові	572	1,6
7.	Граніти дрібно-середньозернисті, біотитові	793	3,0
8.	Пегматити, апліт-пегматоїдні граніти	448	3,0
9.	Кварцові й кварц-польовошпатові жили, тісно пов'язані з пегматитами	23	17

Ще вищий фон виявляється в тісно пов'язаних з пегматоїдами кварцових і кварц-польовошпатових жилах і прожилках, які за простяганням нерідко переходять у пегматити (табл. 2). До того ж вони часто асоціюють із золотоносними мінералізованими зонами в гнейсовому розрізі території досліджень. Початок безпосередньо золоторудного етапу пов'язаний з пегматитовою стадією в гранітоїдних масивах. Пегматитові розплави мали істотно калій-кремнієвий розплав. Спорідненість золота з кремнеземом дає змогу припускати збагачення осередків плавлення золотим компонентом, поряд із цинком, сріблом тощо. Активізація Кіровоградської зони розломів створювала сприятливі умови для впровадження в її межі пегматоїдів.

Наступна стадія мобілізації золота була пов'язана з пропілітизацією гранітів і гнейсів у зонах протоклазу й катаклазу, найяскравіше представлених у зоні впливу Кіровоградської зони розломів. Процес пропілітизації в найпроникніших ділянках – зонах об'ємного катаклазу на сполученні глибинних розломів і в найглибинніших розломах передували натрієвому метасоматозу. Зони зминання, об'ємного катаклазу й системи відкритих тріщин, що супроводжували тектонічні шви зон розломів, були каналами для циркуляції гідротермальних розчинів постмагматичного етапу пегматитового процесу.

Накладення гідротермально-метасоматичного процесу на сформовані в попередній стадії золотоносні товщі визначило структурну позицію Юр'ївського родовища золота й низки рудопроїв золота території досліджень (рис. 4). Все це вказує на те, що на етапі рудоутворення в процесі локалізації золота визначальну роль відігравала тектоніка – наявність проникних глибинних розломів, що стали транспортними каналами флюїдної фази з високою концентрацією золота й дальшим формуванням рудоконцентрацій золота на фінальній стадії рудовідкладання. Вік золотого зруденіння Юр'ївського та Клинцівського золоторудних полів можна визначити за віком головної рудної асоціації через ізотопно-свинцевий метод по галенітах, який для Юр'ївського родовища золота становить 2000 ± 20 млн років [10], а для золото-кварцових родовищ Кіровоградського рудного району – 1,975–1,97 млрд років [16].

В епоху 1800–1750 млн років відбулося масштабне формування урановорудних концентрацій унаслідок розвитку середньотемпературного натрієвого метасоматозу [14] (Кіровоградський і Криворізький урановорудні райони). У цей період сформувалося Юр'ївське урановорудне поле з Юр'ївським родовищем урану й двома рудопроявами в карбонатно-натрієвих метасоматитах, яке було накладене на раніше сформоване єдине Компаніївське золоторудне поле. У генетичному плані уранове рудоутворення стало логічним продовженням метасоматичних процесів, пов'язаних з особливостями глибинної будови літосфери центральної частини Інгульського мегаблока УЩ та наявністю розломів транслітосферного проникнення, які стали транспортними каналами для мантийних флюїдів різної металогенічної спеціалізації.

Метасоматити Юр'ївського родовища урану представлені хлорит-калішпатовими й карбонатно-натрієвими різновидами. Найвивченіші останні (альбітити), що утворюються внаслідок перетворення вихідних порід через майже повне винесення SiO_2 і K_2O та привнесення Na_2O і CO_2 з підвищенням залізистості. Урановорудні метасоматити Юр'ївського родовища урану контролюються зонами об'ємного катаклазу й системою широтних тріщин, які так само контролюються Суботсько-Мошоринською зоною розломів (рис. 5). Вони створили передрудний каркас родовища урану й контролюють положення урановорудних зон у просторі.

Концентрації золота, простежені на Юр'ївському родовищі урану в гнейсах на великих глибинах (до 1000 м), пов'язані з відновлювальним епігенезом, паралельно проявленим з урановим рудогенезом. На окремих ділянках серед флогопіт-хлорит-гематит-карбонатних альбітитів, які січуться сульфідними прожилками й мають багато домішок арсенопіриту, спостерігаються прошарки графітизованих гнейсів, істотно сульфідизованих, у яких уміст золота сягає 76 г/т (сверд. 2420, гл. 790 м).

Лужні карбонатно-натрієві метасоматити, що вміщують уранові руди Юр'ївського родовища, представлені альбітитами егіриніт-рибекітового складу, альбіт-мікрокліновими породами й діафоритами. Наявність окремих аномалій золота в межах альбітитів Юр'ївського родовища урану пояснюється накладанням пізніших хлорит-калішпатових метасоматитів (гумбеїтів). Хлорит-калішпатові метасоматити (адюляр-хлоритові за К. В. Прохоровим, ІГЕМ) або гумбеїти (за В. А. Крупенніковим, ІГЕМ [9]) принципово зараховані до формації низькотемпературних калієвих метасоматитів зон регіональних розломів, де вони розміщуються як усередині альбітитів (прожилки потужністю кілька сантиметрів), так і змінюють останні за підняттям-падінням (потужність становить кілька десятків метрів).

Зіставлення спрямованості розвитку метасоматичної зональності ураноносних і золотоносних рудних утворень Юр'ївського родовища урану дали змогу виявити такі особливості (за матеріалами КП “Кіровогеологія”) (рис. 5):

1. Зони розвитку епідот-хлоритових і хлоритових пропілітів простягаються вздовж основних довговічних розломів завширшки до 1 км й більше (рис. 5).

2. Усередині ділянок пропілітизації, у межах перетину з поперечними тектонічними зонами, виокремлюються ділянки серицитизації, окварцювання й сульфідизації, які можуть бути паралельні з процесом березитизації. Характерною особливістю зон березитизації є постійна домішка піриту, арсенід-сульфідів, що зображують відновні умови мінералоутворення.

3. Металогенічна спеціалізація прирозломних пропілітів визначається геохімічними особливостями гнейсів, які зазнали метасоматичних перетворень. У хімічному складі таких

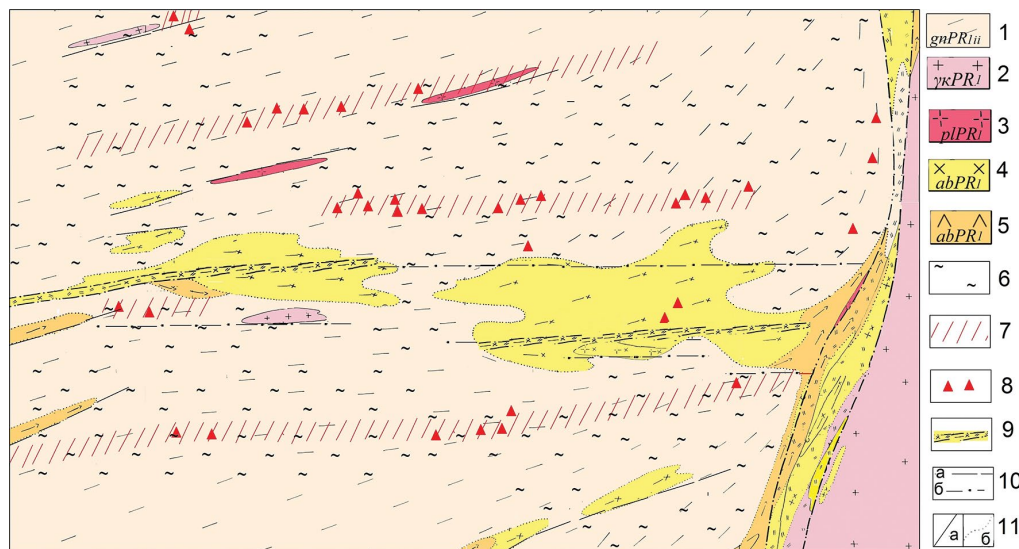


Рис. 5. Схематична карта розвитку метасоматитів на Юр'ївському родовищі урану: палеопротерозойські утворення (PR₁): інгуло-інгулецька серія (PR_{1i}), чечеліївська світа (PR_{1sc}): 1 – метаморфізовані осадові й вулканогенно-осадові формації: гнейси біотитові, гранат-біотитові, кордієрит-біотитові й графітумісні з прошарками біотит-амфіболових і біотит-піроксенових гнейсів; кировоградський комплекс (PR_{kg}); 2 – граніти порфіробластові, середньо-великозернисті, біотитові; 3 – пегматити, апліти, апліт-пегматоїдні граніти, гідротермально-метасоматичні утворення (адPR_{kg}); 4 – альбітити гематит-карбонат-рибекітові, гематит-карбонат-хлоритові, гематит-карбонат-флогопітові, гематит-карбонат-рибекіт-егіринові; 5 – десиліковані альбіт-мікроклінові породи; 6 – пропілітизація; 7 – зони скупчення золота в приповерхневій частині кристалічного фундаменту та в корі вивітрювання; 8 – вкраплення сульфідів; 9 – зони об'ємного катаклазу, дроблення та мілонізації; 10 – розломи: а – передбачувані за геолого-геофізичними даними, б – встановлені; 11 – типи геологічних меж: а – чіткі петроструктурні, б – поступові фаціальні між уміщувальними породами й лужними метасоматитами

порід у разі переважної ролі калію максимальної активності в реакціях заміщення досягають кальцій, магній, зрідка залізо. В аніонному складі розчинів характерні HCO_3^- , CO_3^{2-} , меншою мірою – аніони сірководневої кислоти, хлор-іон.

4. Пропіліти займають периферійні зони метасоматитів, центральні зони яких представлені або альбітитами, або адуляровими метасоматитами з накладеною сульфідною мінералізацією (рис. 5). Поеднання периферійних і центральних зон зумовлює метасоматичну зональність, в окремих випадках – лінійно-витягнутого типу. Межа розділу зовнішніх і центральних зон метасоматитів являє собою контрастний лужно-кислотний геохімічний бар'єр.

Золота мінералізація на Юр'ївському родовищі урану розміщується на його флангах (рис. 5). До порід, що вміщують золоту мінералізацію, належить товща графітумісних гнейсів. У північній частині Юр'ївського родовища урану золота мінералізація виходить на поверхню фундаменту на загальній площі $800 \times 200 \text{ м}^2$. Високі концентрації золота виявлені й у корі вивітрювання. У південній частині Юр'ївського уранового родовища золота мінералізація поширена на площі близько 1 км^2 й простежена до глибини приблизно 1000 м .

Типоморфними мінералами, що супроводжують золоту мінералізацію на Юр'ївському родовищі урану, є різноманітні арсенід-сульфіди. Зазвичай продуктивна золотоносна асоціація проявлена поблизу контакту метаморфічних порід більш основного складу, насичених графітом зі згідно залеглими тілами гранітоїдів. У таких ділянках розвиваються зони збагачення золотом. Золоторудна мінералізація є внутрішньою зоною калієвих метасоматитів, де виявлені максимальні сульфідизація й окварцювання.

Уранові рудні поклади Юр'ївського родовища супроводжуються ореолами високого вмісту вуглекислоти. На від-

міну від них, золоторудні тіла супроводжуються ореолами невисокого вмісту вуглекислоти (до $1,0 \text{ \% CO}_2$) й підвищеним умістом сірки до $1 \text{ \%}$, не характерними для лужного натрієвого метасоматозу.

На Юр'ївському урановому родовищі чітко окреслена молода сульфідно-прожилкова мінералізація, що нетипова для родовищ урану в карбонатно-натрієвих метасоматитах, розміщених у межах гранітного субстрату, і майже не розвинена. Для золотоносних пропілітів характерний високий уміст арсену, однак його аномальні ореоли обмежують контури золотоносних пропілітів і в разі низького вмісту в них золота, що не перевищує $1 \cdot 10^{-6} \text{ \%}$ (матеріали КП “Кіровогеологія”). Якщо зони калієвого й натрієвого метасоматозу визначаються лужно-кислотними умовами метасоматизувальних розчинів, то формування арсенід-сульфідних зон пов'язане винятково зі зміною окиснювально-відновних умов мінералоутворення. Такі

зони, сприятливі для утворення відновних умов, приурочені до порід у розрізі гнейсової пачки, складеної роговообманково-піроксен-біотитовими гнейсами з великою домішкою графітового матеріалу, що сприяє формуванню окиснювально-відновного бар'єра, на якому й формується золоте зруденіння. Графіт є одним з типоморфних мінералів у золотоносних метасоматитах Юр'ївського рудного поля (8–10 % від суми рудних мінералів). Разом з піритом і кальцитом утворює прожилки, з арсенопіритом і піротином – зростки.

Основним рудним мінералом зональних альбітитів Юр'ївського родовища урану є бранерит. У разі окиснювальної спрямованості епігенезу в контурі бранеритових руд з'являється окиснений бранерит і продукти його руйнування – оксиди й гідроксиди свинцю та шестивалентного урану, оксиди титану. За відновної спрямованості процесів у парагенезі знову наявні новостворені оксиди й силікати чотиривалентного урану – настуран і кофінит, водночас зберігаються продукти окиснення й бранериту. Унаслідок специфічних хімічних властивостей урану відкладення уранової мінералізації на Юр'ївському родовищі урану відбувається як в окиснювальних, так і у відновних умовах.

На відміну від урану, для золота сприятливі тільки відновні умови, створювані сірководнем за наявності вуглецевих речовин (графіту). Епохи відновного епігенезу могли сприяти формуванню зон як уранового, так і золотого збагачення. Однак відновні умови для урану й золота здебільшого різні. Для урану окиснювально-відновний бар'єр забезпечувався зонами інтенсивної карбонатизації, а для золота – в умовах сірководневого відновного середовища на контакті зон карбонатизації й сульфідизації або зон окварцювання. Тому зони золотого збагачення розміщуються на флангах Юр'ївського родовища в субширотних кварц-сульфідних мінералізованих зонах на північ від основного уранового покладу родовища,

а також із зонами золото-арсенової мінералізації, пов'язаними з пропілітами. Крім того, з огляду на брак золота в десиліфікованих породах та альбітитах, а також виявлену спорідненість золота з кварцом, саме з етапом формування карбонатно-натрієвих метасоматитів пов'язана стадія мобілізації золота та утворення ділянок золотого збагачення в зонах окварцювання в межах впливу розривних структур на флангах Юр'ївського родовища урану. Однак масштаби винесення золота і його осадження під час процесу лужного натрієвого метасоматозу на Юр'ївському родовищі урану не вплинули на формування промислових рудоконцентрацій золота.

Специфічні хімічні властивості урану на фінальній стадії рудовідкладання сприяли концентруванню уранової мінералізації як в окиснювальних, так і у відновних умовах, тоді як для формування золотого зруденіння були потрібні відновні умови, представлені сірководнем за наявності вуглецевих речовин (графіт). Формування збагачених золотом зон приурочено до флангів Юр'ївського родовища урану, де локалізація золота зумовлена відновними геохімічними бар'єрами, представленими як вузькі локальні зони кварц-пірит-арсенопіритових порід поблизу ділянок гнейсів, насичених природними відновниками золота (з наявністю графіту підвищеної основності). Отже, поділ концентрацій урану й золота на Юр'ївському родовищі урану відбувався через перерозподіл золота під впливом метасоматичних розчинів внаслідок антагонізму окиснювально-відновних умов мінералоутворення для цих елементів.

Регіональна металогенічна зональність U-Au Юр'ївського урановорудного поля являє собою проєкцію на земну поверхню геохімічно зональної астеносфери літосферного сегмента центральної частини УЩ, металогенічна спеціалізація якої змінювалася й заново формувалася в процесі еволюції: спочатку Au, потім U. Саме процеси в мантиї контролювали просторово-часовий розподіл рудних районів у центральній частині Інгульського мегаблока УЩ: Кіровоградського золото-урановорудного [7], Шполянсько-Ташлицького рідкіснометалевого [3]. Рудоконцентрувальна роль кори визначалася наявністю структурно-літологічних пасток і геохімічних бар'єрів, які визначали локалізацію родовищ.

Середні за запасами родовища золота (Юр'ївське, Клиніцьке) формувалися внаслідок дрібного відокремлення золотоносного флюїду в період 2000 ± 20 млн років [10]. Велике за запасами Юр'ївське родовище урану сформувалося в епоху 1800–1750 млн років [14] завдяки надходженню спеціалізованого на уран мантийного флюїду з астеносферної пастки, яка сформувала загалом Кіровоградський урановорудний район. Концентрування золоторудного компоненту на етапі, синхронному урановому рудогенезу, відбувалося лише внаслідок мобілізації та перевідкладання Au з умісних і підстильних порід без участі мантийного джерела первинного золотоносного флюїду. Внутрішньокорові процеси відігравали другорядну роль у рудогенезі й не могли впливати на формування промислових скупчень золота. Рудні парагенези U-Au в процесі уранового рудогенезу на Юр'ївському родовищі урану також не могли сформуватися внаслідок антагонізму окиснювально-відновних умов мінералоутворення для цих елементів у цей період.

Критерії зв'язку уран-золото на Юр'ївському родовищі урану такі (рис. 5):

1. Просторово зближені зони рудоконцентрації урану Юр'ївського родовища в карбонатно-натрієвих метасоматитах і золота на його флангах формувалися внаслідок єдності генерувального лужного метасоматического процесу,

супроводжуваного ранньою калішпатовою пропілітизацією та пізньою березитизацією.

2. Просторовий зв'язок і контроль уранового й золотого зруденіння здійснювався на родовищі одними й тими ж розломами.

3. Формування пізнішого золотого зруденіння зумовлено розвитком урановорудних карбонатно-натрієвих метасоматитів по гнейсах, що містять природні відновники золота – вуглецеві речовини (графіт). Золото продукувалося й сульфідним процесом, що не характерний для уранового рудогенезу в карбонатно-натрієвих метасоматитах. Горизонти графітизації й сульфідизації в гнейсах уміщувальних порід фундаменту забезпечували концентрацію золота до великих глибин (простежена до 1000 м).

4. Кремній-калієві метасоматити були найважливішим чинником золотоносності й супроводжуються ореолами аномальних концентрацій золота, а нерідко й рудними концентраціями низьких класів, що розвинені в зонах протоклазу й катаклазу, переважно по гранітизованих гнейсах.

5. Формування збагачених золотом зон приурочено до флангів Юр'ївського родовища урану, де локалізація золота зумовлена відновними геохімічними бар'єрами, представленими як вузькі локальні зони кварц-пірит-арсенопіритових порід поблизу ділянок гнейсів, насичених природними відновниками золота (наявністю графіту підвищеної основності).

6. Розділення урану й золота відбувалося через багаторазовий перерозподіл під впливом метасоматичних розчинів, а також унаслідок антагонізму окиснювально-відновних умов мінералоутворення для цих елементів.

Отже, еволюційні металогенічні тренди регіонального рівня території досліджень були зумовлені передусім глибинними чинниками рудоутворення, які визначали металогенічну спеціалізацію (потужність літосфери, ступінь її зрілості), інтенсивність рудоутворення (первинна масштабна сепарація рудогенних компонентів в астеносфері), напрямок і склад потоків мантийного спеціалізованого флюїду у верхній частині земної кори по розломах транслітосферного проникнення. Внутрішньокорові процеси визначали особливості фінальної стадії рудовідкладання.

Висновки й перспективи дальшого розвитку в цьому напрямі

Результати проведених досліджень дали змогу визначити особливості металогенії уран-золото Юр'ївського урановорудного поля й виявити критерії зв'язку уран-золото на Юр'ївському родовищі урану.

Особливості металогенії уран-золото Юр'ївського урановорудного поля зумовлені: 1) специфікою глибинної будови центральної частини Інгульського мегаблока УЩ; 2) просторовим зв'язком уранового й золотого зруденіння з одними й тими ж глибинними розломами; 3) неоднорідністю гранітогнейсового розрізу як природного каркаса, накладеними на цей каркас багатофазними гідротермально-метасоматичними процесами (переважно поблизу розломів) і як наслідок – рудовідкладанням на геохімічних бар'єрах; 4) антагонізмом окиснювально-відновних умов мінералоутворення для урану й золота, що спричинили їхнє розділення, перерозподіл золота й роздільне фінальне рудовідкладання U і Au.

Отже, концентрування золоторудного компонента на етапі, синхронному урановому рудогенезу в карбонатно-натрієвих метасоматитах, не сприяло формуванню промислових скупчень золота на території досліджень. Підвищені концентрації золота на контактному ореолі промислового уранового зруденіння родовищ урану Кіровоградського руд-

ного району можна очікувати тільки в разі, якщо ураноносні карбонатно-натрієві метасоматити розвинені по вміщувальних породах з природними відновниками золота.

Цей комплекс критеріїв зв'язку уранового й золотого рудоутворення на Юр'ївському родовищі урану дасть змогу надалі здійснювати ефективніше комплексне оцінювання потенційної ураноносності й золотоносності прогнозних площ у Кіровоградській урановорудній металогенічній області УЩ (Кіровоградський і Криворізький урановорудні райони).

