

## **РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ГІДРОГЕОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВИДОБУТКУ СЛАНЦЕВОГО ГАЗУ (ОЛЕСЬКА ПЛОЩА)**

**В.М. Шестопапов<sup>1</sup>, П.Ф. Гожик<sup>2</sup>, І.Д. Багрій<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Президія Національної академії наук України, Київ, Україна.*

*Доктор геолого-мінералогічних наук, професор, академік НАН України, академік-секретар відділення Наук про Землю.*

<sup>2</sup> *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна.*

*Доктор геолого-мінералогічних наук, професор, академік НАН України, директор.*

<sup>3</sup> *Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: bagrid@ukr.net*

*Кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу геоecології та пошукових досліджень.*

Поряд із традиційними, у структурі світового паливно-енергетичного комплексу стрімко зростає роль нетрадиційних (неконвенційних) джерел вуглеводнів – насамперед газових, до яких належить сланцевий, центральnobасейновий і вугільний газ. Перспективи освоєння ресурсів природного сланцевого газу в Україні пов'язані з давніми чорними сланцями в зоні мезокатагенезу нафтогазоносних басейнів. Зокрема, низка перспективних на сланцевий газ об'єктів розглядається на Юзівській та Олеській площах. Видобуток сланцевого газу створює великі екологічні труднощі. Проведення гідророзриву може призвести до забруднення підземних джерел питної води, активізувати техногенні землетруси, зсуви тощо. Мета цих досліджень полягає у виділенні першочергових прогнозно-пошукових об'єктів геологорозвідувальних робіт на сланцевий (та центральnobасейновий) газ. Особливу увагу слід приділити комплексним тектоно-геодинамічним (включаючи сейсмологічний моніторинг), гідрогеологічним (включаючи гідрогеохімічний моніторинг артезіанських, ґрунтових та поверхневих вод), еманційно-геохімічним (з визначенням аномальних концентрацій метану, гелію, радону та його похідних у приповерхневих утвореннях) та аерокосмічним (з картуванням сучасно активних зон тектонічних порушень) дослідженням. В подальшому ці дані доцільно використати як комплексні критерії оцінки екологічних ризиків, що супроводжують видобування неконвенційного природного газу. *Ключові слова:* чорносланцеві формації, сланцевий газ, екологічні ризики, еколого-пошукове обстеження.

## **DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF HYDRO-GEOENVIRONMENTAL MONITORING OF SHALE GAS EXTRACTION (ON OLESKA AREA)**

**V.M. Shestopalov<sup>1</sup>, P.F. Gozhik<sup>2</sup>, I.D. Bagriy<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Presidium of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.*

*Doctor of geological and mineralogical sciences, professor, member of NAS of Ukraine, academician-secretary of department of the Earth Sciences.*

<sup>2</sup> *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine.*

*Doctor of geological and mineralogical sciences, professor, member of NAS of Ukraine, director.*

<sup>3</sup> *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, E-mail: bagrid@ukr.net*

*Candidate geological sciences, senior research worker, manager of department of geoecology and searching researches.*

Along with conventional recourses, the unconventional gas recourses start to have a great influence on changing the Fuel and Energy Complex. Primarily, the shale gas, tight gas and coal bed methane extraction increases greatly among other gas recourses. In Ukraine the prospects of gas production are associated with the old black shales on the mesokatagenesis zone of hydrocarbon basins. There

are several perspective areas of shale rocks, namely, Juzivska and Oleska fiels. The shale gas extraction may negatively influence the ecological situation. The hydrofracking may affect pollution of underground body of water and activate of induced earthquakes and landslides. The general goal of this approach is to identify the priority geological objects for to forecast and explore the unconventional gas. Special focus should be made on the complex of tectonical-geodynamical (including seismic monitoring), hydro-geological (including hydro-geochemical monitoring of artesian water, groundwater and surface water), geochemical (including the definition of abnormal concentrations of methane, helium, radon and its derivatives) and aerospace (including mapping of modern tectonic faults) research. In future the investigation results will be used as complex estimate criteria of environmental risks of unconventional gas extraction.

*Key words:* black shales, shale gas, ecological risks, ecological risks, eco-research survey.