ЛІТЕРАТУРА

1. Генетические типы и закономерности размещения урановых месторождений Украины/ [Я. Н. Белевцев, В. Б. Коваль, А. Х. Бакаржиев и др.]/Под ред. Я. Н. Белевцева, В. Б. Ковалья. – К.: Наукова думка, 1995. – 376 с.
2. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой/[Н. П. Щербак, Г. В. Артеменко, И. М. Лесная и др.]. – К.: Наук. думка, 2008. – 240 с.
3. Калашник А. А. Глубинные факторы формирования крупных промышленных месторождений лития в редкометалльных пегматитах Шполянско-Ташлыкского рудного района УЩ/Статья 1. Основные физико-химические свойства элементов парагенезиса руд в редкометалльных пегматитах Шполянско-Ташлыкского рудного района и геохимическая характеристика метасоматитов/А. А. Калашник//Мінеральні ресурси України. – 2015. – № 2. – С. 12–21.
4. Калашник А. А. Глубинные факторы формирования крупных U-V-TR-Sc месторождений в метасоматитах на Украинском щите/А. А. Калашник//Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия. Геология. – 2015. – № 2. – С. 68–72.
5. Калашник А. А. Закономерности формирования урановорудных метасоматитов в связи с особенностями глубинного строения литосферы Украинского щита/А. А. Калашник//Вісник Київського нац. університету. Сер. Геологія. – 2016. – № 3. – Т. 74. – С. 51–57. (Web of Science).
6. Калашник Г. А. Перспективи виявлення промислових концентрацій рідкісних і рідкісноземельних елементів в Олексіївсько-Лисогірському урановорудному районі Інгільського мегаблока Українського щита/Г. А. Калашник//Мінеральні ресурси України. – 2019. – № 3. – С. 3–10.
7. Калашник А. А. Причины пространственной связи и монометалльности формирования промышленного золотого и уранового оруденений в Кировоградском рудном районе УЩ/36. научных прац УкрДГРІ. – 2015. – № 3. – С. 88–103.
8. Калашник А. А. Прогнозирование крупных эндогенных месторождений урана с учетом особенностей строения литосферы Украинского щита/А. А. Калашник//Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Серия Геология. – 2014. – № 2. – С. 5–12.
9. Крупенников В. А. Мантийный щелочной флюидно-магматический петрогенезис как основной рудообразующий процесс/В. А. Крупенников//Матер. II Межд. симпозиума “Уран-ресурсы, производство” (Москва 26–28 ноября 2008 г.). – М.: Из-во ФГУП ВИМС, 2008. – С. 28–31.
10. 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.
11. Металогения золота протоплатформных структур Украинского щита (Кіровоградський блок): [монографія]/Г. М. Яценко, О. В. Гайовський, Є. М. Сливко та ін. – К.: Логос, 2009. – 243 с.
12. Оровецкий Ю. П. Горячие пояса Земли: Моногр. // Ю. П. Оровецкий, В. П. Кобелев; НАН Украины. Ин-т геофизики им. С. И. Субботина. – К.: Наук. думка, 2006. – 312 с.
13. Соллогуб В. Б. Литосфера Украины/ В. Б. Соллогуб. – К.: Наук. думка, 1986. – 184 с.
14. Степанюк Л. М. Джерело натрію та урану ураноносних альбітитів на прикладі Докучаєвського родовища Інгільського мегаблока УЩ/Л. М. Степанюк, С. М. Бондаренко, В. О. Сьомка та ін.// Тези доповідей наукової конференції “Теоретичні питання і практика дослідження метасоматитичних порід і руд”, (Київ 14–16 березня 2012 р.). – К.: ІГМР, 2012. – С. 78–80.
15. Федоришин Ю. І. Просторова модель глибинної будови літосфери Українського щита у зв'язку з перспективами промислової алмазонасності/ Ю. І. Федоришин, О. В. Фесенко, О. Б. Денегал//Мін. ресурси України. – 2006. – № 3. – С. 8–12.

16. Щербак Д. Н. Металлогенические эпохи докембрия Украинского щита/Д. Н. Щербак, А. В. Гринченко//Мін. журн. – 1999. – № 2. – С. 22–38.
17. Яценко Г. М. Тектонометасоматические зоны – ведущая структурно-металлогеническая позиция золоторудных месторождений нижнего докембрия/Г. М. Яценко, А. К. Бабынин, Д. С. Гурский и др.// Мін. ресурси України. – 2000. – № 1. – С. 13–18.

REFERENCES

1. Genetic types and regularities of location Uranium of deposits in Ukraine/[Ja. N. Belevcev, V. B. Koval, A. H. Bakarzhiev i dr.]/Ed. Ja. N. Belevceva, V. B. Kovalya. – Kiev: Naukova dumka, 1995. – 376 p. (In Russian).
2. Geochronology of Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Proterozoic/[N. P. Shherbak, G. V. Artyomenko, I. M. Lesnaya and others]. – Kiev: Naukova dumka, 2008. – 240 p. (In Russian).
3. 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 Shpoliano-Tashlyksky ore region and geochemical characteristics of metasomatites// Mineralni resursy Ukrainy. – 2015. – № 2. – P. 12–21. (In Russian).
4. 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. 68–72. (In Russian).
5. 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. – Vol. 74. – P. 51–57. (In Russian).
6. Kalashnyk G. A. Prospects for discovery of industrial concentrations of rare and rare-earth elements in the Oleksiivsko-Lysohirskiy uranium-ore area of Inhul'skyi megablock of the Ukrainian Shield//Mineralni resursy Ukrainy. – 2019. – № 3. – P. 3–10. (In Ukrainian).
7. Kalashnik A. A. Causes of spatial relationships and monometal of industrial gold and uranium ore formation in Kirovograd ore region of the UShh//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2015. – № 3. – P. 88–103. (In Russian).
8. 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).
9. Krupennikov V. A. Mantle alkaline fluid-magmatic petrogenesis as the main ore-forming process//Mater. II Mezhd. simpoziuma “Uran-resursy, proizvodstvo” (Moskva, 26–28 noyabrya 2008). – Moskva: Izd-vo FGUP VIMS, 2008. – P. 28–31. (In Russian).
10. Metallic and nonmetallic minerals of the Ukraine. Volume 1. Metallic minerals/[D. S. Gurskiy, K. E. Esipchuk, V. I. Kalinin et al.]. – Kiev-L'vov: Izd-vo “Tsentr Evropy”; 2005. – 785 p. (In Russian).
11. Metallogeny of aurum of protoplatformes structures of the Ukrainian Shield (Kirovohrad block)/H. M. Yatsenko, O. V. Haiovskyi, Ye. M. Slivko et al. – Kyiv: Lohos, 2009. – 243 p. (In Ukrainian).
12. Oroveckij Ju. P., Kobleov V. P. Hot belts of the Earth: Monograph. NAS of Ukraine. Institute of Geophysics by S. I. Subbotin name. – Kyiv: Naukova dumka, 2006. – 312 p. (In Russian).
13. Sollogub V. B. Lithosphere of the Ukraine. – Kiev: Nauk. dumka, 1986. – 184 p. (In Russian).
14. Stepanjuk L. M., Bondarenko S. M., Somka V. O. et al. Source of sodium and uranium of uraniferous albitites on the example of Dokuchaievsk field of the Inpuls'kyi megablock of the UShh//Tezy dopovidei naukovoї konferentsii “Teoretychni pytannia i praktyka doslidzhennia metasomatychnykh porid i rud”, (Kyiv 14–16 bereznia 2012). – Kyiv: IHMR, 2012. – P. 78–80. (In Ukrainian).
15. Fedoryshyn Yu. I., Fesenko O. V., Denega O. B. The spatial model of the deep structure of the lithosphere of the Ukrainian shield at the prospect of industrial diamond//Mineralni resursy Ukrainy. – 2006. – № 3. – P. 8–12. (In Ukrainian).
16. Shherbak D. N., Grinchenko A. V. Metallogenic epochs of the Ukrainian Precambrian Shield//Mineralogicheskij zhurnal. – 1999. – № 2. – P. 22–38. (In Russian).
17. Jacenko G. M. Tectonic-metasomatic zones are leading structural-metallogenical position of gold-ore deposits in the Precambrian/G. M. Jacenko, A. K. Babyinin, D. S. Gurskiy et al.//Mineralni resursy Ukrainy. – 2000. – № 1. – P. 13–18. (In Russian).

Р у к о п и с о т р и м а н о 5.04.2021.

УДК 551.311.231:553.08

<https://doi.org/10.31996/mru.2021.2.24-32>

М. М. ЗІНЧУК, д-р геол.-мінерал. наук, професор, академік АН РС (Я), голова Західноякутського наукового центру Академії наук Республіки Саха (Якутія), м. Мирний, 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>

ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ФОРМАЦІЇ ДАВНІХ КІР ВИВІТРЮВАННЯ ПІД ЧАС ПОШУКІВ АЛМАЗНИХ РОДОВИЩ

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФОРМАЦИИ ДРЕВНИХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ АЛМАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ABOUT USE OF ANCIENT WEATHERING CRUSTS FORMATION DURING DIAMOND-PROSPECTING WORKS

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Комплексні дослідження пізньодевонських-ранньокам'яновугільних і середньо-пізньотріасових кір вивітрювання (КВ) на різних породах (терігенно-карбонатні утворення, долерити, туфи, туфогенні утворення й кімберліти) показали, що в умовах теплого й вологого клімату утворилися відповідні елювіальні формації. Складний багатоконпонентний склад первинних порід зумовив під час короутворення уповільнене перетворення первинного матеріалу, унаслідок чого формування КВ призупинялося найчастіше на початкових стадіях. Розвиток неповних профілів вивітрювання викликано насамперед слабким виношенням дивалентних катіонів з первинних мінералів. Визначені типоморфні відмінності в складі кожного типу КВ можна успішно використовувати для вдосконалення методики пошукових робіт на алмази. Важливого значення водночас набувають питання встановлення умов розмиття й перевідкладення продуктів вивітрювання різних порід у корелятивні товщі верхнього палеозою й мезозою головних алмазоносних районів Сибірської платформи. Під час формування продуктів перемивання й перевідкладення в умовах накопичення делювіально-пролювіальних, пролювіально-алювіальних та озерних фацій поблизу кімберлітових трубок утворювалися розсипи алмазів. За рясного внесення чужого для регіону теригеного матеріалу в алювіальних фаціальних товщах розвивний кімберлітовий матеріал дуже розбужувався завдяки неалмазоносним утворенням. Найбільші концентрації місцевого (зокрема й кімберлітового) матеріалу зафіксовані в базальних горизонтах нижньопалеозойської лапчанської світи, яка є формацією давніх КВ. У мезозойський час у межах північно-західного борту Ангара-Вілюйського накладеного мезозойського прогину (АВНМП) формування відкладень, збагачених продуктами перемивання й перевідкладення КВ, відбувалося в його північно-східній приобтової частині. У цій структурно-формаційній зоні були найсприятливіші умови для концентрації елювіальних продуктів і формування алмазоносних розсипів. В іншій південно-східній зоні АВНМП, де алювіальними потоками за межі регіону виносився місцевий матеріал, умови для формування алмазоносних розсипів були несприятливими. Усе це підкреслює важливість завдань вивчення формації давніх КВ під час прогнозування й пошуків алмазних родовищ.

Ключові слова: кори вивітрювання, теригено-карбонатні породи, долерити, туфи, туфогенні утворення, кімберліти, пошукові роботи, алмази.

Complex research of Late Devonian – Early Carboniferous and Middle-Late Triassic weathering crusts on various rocks (terrigenous-carbonate formations, dolerites, tuffs, tuffaceous formations and kimberlites) indicated that in conditions of warm and humid climate corresponding formations of weathering crusts were generated. Complicated multicomponent composition of primary rocks conditioned slow transformation of initial material during crust formation, whereby formation of weathering crusts suspended, often at starting stages. Development of incomplete profiles of weathering was caused, first of all, by weak removal of bivalent cations from primary minerals. Newly arising phases will be diocrate and quite often preserve mixed constitution of structural cations. Established typomorphic differences in composition of each type of weathering crusts may be successfully used when upgrading technique of prospecting works on diamonds. At the same time, the issues of establishing the erosion and redeposition of the weathering products of the various rocks into correlative trills of the upper paleoscale of the main diamondiferous regions of the Siberian platform and becoming more important. During the formation of products of washout and redeposition under conditions of accumulation of deluvial-proluvial, proluvial-alluvial and lacustrine factions near kimberlite pipes, diamond placers were formed. With an abundant introduction of terrigenous material alien to the region in alluvial facies strata eroded kimberlite material was greatly diluted due to non-diamondiferous formations. The highest concentrations of local (including kimberlite) material are recorded in the basalt horizons of the Lower Paleozoic Lapchansk Formation which is a formation of woody weathering crusts. In the Mesozoic with the northeastern flank of the Angara-Vilny superimposed Mesozoic trough the formation of deposits enriched with the products of products of washout and redeposition of CV zone, there were the most favorable. In this structural-formation concentration of eluvial products and the formation of diamond-bearing placers. In the other southern zone of the AVNMP, where alluvial flows outside the region are carried out local material, the conditions for the formation of diamond-bearing placers were unfavorable. All this underlines the importance of studying the formation of ancient Weathering crusts in fore casting and approaching diamond deposits.

Keywords: weathering crusts, terrigenous-carbonate rocks, dolerites, tuffs, tuffaceous formations, kimberlites, prospecting works, diamonds.

На древних платформах мира в алмазоперспективных районах широким развитием пользуются древние коры выветривания (КВ) на различных породах [5–7, 14–17, 28], а также отложения, обогащенные продуктами их размыва и пе-

реотложения в различных фациальных обстановках [18–22, 26–29]. Интенсивность выветривания обычно резко возрастает с увеличением температуры и количества выпадающих осадков [4, 10–12]. Большое значение при этом имеет также обилие гумусового вещества, обладающего кислотными свойствами. Мощность КВ во многом зависит от глубины

залегания грунтовых вод. Наиболее мощная КВ формируется на водоразделах, в то время как интенсивная денудация элювиальных продуктов происходит вдоль эрозионной сети, а на плоских водоразделах наблюдается минимальный размыв при наиболее интенсивном дренаже. Сохраняются от размыва элювиальные продукты только при стечении благоприятных факторов и, преимущественно, в понижениях древнего рельефа и в тектонически опущенных блоках. Наиболее детально КВ в алмазонасных регионах изучены в Малоботубинском (МБАР), Далдыно-Алаkitском (ДААР) и Средне-Мархинском (СМАР) районах Сибирской платформы (СП), в которых благоприятные палеогеографические условия для формирования выветрелых толщ существовали в позднедевонское-раннекаменноугольное и средне-поздне-триасовое время. Поскольку на рассматриваемой территории в конце девона произошло сокращение морского бассейна [1–3, 23], то на северо-западе и северо-востоке Тунгусской верхнепалеозойской синеклизы (ТВС) сформировались прибрежные низменные равнины, а на юге как этой, так и Вилуйской мезозойской наложенной синеклизы (ВМНС) возникли равнины с континентальным осадконакоплением, которые разделялись более высокими денудационными плато. Каменноугольному периоду активизации общего воздымания СП предшествовала эпоха относительного покоя, в течение которой практически не происходило дифференцированных тектонических движений. Выравнивание пенепленизированного рельефа и образование элювия на исходных породах протекало постепенно на протяжении всего периода формирования территории, при котором продукты КВ поступали в коррелятивные толщи равномерно, что связано с незначительными в это время изменениями тектонического режима и палеорельефа. Поэтому отложения нижнего карбона ТВС отражают погребенную поверхность выравнивания на границе девона и карбона и по всему разрезу обогащены продуктами выветривания, представляя тем самым формацию древних КВ [7–12, 25]. Общая картина осадконакопления в карбоне (по сравнению с девонem) изменялась мало. На территории ТВС в карбоне и перми широкое развитие получили низменные заболоченные равнины с угленосными отложениями. В конце пермского периода во многих районах СП начались излияния лав и внедрение траппов (особенно сильно проявившиеся к началу раннего триаса). К концу этого периода длительная эпоха денудации завершилась пенепленизацией СП. Региональная пенепленизация в среднем и позднем триасе обусловлена эпохой относительного тектонического покоя, предшествующая юрской активизации СП. В этот же период происходило формирование мощной КВ, причем корообразование, денудация и переотложение элювиальных продуктов в коррелятивные толщи происходили относительно равномерно, что было обусловлено (как и в позднем девоне – раннем карбоне) слабым изменением палеорельефа и тектонического режима. Поэтому иреляхская свита рэт-геттанга Ангаро-Вилуйского наложенного мезозойского прогиба (АВНМП), наиболее обогащенная продуктами переотложения КВ (являющаяся формацией КВ и продуктов их переотложения), – отражение погребенной денудационной поверхности среднего-верхнего триаса.

В пределах упомянутых выше основных алмазонасных районов СП, расположенных в пределах Якутской алмазонасной провинции (ЯАП), древние КВ развиты на различных породах: терригенно-карбонатных нижнего палеозоя, долеритах, туфах и туфобрекчиях трубчатых тел, туфоген-

ных образованиях корвунчанской свиты и кимберлитах. В структурном плане древние КВ приурочены преимущественно к конседиментационным палеоподнятиям [7–13], в пределах которых в период формирования перекрывающих их отложений развивались обстановки денудационных и денудационно-аккумулятивных равнин. В конседиментационных палеоподнятиях, служивших местами аккумуляции переотложенного материала КВ, были неблагоприятные условия для интенсивного корообразования. Например, в позднедевонское-раннекаменноугольное время в МБАР относительно наиболее полные и мощные (до 15 м) площадные остаточные КВ на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя развивались (а затем сохранились от размыва) на Мирнинском, Улу-Тогинском, Джункусском и Чернышевском палеоподнятиях, обрамлявших Ботубинскую, Улу-Тогинскую, Джункусскую и Ахтарандинскую впадины (рис. 1). При этом в отдельных разрезах устанавливаются верхние горизонты КВ, свидетельствующие о формировании в них полных профилей. Подобные палеогеоморфологические особенности развития и распределения характерны и для

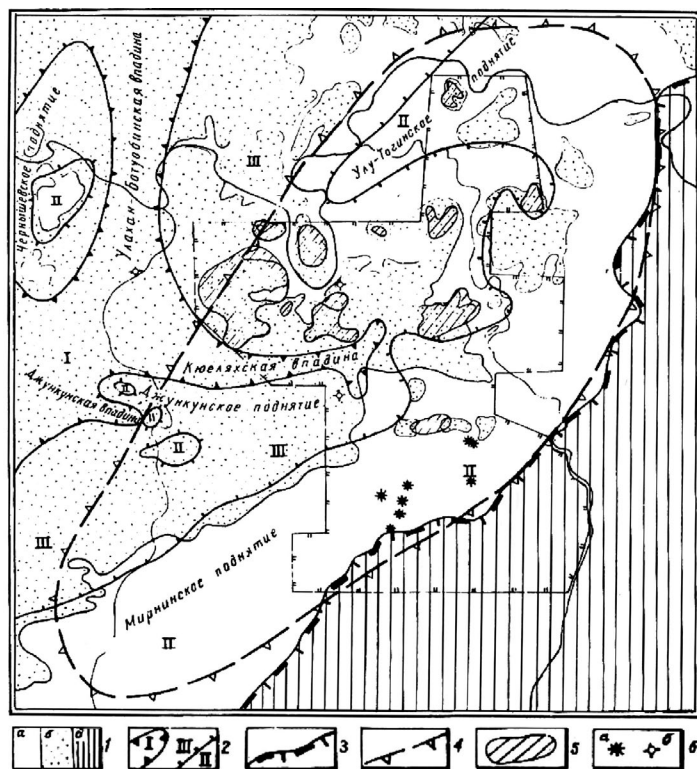


Рис. 1. Карта поверхностей позднедевонско-раннекаменноугольного выравнивания и КВ МБАР [8]:

1 – поверхности выравнивания и развитые на них КВ верхнего девона – нижнего карбона (а – частично уничтоженные и перекрытые верхнепалеозойскими отложениями; б – отпрепарированные и в значительной степени уничтоженные более поздними денудационными процессами; в – полностью уничтоженные в период дорэтского среза территории в пределах центральной части АВНМП); 2 – площади территориально совпадающие с конседиментационными палеовпадинами, а также с верхними и нижними частями конседиментационных палеоподнятий, в пределах которых условия для развития и сохранения КВ и продуктов их ближнего переотложения были неблагоприятными (I), благоприятными (II), весьма благоприятными (III); 3 – северо-западная граница центральной части АВНМП; 4 – граница Нижне-Ботубинского неотектонического поднятия; 5 – поля развития КВ на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя; 6 – трубки взрыва (а – кимберлитов, б – трапповых пород)

средне-позднетриасовых КВ на аналогичных породах, которые в МБАР формировались (рис. 2) в двух различных структурно-формационных зонах [11–13], резко отличающихся условиями развития и сохранения элювиальных продуктов. Одна из них охватывает всю северо-западную половину территории района и в структурном отношении совпадает с северо-западным бортом АВНМП, являвшегося на протяжении длительного времени (норий-ранний лейас)

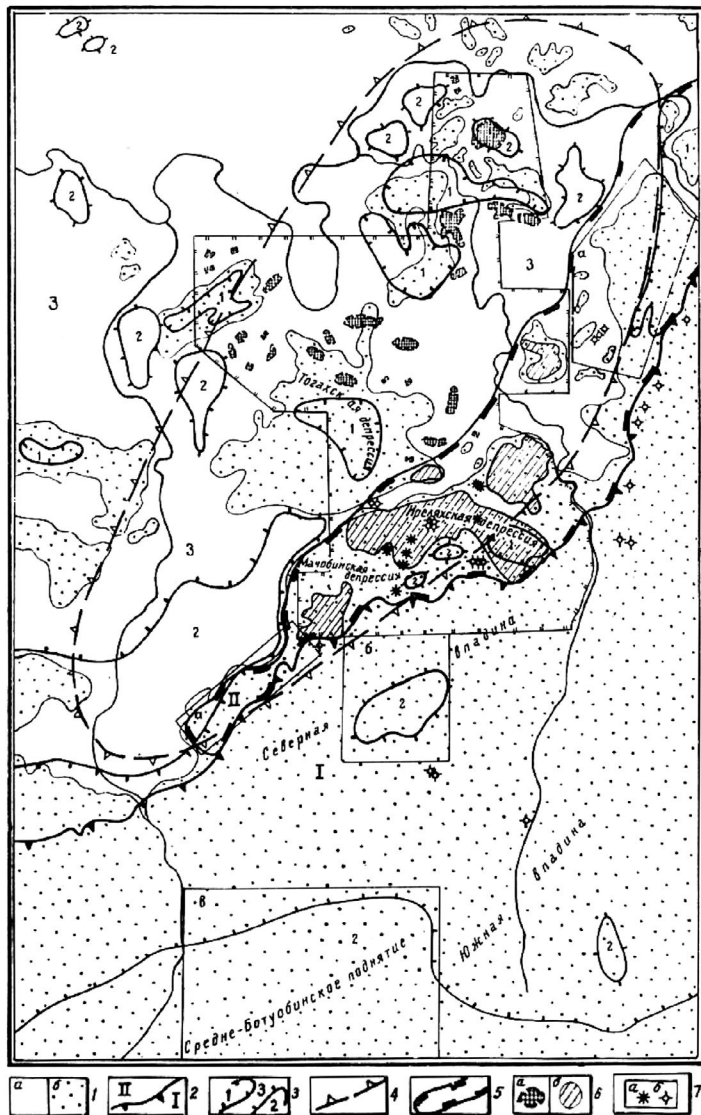


Рис. 2. Карта поверхностей средне-позднетриасового выравнивания и КВ МБАР [9]:

1 – поверхности выравнивания и развитые на них КВ среднего-верхнего триаса, в значительной степени уничтоженные более поздними денудационными процессами; а – открытые верхнетриасовыми-нижнеюрскими отложениями, б – отпрепарированные; 2 – граница двух структурно-формационных зон: I – юго-восточной, территориально совпадающей с центральной частью АВНМП; II – северо-западной, охватывающей северо-западный борт этого прогиба, преимущественно трапповое плато; 3 – площади, в пределах которых условия для развития и сохранения КВ и продуктов их ближнего переотложения были неблагоприятными (1), благоприятными (2) и весьма благоприятными (3); 4 – граница Нижне-Ботубинского неотектонического поднятия; 5 – граница площади распространения преимущественно терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя; 6 – поля развития КВ на долеритах и туфах нижнего триаса (а), на терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя (б); 7 – трубки взрыва: трапповых (а) и кимберлитовых (б) пород

денудационной, и только в плинсбахе – денудационно-аккумулятивной поверхностью. Здесь ко времени корообразования были развиты верхнепалеозойские терригенно-вулканогенные отложения, а также породы трапповой формации (долериты, туфы и туфогенные образования) нижнего триаса. Только в полосе шириной примерно 25–30 км вдоль бровки северо-западного борта АВНМП в то время обнажались терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя, подвергающиеся интенсивному корообразованию. Вторая – юго-восточная зона района, совпадающая с центральной частью АВНМП, где в среднем и позднем триасе обнажались терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя, была неблагоприятной для интенсивного корообразования. В процессе выветривания разрушенный материал субстрата носился в пониженные участки центральной части прогиба. Возможно, на небольших поднятиях в прогибе КВ она могла достигать значительной мощности. В ДААР также устанавливается приуроченность КВ к палеоподнятиям и их склонам. Поля развития площадных остаточных КВ на терригенно-карбонатных породах ордовика и силура тяготеют к Чукук-Мархинскому и Верхне-Алаkitскому поднятиям и их склонам, на которых устанавливаются фрагменты более мощных (до 15 м) и широких (по площади) элювиальных толщ, а в ближайших депрессиях отмечается аккумуляция продуктов их переотложения.

В позднедевонское-раннекаменноугольное время на большей части территории Непско-Ботубинской и Анабарской антеклиз и их склонов, а также почти на всей площади МБАР и ДААР выветриванию подвергались повсеместно обнажавшиеся *терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя*. В средне-позднетриасовое время корообразование на этих породах происходило только в юго-восточной части МБАР. Из-за значительно большего эрозионного среза пород в допозднепалеозойское время, чем в дораннеюрское, сохранность средне-позднетриасовых КВ оказалась здесь значительно лучшей, чем позднедевонских-раннекаменноугольных. В целом эти КВ вместе с перекрывающими их отложениями фиксируют поверхность последних циклов денудации этих двух глобальных и продолжительных эпох выветривания, приведших к формированию разновозрастных формаций КВ и продуктов их переотложения. Комплексные исследования многих профилей выветривания этих пород показали, что несмотря на различный возраст, условия формирования и сохранности КВ, есть общие их свойства и минеральный состав. В легкой фракции продуктов КВ терригенно-карбонатных пород повышены концентрации полуокатанных и окатанных зерен кварца и халцедона, а также угловатых обломков опала. Здесь отмечено и повышенное, по сравнению с другими выветрелыми толщами, содержание кислых плагиоклазов (альбита и плагиооклаза) и санидина, которые в верхних горизонтах разрезов чаще всего регенерированы и изменены. Зерна плагиооклазов обычно имеют неправильную форму со сглаженными углами. Слабо выветрелым терригенно-карбонатным породам свойственно также присутствие вторичных сульфатных минералов – алюминита, паралюминита, базалюминита, ярозита и др. Для тяжелой фракции довольно характерны полуокатанные и окатанные зерна апатита, альмандина, турмалина, циркона, эпидота, а также повышенные концентрации аутигенного пирита, сидерита, барита и ярозита. В отдельных разрезах отмечены также единичные пластинчатые обломки хлоритоида, брусита, муассанита, не встре-

ченные в КВ других типов. Присутствующий в терригенно-карбонатных породах триоктаэдрический и в основном раннекатагенетический тонкодисперсный хлорит, образующий в породах цемент, быстро разлагается в зоне гипергенеза. Поэтому пелитоморфные продукты выветривания этих пород представлены исключительно диоктаэдрическими минералами. На самой ранней стадии выветривания – это первичные минералы (гидрослюда и монтмориллонит-гидрослюдистое смешанослойное образование – МГСО), а на более поздних стадиях и вторичные минералы (типа каолинита). Особенностью глинистой составляющей КВ терригенно-карбонатных пород, независимо от времени их формирования, следует считать повсеместное присутствие в её составе диоктаэдрической гидрослюда $2M_1$ с Al и Fe^{3+} в октаэдрических позициях. Весьма характерным минералом в продуктах выветривания этих пород является также МГСО с различной тенденцией к упорядоченности (рис. 3), что показывает выветривание терригенно-карбонатных пород, резко отличающееся от характера изменения в гипергенных условиях магматических пород региона (долеритов, туфов и туфогенных образований, а также кимберлитов). Вектор преобразования терригенно-карбонатных пород направлен непосредственно к полю каолинита, что в целом соответствует известной закономерности его образования при выветривании кислых и близких к ним (по химическому составу) осадочных пород. Этот вывод подтверждается нашими данными о закономер-

ном развитии каолинита в наиболее полных профилях КВ терригенно-карбонатных пород.

Учитывая общие черты в вещественном составе продуктов выветривания пород трапповой формации (туфов, туфогенных образований и долеритов), целесообразно рассматривать их минералогическо-геохимические особенности совместно, акцентируя внимание не только на отличительных чертах состава, характеристике первичных минералов, но и на некоторых аспектах строения и кристаллической структуры, что подчеркивает главнейшие типоморфные признаки элювиальных продуктов. Характерными минералами легкой фракции выветрелых пород трапповой формации являются в различной степени измененные плагиоклазы (от андезина до битовнита) и гейландит. Вверх по разрезам в породах обычно увеличивается содержание олигоклаза, что связано с меньшей устойчивостью средних и основных плагиоклазов. В слабоизмененных зернах плагиоклазов довольно часто наблюдаются полисинтетические двойники. Гейландит в породе представлен мелкими угловатыми пластинчатыми обломками неправильной формы. Довольно характерными для КВ туфов и туфогенных пород можно считать также выделения аллофана. Типоморфным минералом тяжелой фракции пород трапповой формации является ильменит [5, 10]. В КВ долеритов обычно доминируют толстотаблитчатые и пластинчатые кристаллы минерала с хорошо развитыми гранями и угловатые обломки с реликтами огранки. В КВ туфов и туфогенных пород зерна ильменита преимущественно неправильной формы со сглаженными краями, реже – остроугольные обломки. Довольно характерна для выветрелых пород трапповой формации значительная концентрация амфиболов, моноклинных пироксенов, эпидота, клиноцоизита, цоизита, турмалина, циркона, дистена и вулканического стекла. Среди тяжелых аутигенных минералов резко доминируют разнообразные выделения гидроксидов железа, что придает им буроватую окраску. Для глинистых минералов из слабоизмененных долеритов таким является $Mg-Fe^{3+}$ -монтмориллонит [8–14], ассоциирующий с вермикулитом. Обе фазы являются сегрегированными друг от друга и в структурном отношении представляют механическую смесь. По мере возникновения в верхних частях наиболее полных измененных профилей выветривания пакетов монтмориллонита в пределах всего объема кристаллов, микроблоки вермикулита распадаются на отдельные слои, сохраняющие, несмотря на сопровождающую этот процесс их существенную диоктаэдризацию, реликтовую структуру последнего [5, 8]. Такие слои, неупорядоченно чередуясь с разбухающими пакетами, образуют смешанослойную фазу, присутствие которой в продуктах выветривания основных пород, в связи с иной природой чередующихся пакетов, является их типоморфным признаком. При резком уменьшении количества вермикулитовых пакетов в структуре смешанослойного образования оно (с одновременным резким увеличением количества дефектов в структуре) все более приближается к диоктаэдрическому типу, что также сопровождается усилением роли Al в октаэдрических позициях структуры этой фазы. Данное смешанослойное образование характеризуется беспорядочным наложением слоев в структуре и пониженными значениями параметра b (0,894–0,896 нм) элементарной ячейки. Ему свойственно также слабое разбухание с глицерином после насыщения К, что указывает на относительно высокий заряд слоистых слоев структуры. Анализ вариационных LM/OK-диаграмм показал [24], что,

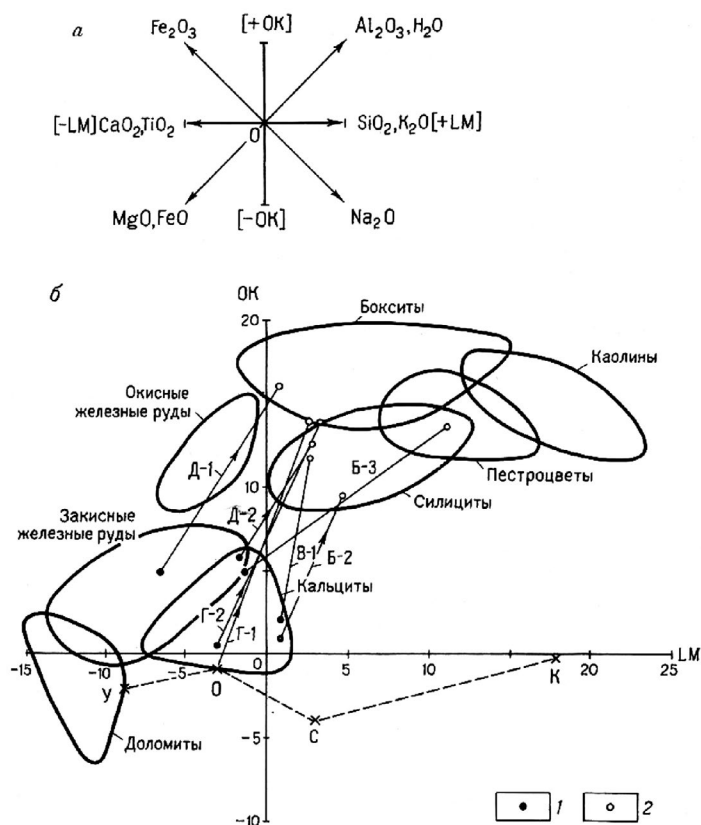


Рис. 3. Вариационная диаграмма LM-OK химического состава пород и продуктов их изменения в земной коре [24]

а – векторы породообразующих окислов на диаграмме; б – распределение химических составов продуктов выветривания терригенно-карбонатных пород (Б), долеритов (В), туфов и туфогенных образований (Г) и кимберлитов (Д). Породы: У – ультраосновные, О – основные, С – средние, К – кислые; Б-2 – скв. 432/192; Б-3 – скв. 114/176; Б-1 – скв. 202/44; Г-1 – скв. Ан-50; Г-2 – скв. 280/188; Д-1 – скв. А-63К; Д-2 – шахта 102. 1 – исходные породы, 2 – выветрелые продукты

несмотря на определенное различие исходных пород основного состава, продукты их выветривания по химическому составу на данной стадии гипергенного преобразования имеют тенденцию к сближению. Векторы выветривания основных пород исследованных алмазоносных районов СП направлены (рис. 3) к полю бокситов, что обусловлено образованием при их выветривании гидроксидов Al. Происходящее значительное перераспределение Si и вынос его избытка и железа из структуры первичных минералов обуславливает первоначальное развитие каолинита в средних частях наиболее измененных профилей, а в отдельных трубчатых телах туфогенных пород (Ан-49) – и гиббсита.

Для установления закономерностей преобразования *кимберлитов* и определения типоморфных особенностей продуктов их выветривания проведено [8–11, 16–21] комплексное исследование профилей выветривания СП, Восточно-Европейской платформы (ВЕР) и Гвинеи. Для легких фракций образований КВ кимберлитовых пород характерно постоянное присутствие бледно-оливковых и желтовато-зеленых чешуек флогопита и продуктов его изменения (хлорита и вермикулита), обломков серпентина, а также глинисто-карбонатных агрегатов, состоящих преимущественно из смеси глинистых минералов, кальцита и доломита. В сильно химически переработанных продуктах выветривания кимберлитов увеличивается количество пиропы, корродированного по кубоидному типу [1–4]. Нередки в КВ кимберлитов зерна пиропы с белесой рубашкой, столь характерной для древних россыпей района. Как для плотных, так и для выветрелых кимберлитов характерны пиропы с келифитовой каймой. В зависимости от степени выветрелости кимберлитов отмечены различные следы изменения оливина (вплоть до полной его серпентинизации), пироксенов, хромшпинелидов и пикроильменита. В глинистой составляющей продуктов выветривания кимберлитов, кроме содержащихся в легкой фракции серпентина, хлорита и вермикулита, присутствует также монтмориллонит, МГСО и гидрослюда. Судя по значению $b=0,893$ нм, в октаэдрических сетках структуры разбухающих минералов содержатся в основном Fe^{3+} и Al. В нижних и средних частях КВ кимберлитов эта смешанослойная фаза характеризуется тенденцией к упорядоченному чередованию пакетов. К верхам профилей в ней появляются явные элементы разупорядочения структуры, в лабильных промежутках (как и в монтмориллоните), преобладают Mg и Ca. Во фракции мельче 0,001 мм слабоизмененных кимберлитов (преимущественно зона дезинтеграции) серпентин представлен пластинчатой разновидностью, структура которой состоит из слоев типов А и В [8–12]. Сохраняется минерал вплоть до самых верхов профилей выветривания, где характеризуется только полиморфом А. При этом для частиц новообразованного полиморфа (А) вначале характерна округлая глобулярная форма (размер глобул до 0,5 мкм). Глобулы образуются иногда на острых гранях других минералов. Они сочленяются в вытянутые червеподобные сростки длиной в несколько микрометров. Вверх по разрезу обычно увеличиваются размеры частиц новообразованного серпентина и его сростков. Отсюда следует, что морфологические выделения серпентина в породах, не затронутых выветриванием, существенно отличаются от его форм в продуктах гипергенного изменения кимберлитов и родственных им пород. Направление вектора выветривания кимберлитов на вариационной LM-ОК-диаграмме [24]

занимает (рис. 3) промежуточное положение между полем терригенно-карбонатных образований и пород основного состава, т. е. в продуктах их выветривания с одинаковой вероятностью может идти образование как оксидов, так и каолинита. При этом свойственный слюде в кимберлите полиморф 1М как менее устойчивый при выветривании обуславливает сравнительно более быстрое накопление в продуктах диоктаэдризации Al, чем выветривание слюды 2М₁ в терригенно-карбонатных породах.

Продолжительность периодов корообразования, протекающих при теплом влажном климате и относительно хорошем дренаже территории, существенно влияет на мощность элювиальных толщ и на количество алмазов, высвобождающихся из этих толщ при их образовании, либо непосредственно на кимберлитах, либо в продуктах их ближнего переотложения во вторичных коллекторах. Оценивая с этих позиций изложенные выше данные о древних КВ основных алмазоносных районов СП как в целом, так и в наиболее богатых алмазами МБАР и ДААР, можно отметить, что в позднедевонское-раннекаменноугольное и средне-позднетриасовое время здесь существовали благоприятные условия для интенсивного корообразования. Об этом свидетельствуют, в первую очередь, сохранившиеся от размыва мощные КВ с высокореальными верхними горизонтами. Непосредственно в КВ россыпи алмазов формируются только над кимберлитовыми трубками, что приводит к ограниченному их размеру [1–5]. На других породах россыпи не образуются, за исключением случаев, когда субстратом являются вторичные коллекторы алмазов (например, верхнепалеозойские отложения). Поэтому важное значение имеет установление условий размыва и переотложения продуктов КВ при накоплении верхнепалеозойских и мезозойских отложений, детально изученных нами в пределах МБАР, где они одновременно имеют широкое развитие. Следует отметить, что если формирование этих отложений (и в первую очередь их грубообломочных горизонтов) происходило в условиях накопления делювиально-пролювиальных, пролювиально-аллювиальных и озерных фаций (т. е. за счет преимущественно ближнего сноса местного материала), то тогда вблизи кимберлитовых тел формировались россыпи алмазов. При обильном привносе чуждого региону терригенного материала и развитии аллювиальных фаций происходил размыв КВ на кимберлитах, что приводило к выносу обогащенных алмазами продуктов за пределы локальных участков и сильному разубоживанию их за счет “транзитного” неалмазоносного аллювия. В таких условиях образование алмазных россыпей становилось практически невозможным. Переотложение продуктов выветривания вблизи областей денудации и накопление их в основном в пресноводных континентальных водоёмах, а также небольшая мощность сформировавшихся осадочных толщ и незначительные погружения их определили, в частности, слабое гидрохимическое воздействие среды на аллотигенные минералы, а также отсутствие наложенных на них процессов катагенетического преобразования. Эти условия привели к тому, что глинистые минералы верхнепалеозойских и мезозойских осадочных толщ основных алмазоносных районов СП, связанные преимущественно с процессами переотложения различных продуктов выветривания, определенным образом наследуют структурные и кристаллохимические особенности минералов из элювиальных толщ. Это позволяет использовать изложенные выше типоморфные признаки однотипных минералов легкой, тя-

желой и глинистой фракций, а также геохимические особенности выветрелых пород для идентификации в осадочных толщах продуктов, поступивших из различных источников сноса и связанных с гипергенными изменениями пород различного химического и минералогического состава.

На протяжении *позднего палеозоя* в МБАР (северо-восточный борт ТВС) унаследованное и некомпенсированное опускание отдельных участков территории привело к образованию ряда конседиментационных депрессий: Ахтарандинской на западе, Улахан-Ботубинской, охватывающей нижнее течение р. Б. Ботубии, и Кюеляхской – в верховье р. Кюелях. Между этими депрессиями располагаются участки, испытавшие относительно замедленное опускание территории. Так, на западе района установлено Чернышевское поднятие, а в районе Улу-Тогинской петли р. Виллюй – Улу-Тогинское, совпадающее с осевой линией Улу-Тогинского поднятия. Все это обусловило образование в пределах поднятий и их склонов осадков, обогащенных местным, а в депрессиях – преимущественно чуждым району материалом. В районе пока не обнаружены кимберлитовые трубки, перекрытые верхнепалеозойскими отложениями. Однако находки в базальных горизонтах этих поднятий заметных концентраций алмазов и других индикаторных минералов кимберлитов (ИМК) со специфическими свойствами позволяют предполагать присутствие на этой территории еще неоткрытых коренных источников. В позднедевонское-раннекаменноугольное время неоткрытые пока кимберлитовые диатремы подвергались эрозии и высвободившийся вследствие выветривания кимберлитовый материал формировал россыпи различных генетических типов. Главнейшими образованиями верхнего палеозоя МБАР, в формировании которых значительную роль сыграли позднедевонские-раннекаменноугольные КВ, являлись породы лапчанской (P_1l), ботубинской (P_1bt) и боруллойской (P_2br) свит. Преобладание в базальных горизонтах *лапчанской свиты* крупнообломочного материала из местных источников сноса (известняки, известковистые песчаники, доломиты и др.), полевошпатово-кварцевый (нередко до кварцевого) состав минералов легкой фракции, обедненный комплекс минералов тяжелой фракции (с преобладанием их аутигенных разновидностей) указывают на преобладание в составе пород лапчанской свиты материала переотложенной КВ на терригенно-карбонатных породах. В разрезах лапчанской свиты, непосредственно залегающих на КВ терригенно-карбонатных пород, в нижних горизонтах отмечены [8–13, 17–21] максимальные концентрации каолинита и диоктаэдрической гидрослюда $2M_1$. Однако отмечены случаи, когда в пробах из нижних базальных горизонтов этих толщ указанная гидрослюда отсутствует вообще, подчеркивая неравномерность распределения выветрелого материала данного типа. Для пелитовой составляющей лапчанской свиты свойственна также повышенная концентрация Mg-Fe-хлорита, по структурно-морфологическим особенностям близкого к установленному в КВ терригенно-карбонатных пород. Это как содержание и состав грубообломочного материала, а также минеральные парагенезисы легкой, тяжелой и глинистой фракций позволяют утверждать, что в период формирования осадков лапчанской свиты в них преобладали продукты переотложения КВ терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя и кластических образований среднего палеозоя. Значительно меньшую роль играли в этом процессе выветрелые продукты основного и ультраосновного состава.

В грубообломочном комплексе образований *ботубинской свиты* отмечено повышенное (до 60 %) содержание гальки кварцитов. Отсортирован обломочный материал в базальных горизонтах этой свиты обычно плохо. Как и для лапчанской свиты, в базальных горизонтах ботубинской свиты не отмечены четкие закономерности распределения главнейших минералов легкой, тяжелой и глинистой фракций, что указывает на неравномерное распределение здесь материала древних КВ. Основные породообразующие минералы ботубинской свиты – кварц и полевые шпаты. Весьма типичны здесь минералы группы эпидота, среди которых, в отличие от лапчанской свиты, преобладает эпидот. Отдельные прослои обогащены чешуйчатыми выделениями биотита, лепидомелана, мусковита и хлорита. Для тяжелой фракции характерно присутствие в различной степени окатанных зерен циркона, турмалина и апатита. В отличие от лапчанской свиты, в нижних горизонтах ботубинской увеличивается концентрация монтмориллонита, неупорядоченных МГСО и вермикулит-монтмориллонитовых смешанослойных образований (ВМСО), что свидетельствует о возрастании в этих горизонтах роли продуктов выветривания пород основного и ультраосновного составов и уменьшении роли продуктов выветривания терригенно-карбонатных пород. На это указывают также сравнительно меньшие концентрации диоктаэдрической гидрослюда $2M_1$ и каолинита с относительно упорядоченной структурой. Нередко отмечается достаточно высокая концентрация каолинита по всему разрезу свиты, что связано с поступлением его из верхних горизонтов КВ на породах трапповой формации. В грубообломочном материале *боруллойской свиты* несколько увеличивается содержание обломков кварца. Основное отличие пород этой свиты от нижележащих каменноугольно-пермских отложений сводится к широкому присутствию в легкой и тяжелой фракциях слюдистых минералов (биотита, мусковита и лепидомелана). Постоянно присутствуют в этих породах минералы группы эпидота. Отмечены также различия в минеральном составе базальных горизонтов и всего разреза в целом. Так, для проб из базального горизонта свиты характерно отсутствие слюды и хлорита, а также повышенные содержания ильменита, лейкоксена, а иногда и альмандина. В пелитовой составляющей преобладают монтмориллонит, неупорядоченные МГСО и ВМСО, а в проницаемых породах (песчаниках и алевролитах) пойменных и озерно-болотных фаций – и каолинит. Уменьшается содержание гидрослюда и хлорита. Анализ особенностей минерального состава отложений боруллойской свиты позволяет считать, что в процессе их формирования доминирующее влияние оказали продукты выветривания основных пород среднепалеозойского возраста. Выветрелые толщи терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя, которые к тому времени в значительной степени были уже перекрыты отложениями лапчанской и ботубинской свит, играли подчиненную роль. Следует отметить, что некоторое количество встреченных в боруллойской свите минералов легкой, тяжелой и глинистой фракций может быть связано также с перемывом и переотложением пород средне-позднекаменноугольного и раннепермского возраста. Это касается незначительного количества монтмориллонита и ассоциирующих с ним смешанослойных образований. Неравномерное распределение по разрезу свиты продуктов КВ терригенно-карбонатных пород подчеркивается особенностями гидрослюда $2M_1$ и каолинита.