## **РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА (ОЛЕСКАЯ ПЛОЩАДЬ)**

**В.М. Шестопапов<sup>1</sup>, П.Ф. Гожик<sup>2</sup>, И.Д. Багрый<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Президиум Национальной академии наук Украины, Киев, Украина.*

*Доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик НАН Украины, академик-секретарь отделения Наук о Земле.*

<sup>2</sup> *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина.*

*Доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик НАН Украины, директор.*

<sup>3</sup> *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: bagrid@ukr.net*

*Кандидат геологических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом геоэкологии и поисковых исследований.*

Наряду с традиционными, в структуре мирового топливно-энергетического комплекса стремительно возрастает роль нетрадиционных (неконвенционных) источников углеводородов – прежде всего газовых, к которым относится сланцевый, центральнобассейновый и угольный газ. Перспективы освоения ресурсов природного сланцевого газа в Украине связаны с древними черными сланцами в зоне мезокаатагенеза нефтегазоносных бассейнов. В частности, ряд перспективных на сланцевый газ объектов рассматриваются на Юзовской и Олеской площадях. Добыча сланцевого газа создает большие экологические трудности. Проведение гидро-разрыва может привести к загрязнению подземных источников питьевой воды, активизировать техногенные землетрясения, оползни и т.п. Цель этих исследований заключается в выделении первоочередных прогнозно-поисковых объектов геологоразведочных работ на сланцевый (и центральнобассейновый) газ. Особое внимание следует уделить комплексным тектоно-геодинамическим (включая сейсмологический мониторинг), гидрогеологическим (включая гидрогеохимический мониторинг артезианских, грунтовых и поверхностных вод), эманиционно-геохимическим (с определением аномальных концентраций метана, гелия, радона и его производных в приповерхностных образованиях) и аэрокосмическим (с картированием современно активных зон тектонических нарушений) исследованиям. В дальнейшем эти данные целесообразно использовать как комплексные критерии оценки экологических рисков, сопутствующих добыче неконвенционного природного газа.

*Ключевые слова:* черносланцевые формации, сланцевый газ, экологические риски, эколого-поисковое исследование.

XI ст. у глобальній енергетиці має бути «століттям газу». Про це свідчить значне зростання видобутку сланцевого газу (СГ) в США.

Насамперед варто підкреслити, що основні стратиграфічні, структурно-тектонічні та фазово-геохімічні діапазони нафтогазоносності території України цілком відповідають глобальним закономірностям нафтогазо-

накопичення. Про його потужність, зокрема, свідчать загальні показники нафтогазоносності. Понад 80% території України належить до територій, перспективних на нафту та, особливо, газ. Характерним є широкий діапазон нафтогазоносності: стратиграфічний (докембрій–кайнозой), формаційний (поклади вуглеводню пов'язані практично з усіма відомими типами геологічних формацій і фацій),

глибинний (до 5,0-6,5 км і більше) та фазово-геохімічний (усі типи природних вуглеводневих систем, включаючи унікальну різноманітність газоконденсатних покладів).

До важливих стратегічних напрямів також відносяться пошуки нафти та газу у різновіковому кристалічному фундаменті (так званому гранітному шарі літосфери), що у світлі сучасних даних має розглядатися як самостійний поверх глобальної промислової нафтогазоносності. Саме на сході України в свій час завдяки дослідженням вчених НАН України була доведена промислова нафтогазоносність розущільнених кристалічних порід докембрійського фундаменту. Зокрема, з ними пов'язаний масивний газоконденсатний поклад великого Юліївського родовища (Харківська область) та поклади деяких інших родовищ. Зовсім нещодавно були встановлені інтенсивні газопрояви на новому великому урановому родовищі в центральній частині Українського щита (Кіровоградський блок). Газ насичує тут кристалічні породи – метасоматити з досить значною вторинною пористістю. Крім того, науково обґрунтована наявність передумов формування великих родовищ з масивними вуглеводневими покладами в розущільнених кристалічних породах Азово-Чорноморського регіону.

Все це свідчить про дуже великі потенційні ресурси традиційного вільного газу, зосередженого в надрах України у вигляді традиційних покладів. Але, поряд із традиційними, у структурі світового паливно-енергетичного комплексу стрімко зростає роль нетрадиційних (неконвенційних) джерел вуглеводнів – насамперед газових, до яких належить сланцевий, центральнобасейновий і вугільний газ. В останні роки вони у великих масштабах почали видобуватися в Північній Америці, завдяки чому в 2004-2010 рр. США випередили Росію і посіли перше місце в світі у газовидобуванні.

Безсумнівні успіхи в розробці технології вилучення газу з щільних порід, на жаль, не відповідають рівню вивчення природи цього явища. Це стосується передусім явної невідповідності їх низької ємності величезним об'ємам газу, що з них вилучаються (яскравий приклад – родовище Біг Сенді у Кентуккі, на якому понад 80 років видобувається газ із верхньодевонських темноколірних сланцеватих глинистих порід). Дослідження науковців НАН України показали, що серед факторів

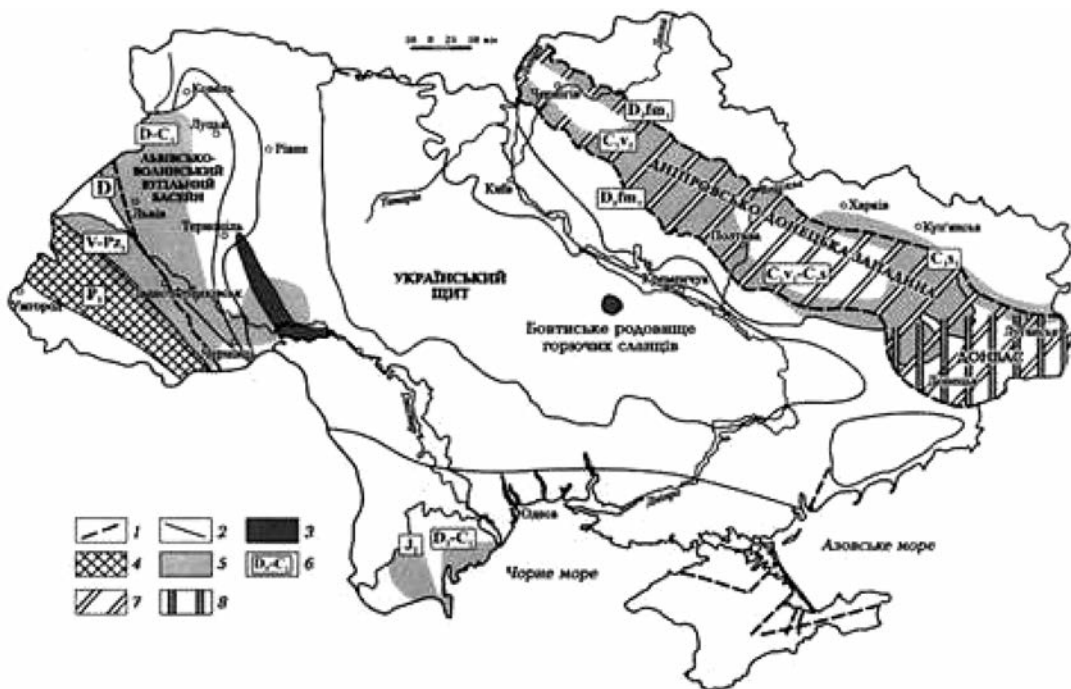
газонакопичення в щільних породах, насамперед чорних сланцях, головним є явище нерівномірної гідروفобізації (як у результаті генерації керогеном бітумоїдів, так і внаслідок присутності сингенетичної вугільної і бітумної органіки). Саме вона ініціює процеси капілярного усмоктування метану з різних джерел (катагенетична генерація його керогеном, водорозчинний метан підземних вод, струминна міграція з великих глибин). Це дозволяє не тільки зрозуміти причину феномена вказаної невідповідності, але й припустити нові, більш надійні критерії пошуків та розвідки сланцевого, центральнобасейнового, а також вугільного газу. Більш того, в світлі концепції природного капілярного насоса із накачкою газу у гідروفобні нано- та мікропроникні породні середовища є підстави розглядати їх як нетрадиційні ресурси, що відновлюються. Тому попередню мінімальну сумарну оцінку геологічних ресурсів газу щільних порід (низькопроникних колекторів) України в 30 трлн м<sup>3</sup> треба розглядати як суто умовну.

В нафтогазоносних регіонах України можна навести цілу низку різновікових чорносланцевих формацій, перспективних на СГ (рис. 1).

Зараз у якості першочергових об'єктів освоєння СГ розглядаються Юзівська та Олеська площі. Саме на них видані ліцензії транснаціональним компаніям «Шелл» і «Шеврон», відповідно. Відмітимо насамперед, що мова йде не про родовища СГ, а про перспективні площі.

Олеська площа, що розташована на території Львівської та Івано-Франківської областей, є великим (6324 км) сегментом Волино-Подільського нафтогазоносного регіону. Основні її перспективи пов'язані з силурійськими чорними сланцями, з яких останнім часом отримані припливи СГ в Польщі.