В мезозойское время в пределах большей части МБАР, территориально совпадающей с АВНМП, существовали две структурно-формационные зоны, которые характеризовались специфическими особенностями строения, наложившими определенный отпечаток на формирующиеся осадки. Материал древних КВ попадал в бассейны седиментации в период формирования здесь континентальных отложений иреляхской ($T_3 - J_{ir}$) и укугутской (J_{uk}) свит, а также прибрежно-морских плинсбахского (J_{ip}) и тоарского (J_{it}) ярусов. В отложениях *иреляхской свиты* псефитовые породы представлены [6–8] гравелитами, конгломератами, брекчиями, а также рыхлыми галечно-щебеночными отложениями. В основании разреза они обычно образуют линзы и прослои, а по разрезу отмечаются только рассеянные гальки и гравий. Наибольшая мощность прослоев грубообломочных пород отмечена в нижней толще иреляхской свиты в пределах приосевой части АВНМП, где обломочный материал представлен преимущественно (до 80 %) сравнительно хорошо окатанными разнообразными (метаморфическими, кислыми, средними, щелочными изверженными и интрузивными) чуждыми району породами. Обломки местных пород (различно измененные терригенно-карбонатные породы нижнего палеозоя и траппы) окатаны слабо. Широко распространены здесь псаммиты, представленные граувакковыми аркозами, полевошпат-кварцевыми и кварц-полевошпатовыми граувакками. Чисто алевритовые и глинистые породы в разрезах приосевой части прогиба встречаются сравнительно редко. Петрографический состав крупнообломочного материала в иреляхской свите этой части прогиба, как и данные пофракционных минералогических исследований, указывают на незначительную концентрацию здесь продуктов перемыва и переотложения древних КВ. Для иреляхских отложений вдоль отмеченной полосы АВНМП характерно развитие глин с прослоями тонкозернистых песков и алевритов. Более полные разрезы свиты сохранились здесь в Иреляхской и Мачобинской депрессиях. Стратотипом иреляхских отложений этого района можно считать [8–13] разрезы древней россыпи, расположенной в локальной впадине на борту Иреляхской мезозойской депрессии. Повышенная концентрация продуктов переотложения древних КВ отмечается в нижних горизонтах свиты. Обычно в таких участках увеличивается крупность песка и появляется примесь галечного и гравийного материала. Нередко в нижних частях разрезов встречаются глыбы и щебень по-разному выветрелых терригенно-карбонатных пород нижнего палеозоя и значительная концентрация ИМК (пиропы и пикроильменита). Вверх по разрезу содержание выветрелого материала резко уменьшается. Неравномерно распределяется и выветрелый материал кимберлитов. При этом наблюдается и различная дальность его переноса, что, кроме различного морфологического облика ИМК и самих алмазов, подтверждается и установлены нами [8–11] присутствием здесь некоторых вторичных минералов, характерных для кимберлитов: Fe-Mg-хлорита, вермикулита и серпентина политипной модификации А. О незначительном переносе этих минералов свидетельствуют их структурно-морфологические особенности и приуроченность к иреляхским алмазоносным россыпям МБАР, сформированным вблизи от коренных месторождений. В отличие от этого, *отложения укугутской свиты* в целом характеризуются незначительной концентрацией продуктов переотложения древних КВ. Нижние горизонты укугутской свиты сложены довольно

мощной толщей конгломератов, галечный материал в которых представлен разнообразными изверженными, метаморфическими и осадочными породами. Подавляющее большинство (до 90 %) этих образований являются чуждыми для района. В депрессиях траппового плато (северо-западный борт прогиба) отложения укугутской свиты более обогащены продуктами переотложения древних КВ, чем в центральной части прогиба, но значительно меньше, чем иреляхские породы. В отложениях укугутской свиты северо-западного борта прогиба развиты гравелиты, отличающиеся от иреляхских большей грубозернистостью и иным составом обломков, среди которых не встречаются пелитизированные эффузивы. В укугутских отложениях заметно больше гравийных зерен кварца и полевых шпатов (ортоклаза и микроклина). Довольно характерны для укугутских отложений песчаные образования. В отличие от иреляхской свиты в укугутских появляются сильно хлоритизированные обломки эффузивов или туфов с реликтовыми порфиоровыми и кристалловитрокластическими структурами. Алевритовые и глинистые породы в укугутских разрезах встречаются сравнительно редко и обычно залегают в виде отдельных прослоев в различных частях изученной территории. Иногда в разрезе отмечается тонкое переслаивание алевролитов, глин и мелкозернистых песчаных пород, а в алевритах наблюдаются мелкие частицы хлоритизированных пород, по форме и структуре напоминающие пелитизированные обломки, встреченные в иреляхской свите, но отличающиеся от них интенсивным зеленым цветом и значительными концентрациями хлорита. В целом результаты комплексного изучения вещественного состава укугутских отложений показывают, что они слабо обогащены продуктами переотложения КВ. Только в локальных депрессиях северо-западного борта прогиба, в случае непосредственного залегания их на КВ терригенно-карбонатных пород и траппов, в нижних горизонтах увеличивается концентрация аллотигенных глинистых минералов, связанных с выветриванием указанных пород. В отложениях *плинсбахского яруса* крупнообломочные породы пользуются ограниченным распространением. Их петрографический состав менее разнообразен, чем в укугутской свите, и обычно тесно связан с составом местных пород. Довольно широко развиты в плинсбахских отложениях псаммитовые образования (преимущественно аркозовой и граувакковой групп), что характерно и для аналогичных пород *тоарского яруса*. От аналогичных образований укугутской свиты отложения плинсбахского и тоарского ярусов отличаются более высоким содержанием литоидных обломков и частично их составом. Алевролиты плинсбахского яруса нередко переслаиваются с песчаными образованиями, образуя алевро-песчанистый ритмолит. Они обычно плохо сортированы, имеют полимиктовый состав и повышенную углистость. В таких алевритах обычно много хлоритизированных обломков слюд и продуктов их изменения – хлоритов. Для тоарских отложений также характерны алевритовые породы, отличающиеся значительной крупностью частиц, большими примесями глинистого вещества, полимиктовым составом и обилием скоплений хлорита и сидерита, а также заметно меньшим содержанием слюд и обломков неизмененных пород. Для отложений плинсбахского и тоарского ярусов в целом не свойственна высокая концентрация продуктов выветривания других пород, что подтверждается особенностями вещественного со-

става этих толщ. Это подчеркивается незначительной примесью в них аллотигенных глинистых минералов. В период формирования этих отложений небольшую роль играли только продукты древних КВ основных пород, на что указывает присутствие в пелитовой составляющей аллотигенного монтмориллонита и смешанослойных образований, характерных для данного типа выветрелых пород.

Таким образом, проведенные исследования позволяют утверждать, что позднедевонские-раннекаменноугольные и средне-позднетриасовые эпохи характеризуются активным развитием процессов корообразования, протекающих в условиях теплого и влажного климата, в результате чего образовались соответствующие формации КВ. Сложный многокомпонентный состав исходных пород в древних КВ СП (за исключением терригенно-карбонатных пород), содержащий ди- и триоктаэдрические минералы, в структуре которых есть трех- и двухвалентные порообразующие элементы, обусловил замедленное преобразование первичного материала. В результате формирования разрезов КВ зачастую приостановилось на начальных стадиях. Развитие неполных профилей выветривания вызвано прежде всего слабым выносом двухвалентных катионов из первичных минералов. Поэтому вновь возникающие фазы будут диоктаэдричными и нередко сохраняют смешанный состав структурных катионов. Поскольку в продуктах выветривания преобладает пелитовая составляющая, важнейшими типоморфными признаками глинистых образований в изученных КВ являются: а) повсеместное присутствие диоктаэдрической гидрослюды ($2M_1$) в КВ терригенно-карбонатных пород и её постоянная ассоциация в наиболее зрелых профилях с каолинитом относительно наиболее упорядоченной структуры, чем у каолинита, образовавшегося за счет других пород; б) постоянное наличие в разрезах КВ пород трапповой формации (долериты, туфы и туфогенные образования) наряду с ди- и триоктаэдрическим монтмориллонитом, а также неупорядоченным ВМСО, в той или иной мере неупорядоченного каолинита, ассоциирующего в КВ туфогенных пород с галлуазитом (при полном отсутствии в продуктах выветривания слюдоподобных минералов); в) содержание в КВ кимберлитов совместно с поликатионным монтмориллонитом, значительного количества триоктаэдрического хлорита (пакеты δ' и δ), серпентина (структурные типы А и В) и в значительной степени измененного флогопита, в том числе и связанной с ними гидрослюды $1M$. Кроме того, установлено, что в изученных КВ смешанослойным образованиям в зависимости от природы исходных минералов, за счет которых они возникли, свойственны как различные виды переслаивания пакетов, так и неодинаковый химический состав в одном и том же типе указанных фаз, что является их важным типоморфным признаком. В частности, ВМСО развито в породах, в которых отсутствуют минералы слюдоподобного типа, а из трехэтажных разновидностей встречается в основном вермикулит. Соответственно МГСО приурочены к породам, содержащим минералы трехэтажного типа с К в межслоевых промежутках, т. е. типично слюдистого типа. По кристаллохимическим особенностям указанная смешанослойная фаза в КВ кимберлитов существенно отличается от аналогичной в измененных терригенно-карбонатных породах. Это связано с иными природой и химическим составом исходного материала, за счет которых в кимберлитах возникло указанное образование, представленное

продуктами диоктаэдризации флогопита и дальнейшей его деградации, что обуславливает свойственный указанным продуктам высокий отрицательный межслоевой заряд, который наследуется от исходной слюдистой структуры. Такие особенности смешанослойной фазы, характеризующейся специфической неоднородностью слагающих её пакетов, являются важным признаком продуктов выветривания кимберлитов. Отмеченные различия в типоморфном составе каждого типа коры выветривания можно успешно использовать при совершенствовании методики поисковых работ на алмазы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н. Минерагения древних россыпей алмазов восточного борта Тунгусской синеклизы//Геология и геофизика. – 1987. – № 1. – С. 90–96.
2. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н. Основные литодинамические типы ореолов индикаторных минералов кимберлитов и обстановки их формирования//Геология рудных месторождений. – 1999. – Т. 41. – № 3. – С. 281–288.
3. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Полигенез алмазов в связи с проблемой коренных россыпей северо-востока Сибирской платформы//Доклады Академии наук. – 1998. – Т. 361. – № 3. – С. 366–369.
4. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Логвинова А. Н. Особенности распределения россыпных алмазов, связанных с докембрийскими источниками//Записки Российского минералогического общества. – 2009. – Т. 138. – № 2. – С. 1–13.
5. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Тычков С. А. Проблема докембрийской алмазоносности Сибирской платформы//Вестник Воронежского государственного университета. Геология. – 2002. – № 1. – С. 19–36.
6. Гладков А. С., Борняков С. А., Манаков А. В., Матросов В. А. Тектонофизические исследования при алмазопроисловых работах. Методическое пособие. – М.: Научный мир, 2008. – 175 с.
7. Дукарот Ю. А., Борис Е. И. Авлакогенез и кимберлитовый магматизм. – Воронеж: ВГУ, 2000. – 161 с.
8. Зинчук Н. Н. Состав и генезис глинистых минералов в верхнепалеозойских осадочных толщах восточного борта Тунгусской синеклизы//Геология и геофизика. – 1981. – № 8. – С. 22–29.
9. Зинчук Н. Н. Сравнительная характеристика вещественного состава коры выветривания кимберлитовых пород Сибирской и Восточно-Европейской платформ//Геология и геофизика. – 1992. – № 7. – С. 99–109.
10. Зинчук Н. Н., Борис Е. И., Яныгин Ю. Б. Особенности минерагения алмаза в древних осадочных толщах (на примере верхнепалеозойских отложений Сибирской платформы). – М.: МГТ, 2004. – 172 с.
11. Зинчук Н. Н., Зуев В. М., Коптиль В. И., Чёрный С. Д. Стратегия ведения и результаты алмазопроисловых работ//Горный вестник. – 1997. – № 3. – С. 53–57.
12. 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. 18–31.
13. Зинчук Н. Н., Мельник Ю. М., Серенко В. П. Апокимберлитовые породы//Геология и геофизика. – 1987. – № 10. – С. 66–72.
14. Зинчук Н. Н., Савко А. Д., Крайнов А. В. Кимберлиты в истории Земли. Методическое пособие для магистров по специализации “Геологическая съёмка и поиски месторождений полезных ископаемых”//Труды НИИГ Воронежского ун-та. – Воронеж: ВГУ, 2013. – Т. 68. – 99 с.
15. Кваснища В. Н., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм микрокристаллов алмаза. – М.: Недра, 1999. – 224 с.
16. Котельников Д. Д., Домбровская Ж. В., Зинчук Н. Н. Основные закономерности выветривания силикатных пород различного химического и минералогического типа//Литология и полезные ископаемые. – 1995. – № 6. – С. 594–601.
17. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Типоморфные особенности и палеогеографическое значение слюдистых минералов//Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 1996. – № 1. – С. 53–61.
18. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Особенности глинистых минералов в отложениях различных осадочных формаций//Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 1997. – № 2. – С. 53–63.

19. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Условия накопления и постседиментационного преобразования глинистых минералов в отложениях терригенной формации//Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. – 2001. – Т. 76. – № 1. – С. 45–53.

20. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н. Об аномалии общей схемы преобразования разбухающих глинистых минералов при погружении содержащих их отложений в стратиферу//Вестник Воронежского государственного университета. Серия геология. – 2003. – № 2. – С. 57–68.

21. Котельников Д. Д., Зинчук Н. Н., Кузьмин В. А. Морфогенетические разновидности каолинита в корах выветривания и осадочном чехле земной коры. Статья 1. Механизм образования каолинита в корах выветривания различных петрохимических типов пород//Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 2006. – № 5. – С. 19–25.

22. Мацюк С. С., Зинчук Н. Н. Оптическая спектроскопия минералов верхней мантии. – М.: Недра, 2001. – 428 с.

23. Харькив А. Д., Зуенко В. В., Зинчук Н. Н., Крючков А. И., Уханов А. В., Богатых М. М. Петрохимия кимберлитов. – М.: Недра, 1991. – 304 с.

24. Хитров В. Г., Зинчук Н. Н., Котельников Д. Д. Применение кластер-анализа для выяснения закономерностей выветривания пород различного состава//Доклады АН СССР. – 1987. – Т. 296. – № 5. – С. 1228–1233.

25. Afanasev V. P., Zinchuk N. N., Griffin V. L., Natapov L. M., Matuchyan G. A. Diamond prospects in the Southwestern plunk of the Tungusk Sineklise//Geology of ore Deposits. – 2005. – Vol. 47. – № 1. – P. 45–62.

26. Vasilenko V. B., Kuznetsova L. G., Volkova N. I., Zinchuk N. N., Krasavchikov V. O. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry//Journal of Geochemical Exploration. – 2002. – Vol. 76. – № 2. – P. 93–112.

27. Vasilenko V. B., Kuznetsova L. G., Zinchuk N. N. On the Correlation between the Compositions of mantle Inclusions and Petrochemical Varieties of kimberlites in Yakutian Diatremes//Petrology. – 2001. – Vol. 9. – № 6. – P. 576–588.

28. Grachanov S. A., Zinchuk N. N., Sobolev N. V. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian Platform//Doklady Eart Sciences. – 2015. – Vol. 465. – № 2. – P. 1297–1301.

29. Serov I. V., Garanin V. K., Zinchuk N. N., Rotman A. Ya. Mantle Sources of the kimberlite Vornicism of the Siberian Platform//Petrology. – 2001. – Vol. 9. – № 6. – P. 576–588.

REFERENCES

1. Afanasev V. P., Zinchuk N. N. Minerageny of ancient placers of diamonds on the eastern side the Tunguska syneclise//Geologija i geofizika. – 1987. – № 1. – P. 90–96. (In Russian).

2. Afanasev V. P., Zinchuk N. N. Main types of litodinamic tipe of kimberlite indication minerals and the conditions of their formation//Geologija rudnyh mestorosdenij. – 1999. – Vol. 41. – № 3. – P. 281–288. (In Russian).

3. Afanasev V. P., Zinchuk N. N., Koptil V. I. Poligines of diamonds in connection nith the problem of primary placers of the north-east of the Siberian platform//Doklady Akademii nauk. – 1998. – Vol. 361. – № 3. – P. 366–369. (In Russian).

4. Afanasev V. P., Zinchuk N. N., Logvinova A. N. Distribution features of placer diamonds associatet with the Precambrian source//Zapiski Rossijskogo mineralogicheskogo obshhestva. – 2009. – Vol. 138. – № 2. – P. 1–13. (In Russian).

5. Afanasev V. P., Zinchuk N. N., Tychkov S. A. The problem of dokembriy diamond content of the Siberian platform//Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Geologija. – 2002. – № 1. – P. 19–36. (In Russian).

6. Gladkov A. S., Bornjakov S. A., Manakov A. V., Matrosov V. A. Tektonophysical research during diamond prospecting. Toolkit. – Moskva: Nauchnyj mir, 2008. – 175 p. (In Russian).

7. Dukardt Ju. A., Boris E. I. Avlacogenesis and kimberlite magmatism. – Voronezh: VGU, 2000. – 161 p. (In Russian).

8. Zinchuk N. N. Composition and genesis of clay minerals in the Upper Paleozoic sedimentary strata of the eastern side of the Tunguska syneclise//Geologija i geofizika. – 1981. – № 8. – P. 22–29. (In Russian).

9. Zinchuk N. N. Comparative characteristics of material composition of kimberlite rocks' crusts of weathering of the Siberian and

East-European platforms//Geologija i geofizika. – 1992. – № 7. – P. 99–109. (In Russian).

10. Zinchuk N. N., Boris E. I., Yanygin Yu. B. Peculiarities of diamond mineralogene in ancient sedimentary talits by the example of the upper Paleozoic Sediments the Siberian platform. – Moskva: MGT, 2004. – 172 p. (In Russian).

11. Zinchuk N. N., Zuev V. M., Koptil V. I., Chernyj S. D. Diamond management strategy and results//Gornyj vestnik. – 1997. – № 3. – P. 53–57. (In Russian).

12. 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//Rudy i metally. – 1999. – № 3. – P. 18–30. (In Russian).

13. Zinchuk N. N., Melnik Yu. M., Serenko V. P. Apokimberlite rocks//Geologija i geofizika. – 1987. – № 10. – P. 66–72. (In Russian).

14. Zinchuk N. N., Savko A. D., Krajnov A. V. Kimberlites in the Earth history//Trudy NIIG Voronezhskogo universiteta. – Voronezh: VGU, 2013. – Vol. 68. – 99 p. (In Russian).

15. Kvasnica V. N., Zinchuk N. N., Koptil V. I. Typomorphism of diamond microcrystals. – Moskva: Nedra, 1999. – 224 p. (In Russian).

16. Kotelnikov D. D., Dombrovskaja Zh. V., Zinchuk N. N. Basic laws of weathering of silicate rocks of various chemical and mineralogical types//Litologija i poleznye iskopaemye. – 1995. – № 6. – P. 594–601. (In Russian).

17. Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N. Typomorphic features and paleogeographic significance of micaceous minerals//Izvestija VUZov. Geologija i razvedka. – 1996. – № 1. – P. 53–61. (In Russian).

18. Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N. Features of Clay minerals in sediments of various sedimentary formations//Izvestija VUZov. Geologija i razvedka. – 1997. – № 2. – P. 53–63. (In Russian).

19. Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N. Conditions for the accumulation and postsedimentary transformation of clay minerals in the sediments of the terrigenous formation//Bjulleten Moskovskogo obshhestva ispytatelej prirody. Otdel geologicheskij. – 2001. – Vol. 76. – № 1. – P. 45–53. (In Russian).

20. Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N. Anomalies of the generals of transformation of swellable clay minerals where the sediments containing them are immersed in the stratisphere//Vestnik Voronezhskogo gosuniversiteta. Serija geologija. – 2003. – № 2. – P. 57–68. (In Russian).

21. Kotelnikov D. D., Zinchuk N. N., Kuzmin V. A. Morphogenetic varieties of kaolinite in weathering crusts and sedimentary cover of the earth's crust. Article 1. Mechanism of kaolinite formation in the weathering crusts of various petrochemical types of rocks//Izvestija VUZov. Geologija i razvedka. – 2006. – № 5. – P. 19–25. (In Russian).

22. Matsuk S. S., Zinchuk N. N. Optical spectroscopy of minerals of the upper mantle. – Moskva: Nedra, 2001. – 428 p. (In Russian).

23. Harkiv A. D., Zuenko V. V., Zinchuk N. N., Krjuchkov A. I., Uhanov A. V., Bogatyh M. M. Petrochemistry of kimberlites. – Moskva: Nedra, 1991. – 304 p. (In Russian).

24. Chitrov V. G., Zinchuk N. N., Kotelnikov D. D. Application of cluster-analysis for clearing out regularities of various composition rocks' weathering//Doklady AN SSSR. – 1987. – Vol. 296. – № 5. – P. 1228–1233. (In Russian).

25. Afanasev V. P., Zinchuk N. N., Griffin V. L., Natapov L. M., Matuchyan G. A. Diamond prospects in the Southwestern plunk of the Tungusk Sineklise//Geology of ore Deposits. – 2005. – Vol. 47. – № 1. – P. 45–62.

26. Vasilenko V. B., Kuznetsova L. G., Volkova N. I., Zinchuk N. N., Krasavchikov V. O. Diamond potential estimation based on Kimberlite major element chemistry//Journal of Geochemical Exploration. – 2002. – Vol. 76. – № 2. – P. 93–112.

27. Vasilenko V. B., Kuznetsova L. G., Zinchuk N. N. On the Correlation between the Compositions of mantle Inclusions and Petrochemical Varieties of kimberlites in Yakutian Diatremes//Petrology. – 2001. – Vol. 9. – № 6. – P. 576–588.

28. Grachanov S. A., Zinchuk N. N., Sobolev N. V. The age of Predictable primary diamond sources in the Northeastern Siberian Platform//Doklady Eart Sciences. – 2015. – Vol. 465. – № 2. – P. 1297–1301.

29. Serov I. V., Garanin V. K., Zinchuk N. N., Rotman A. Ya. Mantle Sources of the kimberlite Vornicism of the Siberian Platform//Petrology. – 2001. – Vol. 9. – № 6. – P. 576–588.

Рукопис отримано 5.10.2020.