Проведення гідророзриву може призвести до забруднення підземних джерел питної води, активізувати техногенні землетруси, зсуви тощо. До того ж проведення масового гідророзриву потребує великих об'ємів води і піску. Навіть в США все це створює великі екологічні труднощі. Природозахисні установи постійно вказують на зв'язок проведення гідророзриву в газонасних сланцях в штатах Пенсільванія, Огайо, Колорадо, Вайомінг із довгостроковим забрудненням артезіанських та поверхневих вод, руйнуванням



**Рис. 1.** Регіони України, перспективні на вуглеводневу сировину  
 1 – регіональні розломи; 2 – контури платформних структур; 3 – горючі сланці; 4 – менілітові сланці; 5 – перспективні ділянки СГ; 6 – вік перспективних на СГ відкладів; 7 – перспективні зони на центральнобасейновий газ; 8 – область, перспективна на вугільний метан

**Fig. 1.** Perspective Ukrainian regions of hydrocarbon resources  
 1 – regional faults; 2 – contours of platforms; 3 – combustible shales; 4 – menilitovi shales; 5 – perspective areas of shale gas; 6 – age of perspective shale gas deposits; 7 – perspective tight gas areas; 8 – perspective coal bed methane areas

деяких споруд, спотворенням умов землеробства та іншими негативними чинниками погіршення навколишнього середовища. Особливі побоювання екологів пов'язані з розробкою тих родовищ (Файетвіл, Ентрім, Нью-Олбані та ін.), де СГ видобувається із сланців, що залягають на глибинах лише на 100-120 м нижче підшови питних підземних вод. Вказані труднощі видобування нетрадиційного газу на Юзівській та, особливо, Олеській ділянках-плеях мають проявитися повною мірою. Тут також слід враховувати те, що, порівняно з більшістю родовищ сланцевого і центральнобасейнового газу США та, особливо, Канади, Юзівська та Олеська ділянки розташовані у густонаселених районах з інтенсивним землеробством.

Дуже негативним чинником є складна тектоно-геодинамічна ситуація, що властива як Олеській, так і Юзівській ділянкам. Зокрема, слід враховувати наявність в їх межах тектонічних порушень різного рангу і пов'язаних з ними зон тріщинуватості та тектонічного дроблення, що утворюють зони кризьформаційної проникності. Прове-

дення штучного гідророзриву в великих обсягах в таких зонах створює умови для проривів газу та забруднюючих речовин у вищележачі водоносні горизонти і на земну поверхню (забруднення ґрунтів, ґрунтових та поверхневих вод, загальне підвищення інтенсивності емісії метану).

Мета цих досліджень полягає у виділенні першочергових прогнозно-пошукових об'єктів геологорозвідувальних робіт на сланцевий (та центральнобасейновий) газ.

Особливу увагу слід приділити комплексним тектоно-геодинамічним (включаючи сейсмологічний моніторинг), гідрогеологічним (включаючи гідрогеохімічний моніторинг артезіанських, ґрунтових та поверхневих вод), еманційно-геохімічним (з визначенням аномальних концентрацій метану, гелію, радону та його похідних у приповерхневих утвореннях) та аерокосмічним (з картуванням сучасно активних зон тектонічних порушень) дослідженням. В подальшому ці дані доцільно використати як комплексні критерії оцінки екологічних ризиків, що супроводжують видобування неконвенційного природного газу.



*Еколого-пошукове обстеження першочергових ділянок видобування газу із сланців та ущільнених пісковиків. Метою досліджень на першочергових ділянках видобування СГ є таке:*

1. Виявлення і картування найбільш екологічно небезпечних зон і майданчиків (розломи, газопровідні канали тощо), пов'язаних з природним розущільненням порід на великі глибини.

2. Оцінка параметрів небезпечних зон і майданчиків, їх типізація і районування за ступенем небезпеки.

3. Виявлення розмірів охоронних блоків – монолітів, які потрібно залишати не порушеними технологією гідророзриву.

### **Вимоги до моніторингу гідроєкосистем**

Прийняття управлінських рішень щодо шляхів та оптимального комплексу природоохоронних заходів, реабілітації порушених територій та екологічно безпечної господарської діяльності повинне базуватись на даних моніторингу довкілля, в тому числі однієї з найважливіших його складових – поверхневих і підземних вод.

Основи моніторингу довкілля в цілому та поверхневих і підземних вод зокрема визначаються Водним кодексом України [Водний..., 1995] і методичними положеннями [Методичні..., 2002; Методичні..., 2010].