УДК 622.279.5

 <https://doi.org/10.31996/mru.2021.2.33-37>

С. В. МАТКІВСЬКИЙ, аспірант кафедри видобування нафти і газу (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу), начальник відділу проектування систем розробки родовищ вуглеводнів (Український науково-дослідний інститут природних газів, м. Харків), matkivskyi.sergey@ndigas.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4139-1381>

S. MATKIVSKYI, PhD student at the department of oil and gas fields development (Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas), head of the hydrocarbon fields development planning department (Ukrainian scientific-research institute of natural gases, Kharkiv), Ukraine, matkivskyi.sergey@ndigas.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4139-1381>

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБВОДНЕННЯ ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ ПОКЛАДІВ ГАДЯЦЬКОГО РОДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ

STUDY OF THE EFFICIENCY OF REGULATION OF THE PROCESS OF WATERFLOODING OF GAS-CONDENSATE RESERVOIRS OF THE HADIACH FIELD USING CARBON DIOXIDE

Для вдосконалення наявних технологій розробки родовищ вуглеводнів в умовах прояву водонапірного режиму досліджено ефективність регулювання надходження пластових вод у продуктивні поклади внаслідок нагнітання діоксиду вуглецю. У процесі дослідження застосовано головні інструменти гідродинамічного моделювання на основі цифрової тривимірної моделі газоконденсатного родовища. За результатами проведених досліджень з'ясовано, що в разі нагнітання неуглеводневого газу в газоконденсатному покладі підтримується пластовий тиск на значно вищому рівні, порівнюючи з розробкою на виснаження. Завдяки цьому забезпечується створення додаткового гідродинамічного бар'єра в зоні нагнітання, що частково блокує рух та перешкоджає просуванню пластової води в газонасичені горизонти. На основі проведених досліджень визначено, що нагнітання діоксиду вуглецю в поклад призводить до зменшення об'ємів видобутку пластової води, порівнюючи з розробкою на виснаження. Завдяки впровадженню досліджуваної технології вторинного видобутку вуглеводнів забезпечується стабільна й безводна експлуатація видобувних свердловин упродовж тривалого періоду. За результатами аналізу головних технологічних показників розробки покладу варто зазначити, що завдяки впровадженню досліджуваної технології забезпечується додатковий видобуток газу та конденсату. Прогнозний коефіцієнт вилучення газу на момент прориву агента нагнітання до експлуатаційних свердловин збільшується на 2,95 % проти варіанта розробки покладу на виснаження за величиною залишкових запасів газу, а коефіцієнт вилучення конденсату водночас зростає на 1,24 %. На основі результатів моделювання можна стверджувати, що впровадження технології нагнітання діоксиду вуглецю мінімізує негативний вплив законтурних вод на процес видобутку вуглеводнів і забезпечує підвищення кінцевих коефіцієнтів вилучення вуглеводнів.

Ключові слова: цифрова модель, родовище, газоконденсатний поклад, водонапірний режим, обводнення, технології, нагнітання діоксиду вуглецю, вуглеводневилучення.

To improve the existing technologies for the development of hydrocarbon reservoirs in the conditions of the manifestation of a water drive, the study of the effectiveness of regulating the flow of formation water into productive reservoirs by injection of carbon dioxide was carried out. The study was carried out using the basic tools of hydrodynamic modeling based on a digital three-dimensional model of a gas condensate field. Based on the results of the studies, it was found that in the case of injection of non-hydrocarbon gas in a gas condensate reservoir, the reservoir pressure is maintained at a higher level compared to depletion development. This ensures the creation of an additional hydrodynamic barrier in the injection zone, partially blocks and prevents the movement of formation water into gas-saturated horizons. Based on the studies carried out, it was found that the injection of carbon dioxide into the reservoir leads to a decrease in the volume of produced water production in comparison with depletion development. Owing to the introduction of the studied technology of secondary hydrocarbon production, stable and waterless operation of production wells is ensured for a long period of additional development of the reservoir. Based on the results of the analysis of the main technological indicators of the reservoir development, it should be noted that due to the introduction of the technology under study, additional gas and condensate production is provided. The predicted gas recovery factor at the time of the injection agent breakthrough in production wells increases by 2,95 % compared to the depletion development option in terms of residual gas reserves, while the condensate recovery factor increases by 1,24 %. Based on the simulation results, it can be argued that the introduction of carbon dioxide injection technology minimizes the negative impact of edge waters on the hydrocarbon production process and ensures an increase in the final hydrocarbon recovery factors.

Keywords: digital model, field, gas condensate reservoir, water drive, waterflooding, technologies, injection of carbon dioxide, hydrocarbon recovery factor.

Вступ

Більшість продуктивних покладів газових і газоконденсатних родовищ виснажені й здебільшого перебувають під впливом пластових водонапірних систем і розробляються в умовах просування пластової води в газонасичені інтервали продуктивних горизонтів [3, 4].

Розробка родовищ за водонапірного режиму характеризується нерівномірним переміщенням газоводяного контак-

ту залежно від характеру розподілу фільтраційно-ємнісних властивостей порід-колекторів як за площею, так і за товщиною. Неоднорідність зумовлює вибіркове обводнення продуктивних покладів по високопроникних пропластках і заземлення частини залишкових запасів газу, які обійшла вода [5].

Рациональна система розробки газових і газоконденсатних родовищ за водонапірного режиму має ґрунтуватися на систематичному контролі за надходженням пластових вод у газонасичені горизонти, а також на контролі за обводненням

видобувних свердловин. У міру виснаження пластової енергії відбувається підняття газоводяного контакту, що призводить до зменшення газонасиченої товщини пластів, появи води в продукції видобувних свердловин і зниження дебітів газу. Визначення положення газоводяного контакту – важливе завдання контролю, без вирішення якого неможлива раціональна розробка покладів [2].

Коефіцієнти вилучення природного газу з продуктивних покладів, для яких характерний активний водонапірний режим розробки, переважно становлять 70–85 % [2]. Що активніша водонапірна система, то більша насиченість залишковим газом і менший коефіцієнт вилучення вуглеводнів з продуктивного пласта [13].

До перспективних методів регулювання надходження пластової води в продуктивні пласти належать технології нагнітання неуглеводневих газів. Однією з успішних технологій у галузі збільшення видобутку природного газу є технологія нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивний поклад на межі початкового газоводяного контакту [12]. Завдяки впровадженню технології нагнітання діоксиду вуглецю зацмелений газ витісняється пластовою водою до експлуатаційних свердловин і водночас створюється додатковий бар'єр між водонапірною системою та газонасиченими покладами [10, 11].

Численні дослідження підтверджують, що завдяки нагнітання діоксиду вуглецю вдається додатково вилучити набагато більший об'єм газу, порівнюючи з наявними варіантами розробки родовища на виснаження, і забезпечити значно вищі коефіцієнти вилучення газу [14, 17].

Діоксид вуглецю характеризується кращими витіснювальними властивостями, порівнюючи з азотом та димовими газами, що засвідчено результатами численних лабораторних досліджень і промислових дослідів [9, 16]. Завдяки розчинності діоксиду вуглецю в пластових флюїдах (нафті, конденсаті, пластовій воді) забезпечується зменшення в'язкості нафти й конденсату та підвищується в'язкість пластової води. Тож із впровадженням технології нагнітання діоксиду вуглецю збільшується рухомість вуглеводневих флюїдів і зменшується рухомість пластової води [6].

З огляду на всю складність розробки родовищ вуглеводнів в умовах активного надходження пластової води в продуктивні поклади, доцільно впроваджувати технології, які сповільнюватимуть процес обводнення продуктивних покладів і в такий спосіб забезпечуватимуть найвищі кінцеві коефіцієнти вилучення вуглеводневилучення.

Зважаючи на високу технологічну ефективність вторинних технологій розробки родовищ вуглеводнів, рекомендується впровадження їх на родовищах України для підвищення кінцевих коефіцієнтів вилучення вуглеводнів. Оптимізація систем дорозробки виснажених обводнених родовищ вуглеводнів на практиці дасть змогу суттєво інтенсифікувати процес видобутку газу та конденсату.

Постанова проблеми

На сьогодні головна частина видобутку природного газу в Україні забезпечується з родовищ, що перебувають на завершальній стадії розробки, однак ще характеризуються великими запасами залишкового газу. Пошук оптимальних способів регулювання надходження законтурних вод у газонасичені горизонти та видобутку мікро- і макрозацмеленого газу з резервуару – важлива проблема, потреба розв'язання якої набуває дедалі більшої актуальності.

Отже, потрібні додаткові дослідження для напрацювання оптимальних способів підвищення кінцевих коефіцієнтів вуглеводневилучення з газових і газоконденсатних родовищ, які розробляються за водонапірного режиму з використанням цифрового моделювання.

Виклад основного матеріалу

Одним з перспективних родовищ вуглеводнів України, що характеризується великим енергетичним потенціалом і розробляється за водонапірного режиму, є Гадяцьке нафтогазоконденсатне родовище, відкрите в 1972 році. На основі аналізу історії його розробки встановлено, що видобувні свердловини припиняли фонтанування внаслідок самозадавлення пластовою рідиною й виводилися з експлуатації внаслідок обводнення. Тож постає досить актуальна проблема напрацювання способів вилучення залишкових запасів газу Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища й збільшення кінцевого коефіцієнта вуглеводневилучення в умовах активного надходження законтурних вод у газонасичені горизонти.

Для дослідження ефективності технології нагнітання діоксиду вуглецю вибрано поклад горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища. У процесі досліджень використано основні інструменти гідродинамічного моделювання Eclipse та Petrel компанії Schlumberger [8, 15]. Розрахунки виконано на основі постійної геолого-технологічної моделі Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища. Для відтворення фізичних процесів, що відбуваються в покладі в разі нагнітання неуглеводневих газів, використано композиційну PVT-модель [1, 7].

Структурну карту по покрівлі колектора газоконденсатного покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища представлено на рис. 1.

Концептуальну модель газоконденсатного покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища наведено на рис. 2.

Для впровадження технології нагнітання діоксиду вуглецю в поклад горизонту В-16 як нагнітальні використано вже пробурені на родовищі й нині не експлуатовані свердловини. Використовуючи адаптовану до фактичних даних історії розробки постійну геолого-технологічну модель Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища, визначено локалізацію залишкових запасів газу, зацмеленого пластовою водою. Після встановлення ділянок продуктивного покладу з високою залишковою газонасиченістю на основі адаптованої до фактичних даних цифрової моделі Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища підібрано низку нагнітальних свердловин №№ 52, 101, 201, 202, з використанням яких буде охоплено витісненням найбільший об'єм залишкових запасів газу, зацмелених пластовою водою. Нагнітання діоксиду вуглецю здійснюється впродовж 16 місяців. Приймальність нагнітальних свердловин становить 50 тис. м³/добу. Продуктивний поклад розробляють до моменту прориву діоксиду вуглецю у видобувні свердловини.

Стан обводненості покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища в зонах розміщення нагнітальних свердловин **на початок** нагнітання діоксиду вуглецю наведено на рис. 3.

На основі результатів моделювання розробки покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища з'ясовано, що в разі нагнітання діоксиду вуглецю в поклад забезпечується підтримання пластового тиску на вищо-

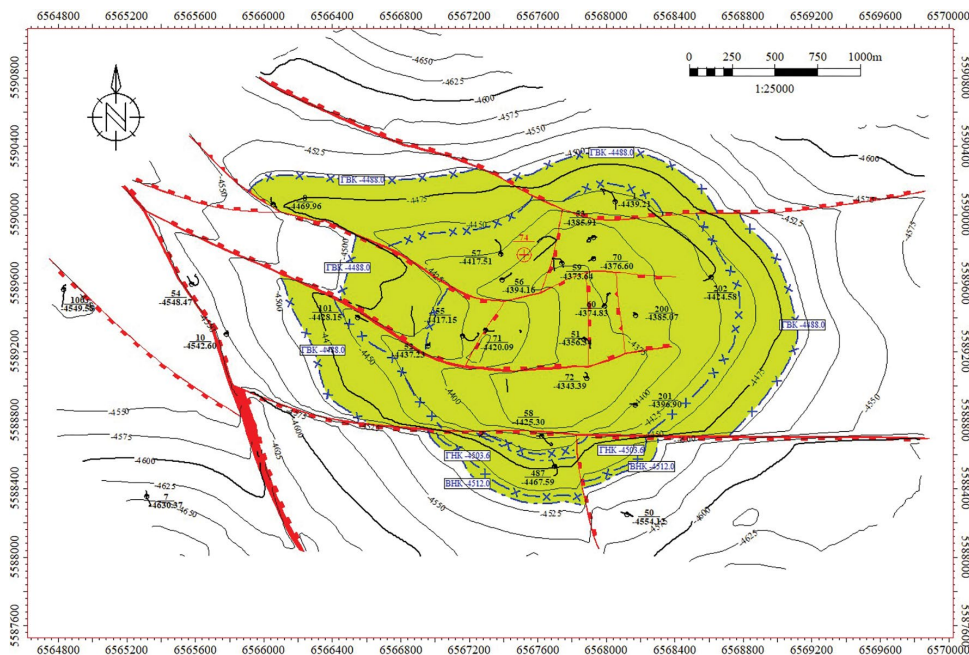


Рис. 1. Структурна карта по покрівлі колектора газоконденсатного покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища

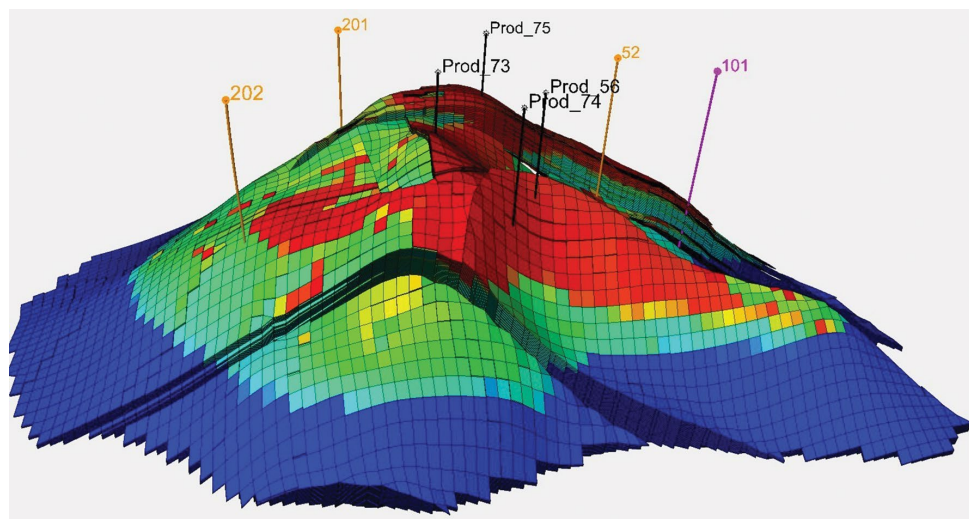


Рис. 2. Концептуальна модель газоконденсатного покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища

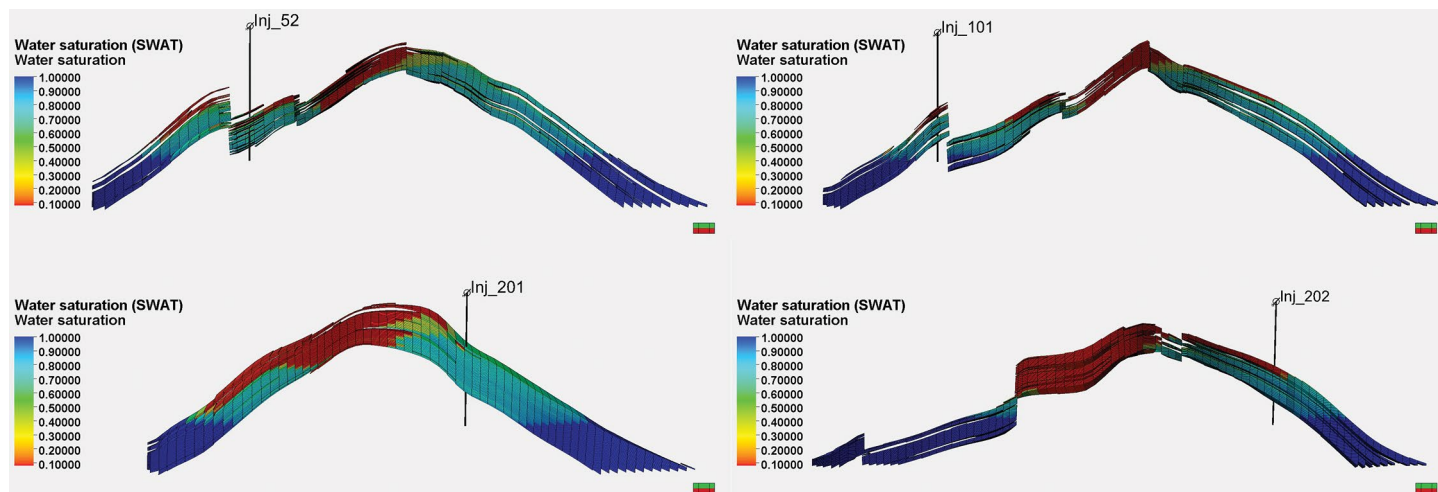


Рис. 3. Стан обводненості покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища в зонах розміщення нагнітальних свердловин на початок нагнітання діоксиду вуглецю

му рівні, порівнюючи з розробкою на виснаження.

Динаміку пластового тиску в часі, у разі розробки покладу горизонту В-16 на виснаження та під час нагнітання діоксиду вуглецю, наведено на рис. 4.

Аналізуючи динаміку пластового тиску, варто зазначити, що на завершальній стадії розробки покладу горизонту В-16 спостерігається інтенсивне збільшення пластового тиску. Такий характер залежностей зумовлений зменшенням об'ємів видобутку природного газу й активним надходженням пластової води в поклад. Унаслідок – відбувається компенсація видобутку вуглеводнів.

Згідно з проведеними дослідженнями визначено, що нагнітання діоксиду вуглецю на межі газоводяного контакту призводить до зменшення об'ємів видобутку пластової води, порівнюючи з розробкою на виснаження. На основі результатів моделювання можна стверджувати, що впровадження технології нагнітання діоксиду вуглецю знижує активність водонапірної системи й мінімізує негативний вплив законтурних вод на процес видобутку вуглеводнів.

Динаміку накопиченого видобутку пластової води під час розробки покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища на виснаження та в процесі нагнітання діоксиду вуглецю з використанням свердловин №52, 101, 201, 202 наведено на рис. 5.

Аналіз залежності динаміки накопиченого видобутку пластової води засвідчує, що в разі розробки покладу горизонту В-16 з нагнітанням ді-

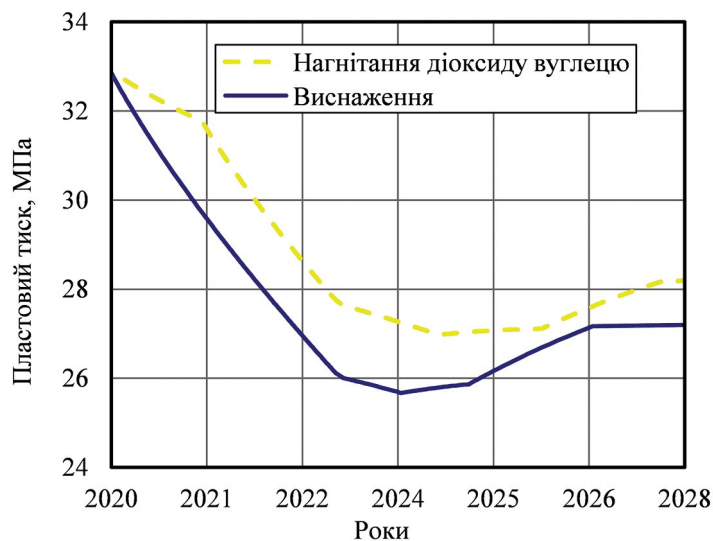


Рис. 4. Динаміка пластового тиску в часі в разі розробки покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища на виснаження та під час нагнітання діоксиду вуглецю

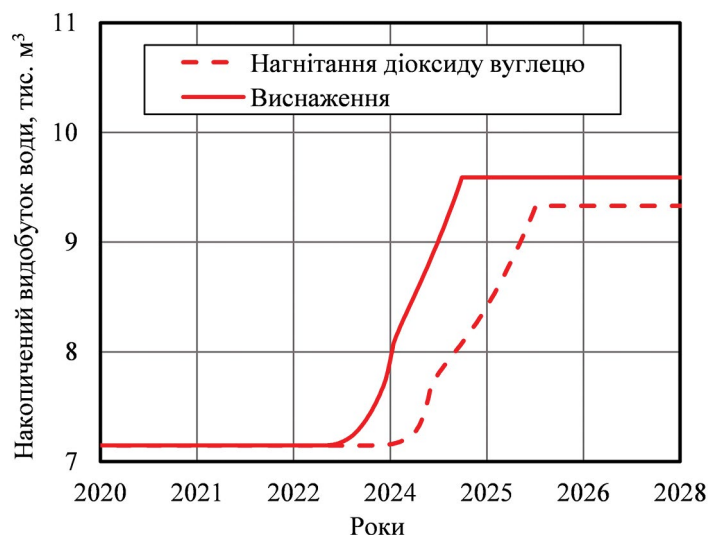


Рис. 5. Динаміка накопиченого видобутку пластової води під час розробки покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища на виснаження та в процесі нагнітання діоксиду вуглецю з використанням свердловин № 52, 101, 201, 202

оксиду вуглецю відбувається відтермінування процесу обводнення видобувних свердловин. Завдяки впровадженню досліджуваної технології підвищення вуглеводневилучення прогнозується забезпечення стабільної та безводної експлуатації видобувних свердловин упродовж тривалішого періоду дорозробки газоконденсатного покладу, порівнюючи з варіантом на виснаження.

На основі результатів моделювання можна стверджувати про високу технологічну ефективність упровадження вторинних технологій розробки родовищ вуглеводнів за водонапірного режиму з використанням діоксиду вуглецю. Істотна різниця в густинах діоксиду вуглецю та природного газу зумовлює створення штучного бар'єра між пластовою водою і природним газом, який блокує вибіркове просування пластової води й у такий спосіб забезпечує стабільну безводну експлуатацію видобувних свердловин упродовж тривалішого періоду дорозробки продуктивного покладу, порівнюючи з розробкою на виснаження.

На основі результатів моделювання розробки покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родо-

Таблиця. Результати розрахунків коефіцієнтів вилучення газу й конденсату на кінець розробки покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища в разі нагнітання діоксиду вуглецю та під час розробки покладу на виснаження

Нагнітальні свердловини, №№	Видобувні свердловини, №№	Коефіцієнт вилучення газу (від залишкових запасів), %		
		Нагнітання	Виснаження	Δ, %
52, 101, 201, 202	56, 73, 74, 75	32,56	29,61	2,95
		Коефіцієнт вилучення конденсату (від залишкових запасів), %		
		Нагнітання	Виснаження	Δ, %
		7,92	6,68	1,24

вища розраховано прогнозні коефіцієнти вилучення вуглеводнів.

Результати розрахунків коефіцієнтів вилучення газу й конденсату на кінець розробки покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища в разі нагнітання діоксиду вуглецю та під час розробки покладу на виснаження наведено в таблиці.

За результатами проведених розрахунків визначено, що завдяки впровадженню технології нагнітання діоксиду вуглецю забезпечується додатковий видобуток газу й конденсату. Прогнозний коефіцієнт вилучення газу на момент прориву агента нагнітання в останню з видобувних свердловин збільшується на 2,95 %, порівнюючи з варіантом розробки покладу на виснаження, за величиною залишкових запасів газу. Кінцевий коефіцієнт вилучення конденсату при цьому також збільшується і зростає на 1,24 %.

Результати проведених досліджень свідчать про технологічну ефективність нагнітання діоксиду вуглецю в продуктивний поклад на межі газоводяного контакту для сповільнення просування пластової води в продуктивні поклади та збільшення кінцевого коефіцієнту вилучення вуглеводнів для умов конкретного покладу.

Висновки

З використанням постійної геолого-технологічної моделі Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища досліджено процес регулювання надходження пластової води в газонасичені горизонти шляхом нагнітання діоксиду вуглецю на межі газоводяного контакту. За результатами аналізу технологічних показників розробки покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища визначено, що в разі впровадження технології нагнітання діоксиду вуглецю забезпечується зменшення видобутку пластової води. Унаслідок великої різниці в густинах діоксиду вуглецю та природного газу створюється штучний бар'єр між пластовою водою і природним газом, який блокує вибіркове просування пластової води й у такий спосіб забезпечує стабільну безводну експлуатацію видобувних свердловин упродовж тривалішого періоду дорозробки продуктивного покладу, порівнюючи з розробкою на виснаження.

Результати моделювання засвідчують, що завдяки впровадженню технології нагнітання діоксиду вуглецю забезпечується додатковий видобуток газу й конденсату.

Прогнозний коефіцієнт вилучення газу на момент прориву агента нагнітання в останню з видобувних свердловин збільшується на 2,95 %, а коефіцієнт вилучення конденсату – на 1,24 %.

На основі результатів проведених досліджень підтверджено високу технологічну ефективність упровадження вторинних технологій підвищення вуглеводневилучення з виснажених обводнених газових і газоконденсатних родовищ шляхом нагнітання діоксиду вуглецю. Доцільність впровадження технології нагнітання діоксиду вуглецю необхідно підтверджувати на основі всебічних техніко-економічних розрахунків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурачок О. В., Першин Д. В., Матківський С. В., Бікман Є. С., Кондрат О. Р. Особливості відтворення рівняння стану газоконденсатних сумішей за умови обмеженої вхідної інформації//Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2020. – № 1 (74). – С. 82–88. [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-1\(74\)-82-88](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-1(74)-82-88)
2. Довідник з нафтогазової справи/В. С. Бойко, Р. М. Кондрат, Р. С. Яремійчук. – Львів, 1996. – 620 с.
3. Кондрат Р. М. Газоконденсатотдача пластов/Р. М. Кондрат. – М.: Недра, 1992. – 255 с.
4. Матківський С. В., Кондрат О. Р., Хайдарова Л. І. та ін. Дослідження впливу незначного прояву водонапірної системи на достовірність матеріального балансу колекторів//Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2020. – № 2 (75). – С. 43–51. [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-2\(75\)-43-51](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-2(75)-43-51)
5. Обводнення газових і нафтових свердловин/В. С. Бойко, Р. В. Бойко, Л. М. Кеба, О. В. Семінський. – Київ: Міжнародна економічна фундація, 2006. – 791 с.
6. Al-Hashami A., Ren S. R. and Tohidi B. CO₂ Injection for Enhanced Gas Recovery and Geo-Storage Reservoir Simulation and Economics, Institute of Petroleum Engineering, Herriot-Watt University, SPE 94129, SPE Europe/EAGE Annual Conference and Exhibition held in Madrid, Spain, 13–16 June, 2005. – P. 1–7. <https://doi.org/10.2118/94129-MS>
7. Burachok O., Pershyn D., Spyrou C., Turkarslan G., Nistor M. L., Grytsai D., Matkivskiy S., Bikman Y., Kondrat O. Gas-Condensate PVT Fluid Modeling Methodology Based on Limited Data. 82nd eage conference & exhibition. 8–11 December, 2020, Amsterdam, The Netherlands. – P. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202010155>
8. ECLIPSE Technical Description. Version 2020.1. Schlumberger, 2020. – 1078 p.
9. Mamora D. D. and Seo J. G. Enhanced Gas Recovery by Carbon Dioxide Sequestration in Depleted Gas Reservoirs, SPE Technical Conference and Exhibition, 29 Sept. – 2 Oct. 2002, San Antonio, Texas. – P. 1–9. <https://doi.org/10.2118/77347-MS>
10. Matkivskiy S. Effects of the rate of natural gas production on the recovery factor during carbon dioxide injection at the initial gas-water contact//Technology and system of power supply. – 2021. – № 1/3 (57). – P. 6–11. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225603>
11. Matkivskiy S., Kondrat O. The influence of nitrogen injection duration at the initial gas-water contact on the gas recovery factor//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – № 1/6 (109). – P. 77–84. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224244>
12. Matkivskiy S., Kondrat O., Burachok O. Investigation of the influence of the carbon dioxide (CO₂) injection rate on the activity of the water pressure system during gas condensate fields development//Global Trends, Challenges and Horizons. – 2020. – Vol. 230. – P. 1–10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123001011>
13. Ogolo N. A., Isebor J. O., Onyekonwu M. O. Feasibility Study of Improved Gas Recovery by Water Influx Control in Water Drive Gas Reservoirs, SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition, 5–7 August, Lagos, Nigeria, 2014. <https://doi.org/10.2118/172364-MS>
14. Oldenburg C. M., Law D. H., Gallo Y. L. and White S. P. Mixing of CO₂ and CH₄ in Gas Reservoirs: Code Comparison Studies, USA, Canada and New Zealand, 2003. – P. 1–5. <https://doi.org/10.1016/B978-008044276-1/50071-4>
15. Petrel. Help. Version 2019.2. Mark of Schlumberger
16. Sim S. S. K., Turta A. T., Singhal A. K., Hawkins B. F. Enhanced Gas Recovery: Effect of Reservoir Heterogeneity on Gas-Gas Displacement. Canadian International Petroleum Conference. 16–18 June, Calgary, Alberta, 2009. <https://doi.org/10.2118/2009-023>
17. Turta A. T., Sim S. S. K., Singhal A. K. and Hawkins B. F. Basic Investigations on Enhanced Recovery by Gas – Gas Displacement//Journal of Canada Petroleum Technology. – Alberta, Canada, 2008. – Vol. 47. – № 10. – P. 1–6. <https://doi.org/10.2118/08-10-39>

REFERENCES

1. Burachok O. V., Pershyn D. V., Matkivskiy S. V., Bikman Ye. S., Kondrat O. R. Gas-condensate EOS PVT fluid modeling using limited input data//Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovysch. – 2020. – № 1 (74). – P. 82–88. (In Ukrainian). [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-1\(74\)-82-88](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-1(74)-82-88)
2. Handbook of oil and gas business/V. S. Boiko, R. M. Kondrat, R. S. Yaremiichuk. – Lviv, 1996. – 620 p. (In Ukrainian).
3. Kondrat R. M. Gas condensate recovery of layers. – Moskva: Nedra, 1992. – 255 p. (In Russian).
4. Matkivskiy S. V., Kondrat A. R., Khaidarova L. I. et al. Investigation of the influence of a small show of a water-pressure system on the authenticity of the material balance of reservoirs//Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovysch. – 2020. – № 2 (75). – P. 43–51. (In Ukrainian). [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-2\(75\)-43-51](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-2(75)-43-51)
5. Water cut of gas and oil wells/V. S. Boiko, R. V. Boiko, L. M. Keba, O. V. Seminskyi. – Kyiv: Mizhnarodna ekonomichna fundatsiia, 2006. – 791 p. (In Ukrainian).
6. Al-Hashami A., Ren S. R. and Tohidi B. CO₂ Injection for Enhanced Gas Recovery and Geo-Storage Reservoir Simulation and Economics, Institute of Petroleum Engineering, Herriot-Watt University, SPE 94129, SPE Europe/EAGE Annual Conference and Exhibition held in Madrid, Spain, 13–16 June, 2005. – P. 1–7. <https://doi.org/10.2118/94129-MS>
7. Burachok O., Pershyn D., Spyrou C., Turkarslan G., Nistor M. L., Grytsai D., Matkivskiy S., Bikman Y., Kondrat O. Gas-Condensate PVT Fluid Modeling Methodology Based on Limited Data. 82nd eage conference & exhibition. 8–11 December, 2020, Amsterdam, The Netherlands. – P. 1–5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202010155>
8. ECLIPSE Technical Description. Version 2020.1. Schlumberger, 2020. – 1078 p.
9. Mamora D. D. and Seo J. G. Enhanced Gas Recovery by Carbon Dioxide Sequestration in Depleted Gas Reservoirs, SPE Technical Conference and Exhibition, 29 Sept. – 2 Oct. 2002, San Antonio, Texas. – P. 1–9. <https://doi.org/10.2118/77347-MS>
10. Matkivskiy S. Effects of the rate of natural gas production on the recovery factor during carbon dioxide injection at the initial gas-water contact//Technology and system of power supply. – 2021. – № 1/3 (57). – P. 6–11. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225603>
11. Matkivskiy S., Kondrat O. The influence of nitrogen injection duration at the initial gas-water contact on the gas recovery factor//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2021. – № 1/6 (109). – P. 77–84. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224244>
12. Matkivskiy S., Kondrat O., Burachok O. Investigation of the influence of the carbon dioxide (CO₂) injection rate on the activity of the water pressure system during gas condensate fields development//Global Trends, Challenges and Horizons. – 2020. – Vol. 230. – P. 1–10. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123001011>
13. Ogolo N. A., Isebor J. O., Onyekonwu M. O. Feasibility Study of Improved Gas Recovery by Water Influx Control in Water Drive Gas Reservoirs, SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition, 5–7 August, Lagos, Nigeria, 2014. <https://doi.org/10.2118/172364-MS>
14. Oldenburg C. M., Law D. H., Gallo Y. L. and White S. P. Mixing of CO₂ and CH₄ in Gas Reservoirs: Code Comparison Studies, USA, Canada and New Zealand, 2003. – P. 1–5. <https://doi.org/10.1016/B978-008044276-1/50071-4>
15. Petrel. Help. Version 2019.2. Mark of Schlumberger
16. Sim S. S. K., Turta A. T., Singhal A. K., Hawkins B. F. Enhanced Gas Recovery: Effect of Reservoir Heterogeneity on Gas-Gas Displacement. Canadian International Petroleum Conference. 16–18 June, Calgary, Alberta, 2009. <https://doi.org/10.2118/2009-023>
17. Turta A. T., Sim S. S. K., Singhal A. K. and Hawkins B. F. Basic Investigations on Enhanced Recovery by Gas – Gas Displacement//Journal of Canada Petroleum Technology. – Alberta, Canada, 2008. – Vol. 47. – № 10. – P. 1–6. <https://doi.org/10.2118/08-10-39>

Р у к о п и с о т р и м а н о 19.05.2021.

УДК 504.4.054: (556.388:543.394):614] (477)

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2021.2.38-43>

Н. П. ОСОКИНА, канд. геол.-мінерал. наук,
науковий співробітник (Інститут геологічних наук НАН України),
n.osokina@gmail.com

N. OSOKINA, PhD (Geol. & Mineral.), Research Scientist
(Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of Ukraine),
n.osokina@gmail.com

ПЕСТИЦИДИ В ПІДЗЕМНИХ ВОДАХ УКРАЇНИ І ЗДОРОВ'Я

ПЕСТИЦИДЫ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ УКРАИНЫ И ЗДОРОВЬЕ

PESTICIDE CONTENT IN THE GROUNDWATER OF UKRAINE AND HEALTH

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Досліджено вміст пестицидів у підземних водах України. Методом газової хроматографії визначено стійкі хлорорганічні пестициди (ХОП): дихлордифенілтрихлоретан (ДДТ) і його метаболіти, гексахлорциклогексан (ГХЦГ) і його ізомери, альдрин, гептахлор; фосфорорганічні пестициди: метафос, карбофос, фосфамід, фозалон; фторумісні пестициди: трефлан та ін.

З 1960 року по 2011 рік на сільгоспугіддя України надійшло 2 млн 85 тис. тонн пестицидів [4]. Навантаження пестицидів на ґрунти сільгоспугідь перевищило захисні властивості природного середовища, що призвело до потрапляння їх у підземну геосистему. За нашими розрахунками (за 10-річний період), середньостатистична концентрація ХОП в основних водоносних горизонтах України становить за сумою ДДТ $3,6 \cdot 10^{-5}$ мг/дм³; за сумою ГХЦГ – $3 \cdot 10^{-5}$ мг/дм³. Водоносний горизонт четвертинних відкладів містить на один-два порядки менше стійких ХОП, ніж глибше розміщені водоносні горизонти крейдяних, юрських і тріасових відкладень. Найбільше забруднення пестицидами виявлено у водоносних горизонтах південної і центральної України, набагато менше забруднення спостерігається у водоносних горизонтах західного, східного та північного регіонів країни. У воді свердловин одночасно виявлено до восьми сільськогосподарських забруднювачів, сумарний ефект впливу яких на організм людини не вивчений. Оцінено вплив умісту пестицидів у підземних водах на рівень онкозахворюваності населення України [7].

Потрібен контроль і суворе регламентація обсягів того чи іншого класу пестицидних препаратів під час унесення їх на сільгоспугіддя. Потрібен регулярний контроль якості підземних вод і моніторинг забруднення пестицидами підземних вод та інших об'єктів природного середовища. Результати нових аналізів щодо забруднення об'єктів природного середовища пестицидами треба порівнювати з гранично допустимою концентрацією (ГДК). Якщо рівні забруднення об'єктів природного середовища пестицидами збільшуватимуться (перевищення ГДК), то треба зменшити навантаження пестицидів на сільгоспугіддя і замінити старі пестициди на нові. Також треба сформувати збалансовану систему природокористування в контексті сталого розвитку та впровадити екологічні й інноваційні технології в сільському господарстві за допомогою сучасних механізмів національної екологічної політики.

Ключові слова: підземні води, пестициди, захворюваність населення.

The examinations of groundwaters Ukraine for the content of strong organochloric pesticides: DDT and its metabolites, HCH and its isomers, aldrin, heptachlor; organophosphoric pesticides: methaphos, carbophos, phosphomide, phozalone; fluorine-containing pesticides: trephlane and others using gas chromatography method were carried out.

From 1960 to 2011, 2 million 85-thousand ton pesticides were received on agricultural lands of Ukraine [4]. The pressure of pesticides on the soils of farmland exceeded the protective properties of the natural environment, which led to their entry into the underground geosystem. According to our calculations (over a 10-year period), the average concentration of pesticides in the main aquifers of Ukraine is $3,6 \cdot 10^{-5}$ mg/dm³ for DDT, $3 \cdot 10^{-5}$ mg/dm³ for HCH. The aquifer of Quaternary sediments contains persistent organochloric pesticides 1–2 orders of magnitude less than the deeply located aquifers Cretaceous, Jurassic and Triassic sediments. Most contamination with pesticides is found in the aquifers of groundwater in southern and central Ukraine, much less pollution is observed in the aquifers of the western, eastern and northern regions of the country. At the same time, in the water of the wells up to 8 agricultural pollutants were simultaneously detected in the water of wells, the total effect of which on the human body has not been studied. Evaluated the impact of content of pesticides in groundwater on the incidence rate of the population of Ukraine.

Is necessary control and strict regulation of the volumes of one or another class of pesticide preparations when applied to farmland is required. Needs regular monitoring of groundwater quality is required. New data on the levels of pollution of environmental objects with pesticides should be compared with (exceeding the maximum permissible concentration). If the levels of pollution of natural environment objects will increase (exceeding the maximum permissible concentration) then it is necessary to reduce to load of pesticides on agricultural lands and replace old pesticides with new ones. Formation of a balanced environmental management system in the context of sustainable development and the introduction of environmental and innovative technologies in agriculture.

Formation and implementation of modern mechanisms of national environmental policy.

Keywords: groundwater, organochloric pesticides, health.

Введение

Массивное применение пестицидов в сельском хозяйстве, начиная с 70-х годов XX века, сопровождалось мощным и непрерывно возрастающим прессом на биосферу.

К рубежу 1980–1990 гг. в минеральных и питьевых подземных водах обнаружено 15 % применяемого ассортимента пестицидов. При этом в одной пробе обнаруживали до 8–10 пестицидов различных классов.

При обследовании подземных вод Украины, выполненном “Укргеологией” в 1986–1987 гг., пестициды были обнаружены на 86 % общего количества опробованных участков на глубинах до 370 м [10]. Было найдено до 20 пестицидов различных классов – стойкие хлорорганические пестициды (ХОП) – ДДТ и его метаболиты, ГХЦГ и его изомеры; фосфорорганические пестициды (ФОП) – фосфамид, фозалон, метафос, карбофос, хлорофос; сим-триазины – симазин, атразин, прометрин. Цифра “20” условная, поскольку лаборатории “Укргеологии” могли определять

лишь около 30 пестицидов из примерно 200, применяемых тогда в Украине.

В период 1960–1990 гг. в Украине наблюдался рост валового использования пестицидов с 4,5 тыс. т по действующему веществу (д. в.) в 1960 г. до 104 тыс. т по д. в. в 1990 г. За этот период на сельхозугодья Украины поступило более 1 млн 464 тыс. т ядохимикатов [3], а в целом с 1960 г. по 2011 г. – 2 млн 85 тыс. т пестицидов [4].

В 1991 г. в Украине был принят закон “Об охране окружающей природной среды”. Нагрузки пестицидов на грунты сельхозугодий превысили защитные свойства природной среды, что привело к их попаданию в подземную геосистему. Этот пестицидный пресс сегодня сравним с промышленным загрязнением, влиянием энергетики и транспорта на окружающую среду. Пестициды стали одним из важнейших факторов риска для жизни и здоровья человека, и всей живой природы. Поступление пестицидов в подземные воды, используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения, лечебных целей, особенно сказывается на здоровье и продолжительности жизни человека. В техногенно загрязненных регионах выявлена тесная корреляционная связь между загрязненностью почв и такими видами заболеваний, как аллергологические, стоматологические, желудочно-кишечного тракта [17].

Содержание пестицидов в подземных водах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования определяли санэпидемстанции. Исследования проводили не систематически, без мониторинга загрязнения подземных вод пестицидами.

Проблема качества питьевой воды была и остается актуальной и чрезвычайно острой. Цель – изучение количественного и качественного состава пестицидов в подземных водах Украины и минимизация негативного воздействия пестицидов на организм человека. В настоящей статье обобщены данные качественного и количественного содержания пестицидов в подземных водах различных регионов Украины, полученные газохроматографическим методом. Изучены пути миграции, накопления пестицидов в жидкой фазе и их влияние на организм человека. “Загрязнение воды из-за неустойчивых методов ведения сельского хозяйства представляет серьезный риск для здоровья людей, экосистем планеты. Проблема часто недооценивается, как политиками, так и фермерами. Известны случаи загрязнения водопроводной воды пестицидами и удобрениями и негативного влияния сельскохозяйственных загрязнителей на здоровье населения” [11]. Определение ФАО устойчивого развития сельского хозяйства (FAO – Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций). “Устойчивое развитие – это управление базой природных ресурсов, сохранение ее и ориентация технологических и институциональных изменений таким образом, чтобы обеспечить достижение и дальнейшее удовлетворение потребностей человека для настоящего и будущих поколений. Такое устойчивое развитие (в секторах сельского хозяйства, лесоводства и рыболовства) сохраняет генетические ресурсы Земли, воды, растений и животных, является экологически не ухудшающимся, технологически приемлемым, экономически жизнеспособным и социально оптимальным” [15].

В Швейцарии, в регионах, где ведется интенсивная сельскохозяйственная деятельность, пробы воды оказались загрязненными пестицидами. В общей сложности, загрязненную воду потребляют 2,7 % населения – это примерно 170 тыс. человек. В 11 пробах было обнаружено повышенное количество продуктов распада хлороталонина. Это фунгицид для борьбы с грибковыми заболеваниями растений. В 2017 году, например,

для обработки швейцарских полей было использовано 45 тонн хлороталонина. Вещество токсично для человека и животных: некоторые из его метаболитов канцерогенны. По этой причине пестицид был запрещен в ЕС. Атразин – еще один пестицид, содержание которого превышает допустимые значения в некоторых пробах. Он был запрещен еще семь лет назад, но его следы до сих пор присутствуют в питьевой воде. В большинстве проб питьевой воды были найдены следы (до 19 различных веществ в одном образце) в невысокой концентрации. Наличие глифосата или продуктов его распада не было выявлено. Ассоциация кантональных химиков считает, что качество питьевой воды в Швейцарии хорошее, но подчеркивает, что его надо улучшить в регионах, где занимаются сельским хозяйством. Швейцарские химики настаивают на принятии политических мер, направленных на ограничение или запрещение использования продуктов, загрязняющих подземные воды. В частности, они требуют, чтобы химические вещества, которые долгое время остаются в водах, разрешалось применять только при соблюдении строгих условий или не разрешалось вовсе [8].

Принцип принятия мер предосторожности более часто упоминается в общих политических программах. Одна из этих программ – 6-я Экологическая программа действий (6-th EAP) “Окружающая среда 2010: наше будущее, наш выбор”. Программа декларирует: “Необходим целостный и всесторонний подход к окружающей среде и здоровью с тем, чтобы предосторожность и предотвращение риска были в центре этой политики, принимающей во внимание особенно уязвимые группы населения, такие как дети и пожилые люди... Предотвращение и предосторожность также означают, что мы должны стремиться к замене использования опасных веществ менее опасными везде, где только это технически и экономически выполнимо”.

Обращение к Принципу принятия мер предосторожности по отношению к пестицидам в пределах 6-ой Экологической программы действий имеется в области охраны питьевой воды: “...уже существуют строгие стандарты по качеству питьевой воды относительно загрязнения пестицидами, и существует очевидная потребность в первую очередь прекратить попадание пестицидов в источники питьевой воды” [6].

Сокращение использования и принципы замены (the substitution principle) предложены только для самых опасных пестицидов, которые конкретно не определены на этой стадии.

Действия по поводу пестицидов, предлагаемые 6-th EAP. Кодекс наилучшей практики по использованию пестицидов.

1. Пересмотр Директивы 91/44 по регистрации пестицидов.
2. Тематическая стратегия сообщества по устойчивому использованию пестицидов. Эти действия будут включать:
 - а) минимизацию рисков, связанных с использованием пестицидов, преимущественно определяемых токсичностью веществ, и мониторинг достигаемого прогресса;
 - б) улучшение контроля в отношении использования и распределения пестицидов;
 - в) замену наиболее опасных активных веществ более безопасными, включая нехимические альтернативы;
 - г) поощрение сельского хозяйства с низким применением пестицидов или свободного от пестицидов, и использование комплексных стратегий борьбы с вредителями (КСБ, integrated pest management, IPM).

Устранение запасов устаревших пестицидов [11–14].

Результаты и их обсуждение

Целенаправленные многолетние исследования позволили рассмотреть статистическое и динамическое распределе-

ние пестицидных препаратов в подземных водоносных горизонтах. Всего в подземных водах Украины нами обнаружено порядка 20 наименований пестицидов и их метаболитов, производных различных классов соединений: хлорорганических (ХОП) – п,п'-ДДТ, о,п'-ДДД, п,п'-ДДЕ, α -ГХЦГ, β -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, алдрин, гептахлор; сим-триазинов – симазин, атразин, прометрин, пропазин; группы 2,4-Д; фосфорорганических (ФОП) – рогор (фосфамид, БИ-58), метафос, карбофос, фозалон и др. Однако, указанный перечень содержащихся в подземных водах пестицидов, по всей вероятности, далеко не полный.

В 90-х годах в Украине использовалось в общей сложности порядка 200 разновидностей пестицидов, примерно 30 из которых определялись в лабораториях. Остальные не исследовались в связи со сложностями информационного, методического и финансового характера. Ниже обобщены результаты 1900 анализов подземных вод, выполненные автором по договорам на лабораторной базе ИГН НАНУ и Института экогигиены и токсикологии им. Л. И. Медведя (2001 г.), использованы также материалы фондов, литературных источников. По двум водоносным горизонтам – четвертичных и эоценовых отложений Киевской области – обобщены результаты анализов, выполненные автором, в отделе гидрогеологических проблем ИГН НАНУ по теме исследований под руководством академика НАНУ В. М. Шестопалова (таблица).

В таблице представлены среднестатистические (максимальные и минимальные) значения содержания пестицидов в водоносных горизонтах геологических отложений разного возраста.

Водоносный горизонт четвертичных отложений содержит стойкие ХОП на 1–2 порядка меньше, чем более глубоко расположенные водоносные горизонты меловых, юрских и триасовых отложений. Это свидетельствует о длительной циркуляции пестицидов в подземной геосистеме, вертикальной и горизонтальной миграции пестицидов. По нашим расчетам (за 10-летний период), среднестатистическая концентрация ХОП в основных водоносных горизонтах Украины составляет по сумме ДДТ $3,6 \cdot 10^{-5}$ мг/дм³; по сумме ГХЦГ – $3 \cdot 10^{-5}$ мг/дм³. Наибольшее загрязнение пестицидами обнаружено в водоносных горизонтах подземных вод южной и центральной Украины, гораздо меньшее загрязнение наблюдается в во-

доносных горизонтах западного, восточного и северного регионов страны.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что содержание пестицидов в подземных водах не остается постоянным, а претерпевает закономерные изменения во времени как в многолетнем цикле, так и по сезонам года. В многолетнем цикле на различных участках отмечается в одних случаях рост, в других – снижение концентрации отдельных пестицидов в подземных водах, что вызвано, по всей вероятности, изменением ассортимента и нагрузок пестицидов на разных территориях. Ретроспективное загрязнение подземных вод ДДТ постепенно снижается. ГХЦГ продолжают применять на сельскохозяйственных.

Как показал анализ конкретных материалов, основными источниками загрязнения подземных вод пестицидами являются почвы сельскохозяйственных, территории размещения складов предприятий – изготовителей ядохимикатов, места захоронения пестицидов, растворные узлы, загрязненные поверхностные воды и т. д.

За 2005–2007 гг. было зарегистрировано (перерегистрировано) 1112 наименований пестицидов и агрохимикатов [5]. Новые поколения пестицидов – класс инсектицидов неоникотиноиды; класс пестицидов стробилурины “молодая” группа контактных фунгицидов со специфическим механизмом действия; класс сульфонилмочевин относятся к селективным наземным гербицидам гормонального типа, подавляют образование аминокислот изолейцина и валина. Неоникотиноидные инсектициды подавляют активность ацетилхолинэстеразы, являются агонистами никотин-ацетилхолиновых препаратов. Безвредны для растений, но, возможно, вызывают массовую гибель пчел. Еврокомиссия запретила применение инсектицидов на основе трех субстанций – тиаметоксама, клотианидина, имидаклоприда на два года: ученым предстоит доказать или опровергнуть наличие причинно-следственной связи между применением неоникотиноидов и гибелью пчел. Некоторые часто используемые фунгициды (пестициды, уничтожающие патогенные грибы), попадая в организм человека, вызывают изменения на уровне ДНК, вплоть до аутизма, болезни Альцгеймера и др. неврологических заболеваний. В этот класс пестицидов вошли ротенон, пиридабен, фенпироксимат, фамоксадон, пираклостробин,

Таблица. Содержание хлорорганических и др. пестицидов в подземных водах Украины, мг/дм³

№ п/п	Регион и области опробования	Водоносный горизонт			
		Четвертичные отложения	Неогеновые отложения	Меловые отложения	Триасовые отложения
1	Север: Волынская, Ровенская, Житомирская, Киевская, Черниговская, Сумская	ХОП' – 10^{-5} – 10^{-4}	–	ХОП – 10^{-6} – 10^{-5}	–
2	Центр: Хмельницкая, Винницкая, Черкасская, Кировоградская, Полтавская, Днепропетровская [11]	ХОП – 10^{-5} – 10^{-3}	–	ХОП – 10^{-3} – 10^{-4}	–
3	Юг: Херсонская, Запорожская, Одесская, Николаевская, Республика Крым	ХОП – 10^{-6} – 10^{-4}	ХОП – 10^{-6} – 10^{-3}	–	–
4	Запад: Львовская, Ивано-Франковская, Черновицкая, Закарпатская, Тернопольская [4]	ХОП – 10^{-4} – 10^{-6} Максимальные концентрации ХОП – 10^{-3} , ФОП – 10^{-3}	ХОП – 10^{-5} ; ФОП'' – 10^{-4} – 10^{-5} ; прометрин, симазин 10^{-3}	ХОП – 10^{-5} ; ФОП – 10^{-4} ; симазин 10^{-3} в ряде скважин	–
5	Восток: Харьковская, Донецкая, Луганская	ХОП – 10^{-7} – 10^{-6} , ФОП – 10^{-3}	–	ХОП – 10^{-4} – 10^{-6} , прометрин 10^{-6} – 10^{-3}	ХОП – 10^{-5} – 10^{-4} , прометрин 10^{-4} – 10^{-3}

Примечание. ХОП' – хлорорганические пестициды: Σ ДДТ, Σ ГХЦГ, алдрин, гептахлор; ФОП'' – фосфорорганические пестициды: метафос, карбофос, фозалон, рогор; сим-триазины: симазин, прометрин.

фенамидон. Вывод: если придерживаться установленных агротехнических и гигиенических нормативов и регламентов использования новых препаратов, то их негативное действие на организм человека можно минимизировать.

Сегодня особенно актуальной является проблема предотвращения загрязнения пестицидами питьевой воды и продуктов питания. Попадая разными путями в организм человека, пестициды могут вызывать нежелательные последствия. Пестициды вызывают гибель многих организмов и могут при накоплении в грунте, сельскохозяйственной продукции ухудшать состояние здоровья человека [3]. Применение пестицидов второго поколения в сельскохозяйственном производстве вызывает интоксикацию организма человека, общее его отравление. Фосфорорганические соединения вызывают нарушения функций сердечно-сосудистой системы, расширение кровеносных сосудов, становятся причиной головной боли и т. д. Хлорорганические соединения негативно влияют на центральную нервную систему, верхние дыхательные пути и работу печени. Но, несмотря на вредное влияние пестицидов, они используются в сельском хозяйстве и являются основным средством борьбы с вредителями, болезнями сельскохозяйственных культур и бурьянами.

Особое внимание следует уделить тому факту, что в воде скважин одновременно обнаружено до восьми сельскохозяйственных загрязнителей, суммарный эффект действия которых на организм человека не изучен. При комплексном и комбинированном поступлении препаратов в организм человека может иметь место не «суммирование», а «потенцирование» их токсического действия. В связи с этим может наблюдаться выраженное токсическое действие пестицидов даже при их поступлении в организм человека в количествах, не превышающих допустимые дозы.

На состояние здоровья населения оказывает влияние годовая нагрузка пестицидов на площадь сельхозугодий Украины кг/га по действующему веществу (д. в.). При использовании пестицидов на полях сельхозугодий происходит загрязнение пестицидами питьевой воды, продуктов питания, воздуха данного региона. Поэтому необходим контроль и строгая регламентация объемов того или иного класса пестицидов при внесении их на поля. В 1959 г. на душу населения в Украине приходилось 5 кг химических препаратов, употребляемых в сельском хозяйстве, детей с генетическими отклонениями рождалось 0,74 % от общего числа [1]. В 1983 г. масса химических препаратов, поступающих на поля сельхозугодий в Украине, возросла до 25 кг на душу населения. Число детей, родившихся с генетическими нарушениями, возросло до 16,5 %. Отличительной особенностью хлорорганических пестицидов является увеличение их концентрации в дальнейших звеньях биологической цепи. Таким образом, прослеживается определенная взаимосвязь между распространением загрязнения пестицидами различными путями миграции и типом заболеваний населения. Несомненно, что здоровье и риск возникновения заболеваний среди всего населения, в том числе отдельного человека, зависят от состояния окружающей природной среды, к основным элементам которой относятся почва, вода и воздух.

Источниками централизованного водоснабжения в Украине являются поверхностные и подземные воды, доля которых составляет 68 % и 32 % соответственно. Из результатов обобщения следует, что 70 % поверхностных и 30 % подземных вод в Украине утратили питьевое значение и перешли в категории загрязненности – «условно чистая» и «загрязненная».

Поэтому развитие заболеваний неинфекционной природы определяется в основном содержанием в воде химиче-

ских примесей, наличие и количество которых обусловлено техногенными и антропогенными факторами.

Нами обнаружена взаимосвязь между применением инсектицидов и количеством онкологических заболеваний. При сопоставлении собственных данных по среднегодовому применению инсектицидов (тонн д. в.) (1960–1990 гг.) и данных по количеству злокачественных новообразований (ЗНО) чел./100 тыс. населения за 1996 г. получены значимые коэффициенты корреляции [7], а именно: при раке молочной железы $K = 0,82$; ЗНО органов дыхания $K = 0,69$; ЗНО меланомой и др. заболеваниями кожи $K = 0,74$.

Среднегодовое применение инсектицидов и гербицидов в тоннах д. в. за 1960–1990 гг. сопоставимо с общей заболеваемостью ЗНО чел./на 100 тыс. населения в 1991, 1995, 1996 годах. Практически непрерывный рост заболеваемости ЗНО в Украине и Одесской обл. (наиболее высокий показатель ЗНО на 100 тыс. чел.) наблюдается за период с 1980 по 1999 гг. (рис.1).

Начиная с 1992 г. в Украине и в Одесской области отмечается снижение темпов роста заболеваемости, хотя заболеваемость в целом продолжает увеличиваться.

Результаты анализа распределения показателя онкозаболеваемости по областям Украины (рис. 2) подтвердили значительные его изменения, произошедшие в 1991–1999 гг., по сравнению с 1968–1972 гг. (первая половина периода химизации сельскохозяйственного производства) [7]. Наиболее высокие уровни заболеваемости ЗНО в первый этап этого периода были характерны преимущественно для областей с развитой

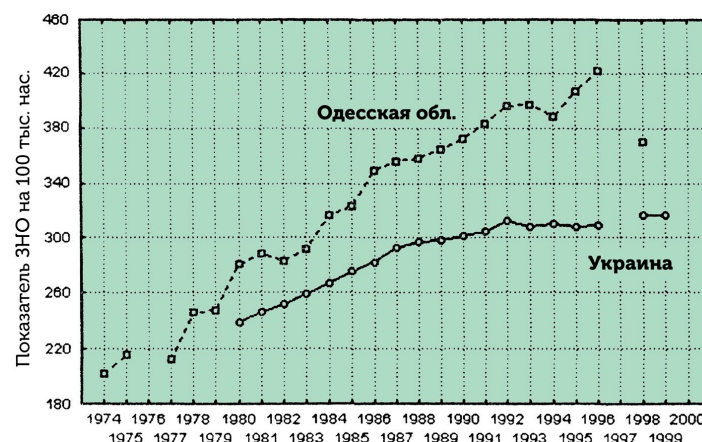


Рис. 1. Динамика заболеваемости населения злокачественными новообразованиями в Одесской области и в целом по Украине

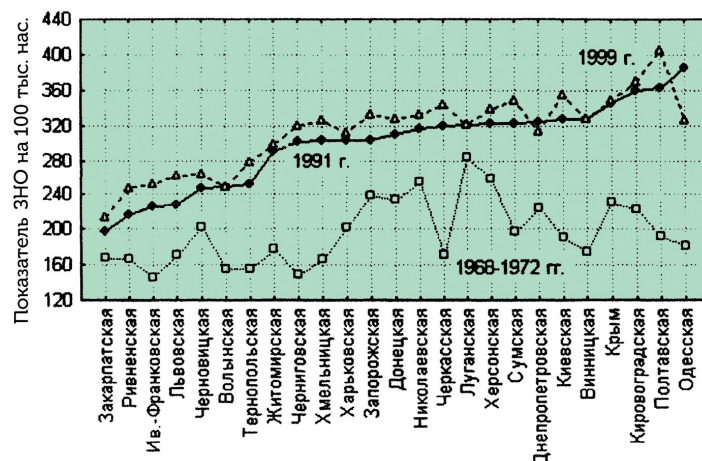


Рис. 2. Распределение показателя онкологических заболеваний по областям Украины в 1968–1972 гг., 1991 и 1999 гг.

горнодобывающей промышленностью – Запорожской, Донецкой, Луганской. А среди областей с преобладанием сельскохозяйственного производства повышенная заболеваемость ЗНО прослеживалась в Николаевской и Херсонской областях.

По состоянию на 1991 и 1999 гг. уровни заболеваемости повсеместно выросли, при этом лидируют по этому показателю области с преобладанием аграрного сектора – Кировоградская, Полтавская, Одесская.

Нагрузки соответствующих групп пестицидов кг/га в год пропорциональны отдельным нозологическим формам и группам патологий на 10 тыс. человек [9]. Наибольший суммарный риск имеют такие нозологические формы: хронические заболевания миндалин и аденоидов, острые инфекции верхних дыхательных путей, грипп; пневмонии у детей до 1 года; пневмонии у недоношенных детей. Оценки риска также показывают, что самое высокое влияние пестицидов на заболеваемость населения отдельными нозологическими формами и группами патологий характерно для хлорорганических пестицидов, высокое – для медьсодержащих пестицидов, среднее – для фосфорорганических пестицидов и карбаматов, низкое – для гербицидов и остальных препаратов.

Заключение

В воде скважин различной глубины одновременно обнаружено от 3 до 8 сельскохозяйственных загрязнителей. Хлорорганические пестициды, поступающие в организм человека с питьевой и минеральной водами в концентрации, превышающей предельно допустимую, на фоне радиоактивного прессинга, вызывают негативные последствия в виде различных заболеваний химической этиологии (интоксикация, канцерогенное, мутагенное и тератогенное действие).

Загрязненная химикатами вода может быть причиной аллергических заболеваний, разных нарушений обмена веществ, заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистой системы и онкологических заболеваний. Даже при концентрации пестицидов в питьевой воде, не превышающей предельно допустимую, пестициды также представляют потенциальную опасность, потому что суммарный эффект их действия на организм человека не изучен. По нашему мнению, пестициды потенцируют действие антропогенных загрязнителей (радионуклидов, тяжелых металлов и др.) и оказывает негативное влияние на генетическую и иммунную системы человека. Необходим контроль и строгая регламентация объемов того или иного класса пестицидных препаратов при внесении их на сельскохозяйственные угодья. Необходим регулярный контроль качества подземных вод. Необходим мониторинг загрязнения подземных вод и других объектов природной среды пестицидами.

Если уровни загрязнения объектов природной среды будут увеличиваться (превышение предельно допустимой концентрации), то нужно уменьшать нагрузки пестицидов на полях и заменять старые пестициды новыми. С целью минимизации отрицательных последствий накопления пестицидов на территории Украины и их влияния на подземную геосистему следует проводить оценку риска антропогенно загрязненных территорий.

Необходимо формирование сбалансированной системы природопользования в контексте устойчивого развития и внедрение экологических и инновационных технологий в сельском хозяйстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондар О. І., Коваленко О. М., Ткач В. М., Федоренко О. І. Вплив довкілля на людину і імунологія. Навчальний посібник. ДЕТ-ГТІ. – К. –Х., 2005. – 95 с.

2. Ежегодник содержания остаточных количеств пестицидов в объектах природной среды отдельных регионов Советского Союза. Книга I, II. – Обнинск: Госкомгидромет, 1988. – 186 с., 132 с.

3. Залеський І. І., Клименко М. О. Екологія людини. Видавничий центр “Академія”. – К., 2005. – 287 с.

4. Осокіна Н. П. Содержание остаточных количеств пестицидов в подземных водах и других объектах природной среды отдельных регионов Украины. Издатель Кравченко Я. О. – К., 2019. – 190 с.

5. ПЕРЕЛІК пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні за 2008 рік. – К: Юнівест Медіа, 2008. – 448 с.

6. Пособие для НПО стран Центральной и Восточной Европы... и не только. – Гамбург, 2003. – 47 с.

7. Ротарь М. Ф., Лиходеева О. Г. Пестициды в геологической среде и некоторые последствия их применения в Украине: Монография. – Одесса: ИНВАЦ, 2007. – 170 с.

8. Салимова З. Пестициды в питьевой воде “Nashagazta.ch” 7.04.2021.

9. Тхор І. І., Петрук Р. В. Аналіз техногенних ризиків від зберігання накопичених пестицидних препаратів у Вінницькій області// Екологічний вісник. – 2008. – № 3 (49). – 32 с.

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

11. Commission Directive 1999/50/EC of 25 May 1999 amending Directive 91/321/EEC on infant formulae and follow – on formulae, Official Journal L 139/29.

12. European Commission (2001): Communication from the Commission to the Council, The European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. On the sixth environment action programme of the European Community, Environment 2010: Our choice – The Sixth Environment Action Programme – Proposal for a Decision on the European Parliament and of the Council Laying Down, The Community Environment Action Programme 2000–2010.

13. European Commission (2003): Commission Directive 2003/13/EC amending Directive 96/5/EC on processed cereal-based foods and baby foods for infants and young children, Official journal L 41/33.

14. European Commission (2003): Commission Directive 2003/14/EC amending Directive 91/321/EC on infant formulae and follow – on formulae, Official journal L 41/37.

15. <http://www.fao.org/3/w2598e/w2598e04.htm> Google снимок страницы по состоянию на 18.05.2020 GMT.

16. Mateo-Caracta Xaver J. Water pollution from agriculture: a global review. – 2018. – 404 p. www.unwater.org > water-pollution-from-agriculture-a-...23.07.2018. www.fao.org>23.07.2018

17. Molozhanova E., Osokina N., Kostikov I., Molozhanov I. New approaches to bioindication at the assessment of anthropogenic soil pollution//NATO Advanced Research Workshop. – M., 1995. – P. 28.

18. Osokina N. P. Pesticides concentrations in the environment at the health resorts in the central part of Ukraine//Fifth SETAC-Europe Congress Copenhagen 25–28, June 1995. Environmental science and vulnerable ecosystems. – C., 1995. – P. 241.

19. World Health Organization/International Programme on Chemical Safety (2001): Inventory of IPCS and other WHO pesticide evaluation and summary of toxicological evaluations performed by the Joint Meeting of Pesticide Residues (JMPR) through 2001, WHO/IPCS, Vienna, Switzerland.

REFERENCES

1. Bondar O. I., Kovalenko O. M., Tkach V. M., Fedorenko O. I. The impact of the environment on humans and immunology. – Kyiv–Kharkiv, 2005. – 95 p. (In Ukrainian).

2. Yearbook of the content of residual amounts of pesticides in the natural objects of certain regions of the Soviet Union. Book I, II. – Obninsk: Goskomgidromet, 1988. – 186 p., 132 p. (In Russian).

3. Zaleskyi I. I., Klymenko M. O. Human ecology. – Kyiv: Vydavnychi tsentr “Akademii”, 2005. – 287 p. (In Ukrainian).

4. Osokina N. P. The content of residual amounts of pesticides in groundwater and other objects of the natural environment of certain regions of Ukraine. – Kiev, 2019. – 190 p. (In Russian).

5. List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine in 2008. – Kyiv: Univest Media, 2008. – 448 p. (In Ukrainian).

6. A Handbook for NGOs in Central and Eastern Europe... and More. – Gamburg, 2003. – 47 p. (In Russian).

7. Rotar M. F., Lihodedova O. G. Pesticides in the geological environment and some of the consequences of their use in Ukraine. – Odessa: INVAC, 2007. – 170 p. (In Russian).

8. Salimova Z. Pesticides in drinking water “Nashagazta.ch” 7.04.2021. (In Russian).

9. Tkhor I. I., Petruk P. V. Analysis of manmade risks from the preservation of accumulated pesticides in Vinnytsia region//Ekolohichnyi visnyk. – 2008. – № 3 (49). – 32 p. (In Ukrainian).

10. Jakovlev E. A. Geological and ecological aspects of chemicalization of agriculture//Problemy obosnovaniya i realizacii meropriyatij po minimizacii negativnogo vozdejstviya na podzemnye vody selskohozyajstvennykh zagryaznitelej. – Kiev, 1989. – P. 5–8. (In Russian).

11. Commission Directive 1999/50/EC of 25 May 1999 amending Directive 91/321/EEC on infant formulae and follow – on formulae, Official Journal L 139/29.

12. European Commission (2001): Communication from the Commission to the Council, The European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. On the sixth environment action programme of the European Community, Environment 2010: Our choice – The Sixth Environment Action Programme – Proposal for a Decision on the European Parliament and of the Council Laying Down, The Community Environment Action Programme 2000–2010.

13. European Commission (2003): Commission Directive 2003/13/EC amending Directive 96/5/EC on processed cereal-based foods and baby foods for infants and young children, Official journal L 41/33.

14. European Commission (2003): Commission Directive 2003/14/EC amending Directive 91/321/EEC on infant formulae and follow – on formulae, Official journal L 41/37.

15. <http://www.fao.org/3/w2598e/w2598e04.htm> Google снимок страницы по состоянию на 18.05.2020 GMT.

16. Mateo-Caracta Xaver J. Water pollution from agriculture: a global review. – 2018. – 404 p. www.unwater.org/water-pollution-from-agriculture-a-... 23.07.2018. www.fao.org/3/w2598e/w2598e04.htm

17. Molozhanova E., Osokina N., Kostikov I., Molozhanov I. New approaches to bioindication at the assessment of anthropogenic soil pollution//NATO Advanced Research Workshop. – M., 1995. – P. 28.

18. Osokina N. P. Pesticides concentrations in the environment at the health resorts in the central part of Ukraine//Fifth SETAC-Europe Congress Copenhagen 25–28, June 1995. Environmental science and vulnerable ecosystems. – C., 1995. – P. 241.

19. World Health Organization/International Programme on Chemical Safety (2001): Inventory of IPCS and other WHO pesticide evaluation and summary of toxicological evaluations performed by the Joint Meeting of Pesticide Residues (JMPR) through 2001, WHO/IPCS, Vienna, Switzerland.

Рукопис отримано 30.04.2021.



МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ
УКРАЇНИ

Коллектив журналу
нагадує авторам
і читачам, що триває
передплата на журнал
МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ
на II півріччя 2021 р.

Передплатний індекс
за Каталогом періодичних
видавань України –
48336



ДО ВІДОМА АВТОРІВ

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

ДЛЯ ДАЛЬШОГО ПІДВИЩЕННЯ НАУКОВОГО РЕЙТИНГУ ЖУРНАЛУ ТА ЙОГО ДОПИСУВАЧІВ ВАРТО ЗВЕРНУТИ УВАГУ НА ТАКЕ:

1. Кожна публікація не англійською мовою супроводжується анотацією англійською мовою обсягом не менш як 1800 знаків (з ключовими словами). Якщо видання не є повністю українськомовним, кожна публікація не українською мовою супроводжується анотацією українською мовою обсягом не менш як 1800 знаків (з ключовими словами, урахувавши пропуски).

2. Вимоги до анотацій англійською мовою: інформативність (без загальних слів); змістовність (відображення основного змісту статті та результатів досліджень); застосування термінології, характерної для іноземних спеціальних текстів; єдність термінології в межах анотації; без повторення відомостей, що містяться в заголовку статті.

3. Прізвища авторів статей надаються в одній із прийнятих міжнародних систем транслітерації (з української — відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 55 від 27.01.2010 “Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею”, з російської — відповідно до “Системы транслитерации Библиотеки конгресса США”). Зазначення прізвища в різних системах транслітерації призводить до створення в базі даних різних профілів (ідентифікаторів) одного автора.

4. Для повного й коректного створення профілю автора дуже важливо зазначити місце його роботи. Дані про публікації автора використовуються для отримання повної інформації щодо наукової діяльності організації і загалом країни. Застосування в статті офіційної, без скорочень, назви організації англійською мовою запобігатиме втраті статей у системі аналізу організацій та авторів. Бажано вказати в назві організації відомство, якому вона підпорядковується.

5. В аналітичній системі SCOPUS потрібні пристатейні списки використаної літератури латиницею. Можливості SCOPUS дають змогу проводити такі дослідження: за покликаннями оцінювати значення визнання робіт конкретних авторів, науковий рівень журналів, організацій і країн загалом, визначати актуальність наукових напрямів і проблем. Стаття з представленим списком літератури демонструє професійну ерудицію та якісний рівень досліджень її авторів.

6. Правильний опис джерел, на які покликаються автори, є запорукою того, що цитовану публікацію буде враховано в процесі оцінювання наукової діяльності її авторів, а отже й організації, регіону, країни. За статистикою цитування журналу визначають його науковий рівень, авторитетність тощо. Тому найважливішими складниками в бібліографічних покликаннях є прізвища авторів і назви журналів. До опису статті треба вносити імена всіх авторів, не скорочуючи їхньої кількості. Для уникнення неточностей в ідентифікації авторства й визначення персональних метрик (показників) бібліометрії авторам наукових публікацій потрібно використовувати персональні коди ORCID.

7. Для українсько- та російськомовних статей з журналів, збірників, матеріалів конференцій структура бібліографічного опису така: автори (транслітерація), переклад назви статті англійською мовою, назва джерела (транслітерація), вихідні дані, у дужках — мова оригіналу, ідентифікатор DOI.

8. Список використаної літератури (References) для SCOPUS та інших закордонних баз даних наводиться повністю окремим блоком, повторюючи список літератури, що подається українською/російською мовою, незалежно від того, містяться в ньому чи ні іноземні джерела. Якщо в списку є покликання на іноземні публікації, їх повністю повторюють у списку, який створюють латиницею.

Рукопис статті до редакції автори подають зі своїми підписами.

М. М. ШАТАЛОВ, д-р геол. наук, провідний науковий співробітник
(ДУ "Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН
України"), shatalov@casre.kiev.ua

Н. Н. ШАТАЛОВ, д-р геол. наук, ведучий научний співробітник
(ГУ "Научный центр аерокосмических исследований Земли ИГН НАН
Украины"), shatalov@casre.kiev.ua

АКАДЕМІКОВІ ВАДИМУ ІВАНОВИЧУ ЛЯЛЬКОВІ – 90!

АКАДЕМИКУ ВАДИМУ ІВАНОВИЧУ ЛЯЛЬКО – 90!

Имя почетного директора Научного центра аерокосмических исследований Земли Института геологических наук Национальной академии наук Украины (ЦАКИЗ ИГН НАНУ) академика Вадима Ивановича Лялько занимает уникальное место среди замечательной плеяды выдающихся ученых-естественников нашей планеты. Благодаря 65-летнему напряженному труду талантливому ученому удалось внести существенный вклад в золотой фонд мировой геологической науки: его фундаментальные исследования в области гидрогеологии, геологии, геоэкологии, геотермии, аерокосмических исследований Земли принесли Вадиму Ивановичу мировую славу. Ученый является лауреатом Государственной премии Украины в области науки и техники (1989 и 2004) и Премии им. В. И. Вернадского. Он заслуженный деятель науки и техники Украины (1997), доктор геолого-минералогических наук (1972), профессор (1986), академик НАН Украины (2010), член-корреспондент Международной академии астронавтики (2001).

Родился В. И. Лялько 1 сентября 1931 года в г. Переяслав-Хмельницкий Киевской области в семье служащих. В 1955 г. с отличием окончил Киевский государственный университет им. Т. Г. Шевченко. В 1964 г. защитил кандидатскую диссертацию "Формирование, оценка и прогноз изменения ресурсов подземных вод в условиях засушливой зоны Украины". После в ИГН АН УССР он быстро прошел путь от инженера до заведующего отделом тепломассопереноса в земной коре (1973). В 1974–1978 гг. – заместитель академика-секретаря, и. о. академика-секретаря Отделения наук о Земле АН УССР и член Бюро Отделения наук о Земле НАН Украины.

Исследования В. И. Лялько на раннем этапе его научной деятельности были тесно связаны с изучением гидрогеологии и геологии различных регионов Украины. Ученый исследует термальные воды Крыма и Закарпатья, дает оценку по проблеме захоронения промышленных стоков в Днепровско-Донецкой впадине и осваивает методы исследования тепло- и массопереноса в подземной гидросфере. Эти исследования В. И. Лялько обобщает в докторской диссертации "Тепло- и массоперенос в подземных водах юго-запада Русской платформы" (1972).



В этот период он публикует также важные для страны научные работы: "Формирование и прогноз ресурсов подземных вод засушливых районов" (1965), "Вечно живая вода" (1972), "О субмаринной разгрузке подземных вод на шельфе Украинского Причерноморья" (1980), "Моделирование гидрогеологических условий охраны подземных вод" (1980), "Методические указания по производству наблюдений за режимом температуры подземных вод" (1982), "Геология шельфа УССР. Твердые полезные ископаемые" (1983). Позднее из печати вышли работы: "Подземные воды и эволюция литосферы" (1985), "Водообмен в гидрогеологических структурах Украины: водообмен в естественных условиях" (1989), "Водообмен в гидрогеологических структурах и Чернобыльская катастрофа" (2001), "Подземные воды как стратегический ресурс" (2005). В дальнейшем исследования ученого по проблемам гидрогеологии были углублены, получили принципиально новую теоретическую и методологическую основу.

Второе направление исследований юбиляра связано с разработкой фундаментальных проблем тепломассопереноса в литосфере Земли. Ярким примером такой разработки являются коллективные монографии "Приближенные методы исследования тепло- и массопереноса в системах извлечения тепла Земли" (1975), "Исследования процессов переноса тепла и вещества в земной коре" (1978), "Геотермические поиски полезных ископаемых" (1979), "Решение двумерных задач теплопереноса в недрах на ЭВМ" (1983); статья (в соавторстве с А. В. Чекуновым, Р. И. Кутасом, М. М. Митник) в Геофизическом журнале "Термодинамическая модель эволюции астенолитов" (1993) и уникальные личные монографии Вадима Ивановича "Тепломассоперенос в литосфере" (1985), "Методы расчета тепло- и массопереноса в земной коре" (1974 и 1991). Публикация приведенных

выше статей и монографий позволила ученому обосновать новое направление в науках о Земле – **энергомассообмен в геосистемах**. В дальнейшем основоположник и его ученики развивали это направление в рамках оригинальной научной школы, которая исследует процессы энергомассообмена в геосистемах и их влияние на физико-химические и биологические процессы в литосфере Земли.

Третье направление – аэрокосмические исследования Земли. Важно отметить, что Вадим Иванович одним из первых в Украине четко осознал, что приход дистанционных методов в геологию стал революционным скачком, позволившим получать качественно новую информацию о процессах, протекающих как на поверхности нашей планеты, так и в глубинных частях литосферы. В связи с этим значительной заслугой В. И. Лялько является основание ГУ “ЦАКИЗ ИГН НАН Украины”. Созданный в 1992 г. по его инициативе Центр посредством дистанционных методов способствовал решению ряда фундаментальных и прикладных вопросов и проведению исследований по поискам рудных, нефтяных и газовых месторождений.

На основе фундаментальных теоретических и методических разработок ученых предложил ряд новых методов в аэрокосмическом землезнании, среди которых – радарная интерферометрия, гиперспектрометрия и др. Аэрокосмические исследования в Украине позволили также решить ряд актуальных природоресурсных, экологических и природоохранных задач – прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечение пожаробезопасности лесов, выявление и характер развития оползневых процессов, прогнозирование подтопления территорий и паводков, оценка экологического состояния территорий и морских акваторий, исследование современных тектонических процессов и опусканий земной поверхности в районах угольных шахт, выяснение влияния разных антропогенных факторов на городские агломерации и т. д.

Широко известны работы ученого в области прогнозирования оползневых процессов. Под его руководством в ЦАКИЗ составлена карта Киева, выполненная на основе дистанционных аэрокосмических исследований. На ней хорошо видно, что главные святыни столицы на правом берегу и весь высокий берег Днепра (от Подола до Ботанического сада) – сплошная оползневая зона. Почетный директор Центра Вадим Иванович Лялько уже не первый год бьет тревогу: Киев на грани глобальной катастрофы! Его значительная часть может “съехать” в Днепр! Но его не слышат в правительстве.



Ученый нередко отмечает, что дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) является приоритетным направлением исследований в промышленно развитых странах – США, Франции, России, Англии, Германии, Канаде, Японии, Индии, Китае, Италии. Эти страны совместно с ООН уделяют значительное внимание ДЗЗ и обеспечивают соответствующее финансирование работ. При помощи ДЗЗ решаются наиболее актуальные природоресурсные, экологические и природоохранные задачи. Украина – космическая держава. Под руководством юбиляра в ЦАКИЗ также выполнены многочисленные работы по поискам углеводородов, решаются экологические, природоресурсные и природоохранные задачи на территории Украины. Их результаты отражены в следующих основных публикациях: “Использование дистанционной тепловой и спектрометрической съёмки для поисков нефтегазовых залежей и термальных вод” (1986), “Прямой поиск залежей нефти и газа дистанционными методами” (1995), “Информация ИСЗ Сич в решении актуальных проблем нефтегазовой геологии” (1996), “Использование спутниковой технологии при прогнозе зон нефтегазоносности на шельфе” (2007), “Использование аэрокосмической информации при поисках месторождений углеводородов” (2011); коллективных монографиях “Спутниковые методы поиска полезных ископаемых” (2012), “Сучасні методи дистанційного пошуку корисних копалин” (2017) и др. Результаты многолетних геоэкологических исследований Киева изложены в многочисленных статьях и зафиксированы в изданных ЦАКИЗ атласах “Україна з космосу” (1997) и “Космос – Україні” (2001).

В лице академика В. И. Лялько тесно и органично связаны качества выдающегося ученого, организатора науки и педагога. Он – председатель научного совета НАН Украины по вопросам изучения природных ресурсов дистанционными методами, председатель специализированного ученого совета по защите кандидатских и докторских диссертаций по специальности “Аэрокосмические дистанционные исследования”, член научных советов НАН Украины и АН России по проблеме биосферы, главный редактор электронного “Украинского журнала ДЗЗ”, заместитель главного редактора “Геологического журнала” и журнала “Геоинформатика”, член редколлегии журнала “Космическая наука и технологии”. Ученый является координатором от Украины в проекте Международной программы “Глобальная система обследования Земли” (GEOSS) и Европейской программы “Глобальный мониторинг для природной среды и безопасности” (GMES). Ученый принимает активное участие не только в проекте GMES-GEOSS-Украина, но и в международной научной деятельности: выступает на симпозиумах и конгрессах, участвует в зарубежных публикациях (их у него более 50), постоянно выигрывает гранты от КМДА, Международного научного фонда и космических агентств Германии, Франции и других стран Европы.

Вадим Иванович опубликовал около 600 научных работ, в том числе 30 монографий, подготовил много учеников – кандидатов и докторов наук. В. И. Лялько награжден орденами, имеет многочисленные знаки отличия от Национального космического агентства Украины. Талантливому ученому присущ широкий кругозор, принципиальность, великолепное чувство юмора. Несмотря на высокий профессионализм, академические и прочие звания, Вадим Иванович остается доступным, скромным и отзывчивым Человеком. Свой юбилей он встречает в расцвете творческих сил, много и продуктивно работает, полон научных идей и замыслов.

ШАНОВНІ КОЛЕГИ!
Запрошуємо вас узяти участь у
СЬОМІЙ МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ
“НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ.
ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТИВАННЯ”,
що відбудеться **1–4 листопада 2021 року**
PREMIER HOTEL DNISTER, зал Панорама, м. Львів, вул. Матейка, 6

За підтримки:

Державна служба геології та надр України,
Львівський національний університет імені Івана Франка,
Івано-Франківський національний технічний університет
нафти та газу, ННІ “Інститут геології” КНУ імені Тараса
Шевченка, ДУ “Український науково-дослідний інститут

медичної реабілітації та курортології МОЗ України”,
Інститут геологічних наук Національної академії
наук України, ПрАТ “НАК “Надра України”,
АТ “Укргазвидобування”, ТОВ “Геологічна інвестиційна група”

Форми участі:

делегатська участь або виступ з доповіддю.

**Основні тематичні напрями:**

- Реформування сфери використання надр: прозорість, відкритість, доступність.
- Управління ресурсами корисних копалин для сталого розвитку.
- Інвестиційний потенціал мінерально-сировинної бази України.
- Методика і практика геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин.
- Стратегічні родовища корисних копалин для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави.
- Критична сировина та перспективи її використання в Україні.
- Оцінка запасів та ресурсів корисних копалин за класифікаційними системами PRMS і CRIRSCO.

Додаткова інформація:

- на сайті Сьомої міжнародної науково-практичної конференції “Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування” conf.dkz.gov.ua;
- на сайті Державної комісії України по запасах корисних копалин dkz.gov.ua;

Шаблон тез доповідей доступний для завантаження на сайті conf.dkz.gov.ua.

Тези доповідей приймаються до **29 жовтня 2021 року**.

Форму реєстрації для участі в Конференції треба заповнити до **29 жовтня 2021 року** на сайті conf.dkz.gov.ua.

Учасники Конференції мають змогу вибрати місце проживання, згідно з власними побажаннями.

З повагою –

*д-р геол.-мінерал. наук, д-р геогр. наук, д-р техн. наук, проф.,
голова Державної комісії України по запасах корисних копалин*

Г. І. Рудько

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ ПОДАЮТЬСЯ ДЛЯ УЧАСТІ В СЬОМІЙ МІЖНАРОДНІЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ “НАДРОКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ. ПЕРСПЕКТИВИ ІНВЕСТИВАННЯ”

УДК (шрифт звичайний 11 pt)

НАЗВА ДОПОВІДІ

(ШРИФТ НАПІВЖИРНИЙ 14 pt, 1 ІНТЕРВАЛ, ВЕЛИКИМИ ЛІТЕРАМИ, ВИРІВНЮВАННЯ ПО ЦЕНТРУ)

Автор ПІБ1 (шрифт напівжирний 11 pt, курсив), вчений ступінь, звання, e-mail;

Співавтор(и) ПІБ2 (шрифт напівжирний 11 pt, курсив), вчений ступінь, звання, e-mail;

1 – організація, місто, країна,

2 – організація, місто, країна (шрифт звичайний 11 pt, 1 інтервал, малими літерами, курсив, вирівнювання за шириною)

Анотація – не більш як 200 слів (шрифт звичайний 10 pt, 1 інтервал, малими літерами, вирівнювання за шириною)

TITLE

(FONT 14 pt, SINGLE LINE SPACING, CAPITAL LETTERS, MIDDLED ALIGNMENT)

Author1 (font 11 pt, italic), scientific degree, academic rank, e-mail;

Corresponding author(s)2, (font 11 pt, italic), scientific degree, academic rank, e-mail;

1 – company, city, country,

2 – company, city, country, (font regular 11 pt, single line spacing, small letters, italic, width alignment)

Summary – max. 200 words (font regular 10 pt, single line spacing, small letters, width alignment)

ІНСТРУКЦІЯ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ ТЕЗ ТА ЗАПОВНЕННЯ ШАБЛОНУ

(видалити після заповнення шаблону)

Тези мають відображати зміст доповіді й мати рекомендовану структуру: анотація, вступ, виклад основного матеріалу (мета, методи, результати, новизна дослідження), малюнки, висновки, покликання на літературу, подяки (на розсуд авторів).

Назву доповіді (не більш як 100 символів), інформацію про авторів та анотацію (зокрема й англійською мовою) вносять безпосередньо під колонтитулом цього шаблону (логотип і назва конференції). Далі вноситься текст тез.

Тези мають бути обсягом не менш як дві й не більш як шість сторінок формату А4 (29,7 x 21 см, «Книжковий»), містити анотацію (не більш як 200 слів), текст і малюнки, без облямовувань.

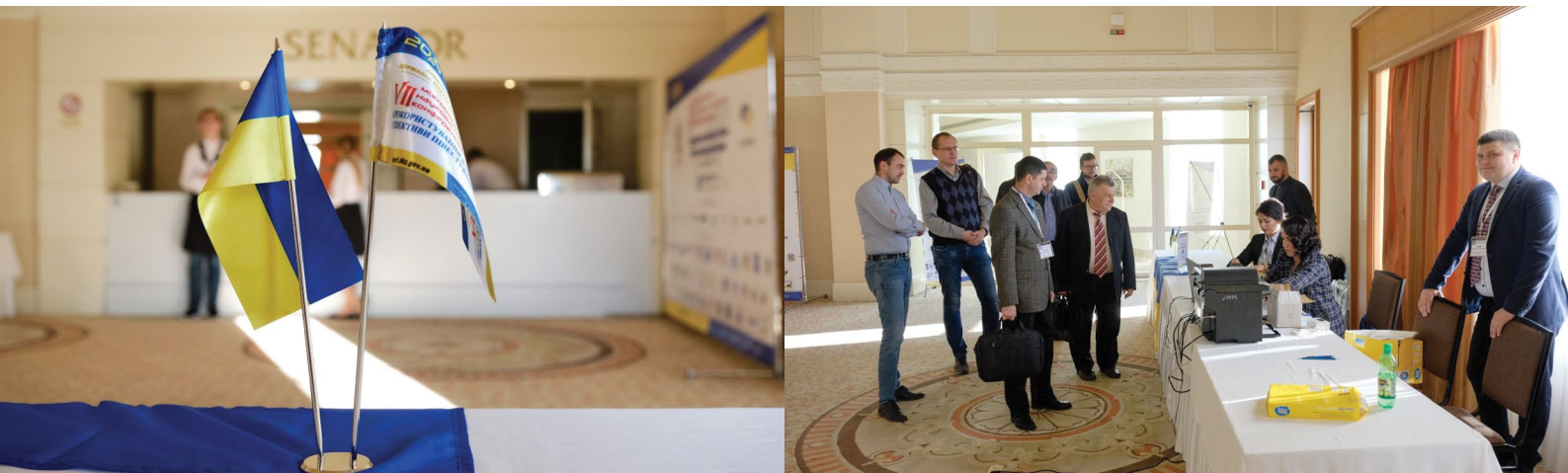
Вимоги до оформлення – шрифт Times New Roman (12 pt, 1 інтервал), вирівнювання за шириною, абзаци з відступом 1 см, береги 2,5x1,5x1,5x1,5 см. Рисунки й таблиці мають бути з назвами; підписи (розмір шрифту 11 pt) розміщуються під ними. Формули набираються у формульному редакторі. Під час підготування тез застосовуються загальноновизнані терміни, одиниці вимірювання, умовні позначення, єдині для всього тексту. Розшифрувати аббревіатуру треба після першого використання в тексті. Всі латинські значення фізичних величин (A , I , d , h тощо) набираються курсивом. Позначення функцій (β , $\sin$, $\exp$, $\lim$), хімічних елементів (H_2O), одиниць вимірювання ($МВт/см^2$) – прямим (звичайним) шрифтом.

Увага! Після заповнення збережіть шаблон у форматі [J.Doc], надайте файлу ім'я згідно з таким зразком:

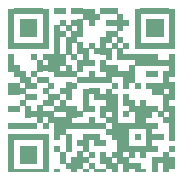
Прізвище автора_Paper.doc.

Якщо автор надає тези двох доповідей, ім'я другого файлу має закінчуватися цифрою 2:

Прізвище автора_Paper2.doc.



Оргкомітет залишає за собою право не розглядати тез, оформлених без дотримання вищенаведених правил.



mru-journal.com.ua



Завідувачка 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 21.05.2021
Підписано до друку 14.07.2021
Формат 60х90 ¹/₈
Папір крейдований
Друк офсетний. Ум.-друк. арк. 6,5
Обл.-вид. арк. 9. Тираж 300 прим.
Зам. № 329

Адреса редакції та п/п: Київ-114, вул. Автозаводська, 78А
E-mail: press.ukrdgri@gmail.com
<https://mru-journal.com.ua>