Моніторинг екологічного стану гідросфери має на меті:

– оцінку в просторі і часі екологічного стану систем річкових басейнів, окремих водних артерій, водотоків, водних об'єктів; комплексів, горизонтів, родовищ підземних вод;

– виявлення та ідентифікацію джерел техногенного впливу на системи та об'єкти поверхневих і підземних вод;

– створення багатоцільових інформаційно-моделювальних систем відстеження стану гідроєкосистем.

Пріоритетами функціонування системи моніторингу поверхневих і підземних вод є збереження та охорона природних екологічних систем і комплексів, запобігання небезпечним і кризовим змінам їх стану, захист життєво важливих екологічних інтересів людини і суспільства.

Концептуальні засади моніторингу поверхневої та підземної гідросфери, який має бути організаційно і методично тісно пов'язаний з моніторингом геологічного середо-

вища, передбачають створення геоінформаційних систем, баз і банків фактографічної та картографічної інформації, математичних моделей техногенно-геологічних систем «геологічне середовище – техногенний об'єкт».

Аналіз досвіду створення та функціонування систем моніторингу довкілля різного рівня (державного, регіонального, локального, об'єктового) дозволяє визначити основні положення, реалізація яких повинна забезпечити ефективність моніторингу гідросфери. До цих положень необхідно віднести такі [Єдине..., 2001; Положення..., 1998; Державна..., 2001; Положення..., 2013]:

– Методичну однорідність – використання єдиної існуючої чи прийнятої методики спостереження, оцінювання, прогнозування, накопичення відповідної інформації в кожній підсистемі або функціональному блоці моніторингу; критеріальну однорідність – розробку та використання науково обґрунтованих, взаємопов'язаних критеріїв оцінювання та прогнозування екологічного стану річкових басейнів та водних об'єктів; такі критерії можуть бути уніфікованими, єдиними для всієї системи моніторингу або детерміновані для кожної із підсистем чи функціональних блоків (наприклад, для води і для донних відкладів).

– Однорідність показників – відстеження стану гідросистеми за системою узгоджених показників, інгредієнтів, характеристик.

– Системність, однорідність і сполучність інформації, яка отримується при функціонуванні окремих підсистем і блоків моніторингу, повинна забезпечувати створення проблемноорієнтованих баз та банків даних, в тому числі при використанні інформації із різних джерел.

– Інформативність – охоплення підсистемами чи блоками моніторингу усіх процесів і явищ у гідросистемах, що спостерігаються, та одержання даних про екологічну рівновагу і стійкість річкових басейнів та водних об'єктів до техногенних навантажень, а також про характеристики спеціалізації джерел забруднення водних систем.

– Комплексність і максимальне охоплення – можливість врахування системою спостережень внутрішніх і зовнішніх структурно-формаційних зв'язків екосистем гідросфери (поверхневих і підземних вод) з іншими складовими довкілля та відображення в часі і просторі негативних змін в екологічному стані об'єктів гідросфери, що вивчаються; можли-

вість інформаційного відстеження усіх існуючих за певними ознаками (водопостачання, водовилучення, скиди стічних вод тощо) репрезентативних водогосподарсько-балансових створів у межах вибраних для моніторингу річкових басейнів і водних об'єктів.

– Достовірність інформації – можливість контролю відповідності сумарних похибок отриманої гідрологічної, гідрохімічної та іншої інформації визначеним межах, що встановлюються згідно з масштабами, видами, детальністю спостережень, а також закономірностям процесів і явищ в екосистемах гідросфери, особливостям картографічних та модельних засобів їх відображення.

– Оперативність – наявність системи та засобів своєчасного отримання, оцінювання інформації та передавання її органам, що приймають рішення; при цьому враховуються конкретні умови проведення моніторингу та стан гідросистем, ступінь небезпеки (ризик) конкретної ситуації для гідросистем і конкретних об'єктів.

– Інструментальна однорідність – використання єдиної (за приладами, комп'ютерами, математичним і програмним забезпеченням тощо) матеріальної бази з урахуванням функціональних можливостей інформаційних систем.

Моніторинг поверхневої та підземної гідросфери в гірничодобувних регіонах включає такі обов'язкові елементи: еколого-геологічне (еколого-гідрологічне) картування, гідрологічні та гідрохімічні зйомки, періодичні обстеження і спостереження, довготривалі режимні спостереження за змінами екологічних параметрів гідросфери під впливом господарської діяльності, оцінку та прогноз стану гідроекосистем.

Комплекс робіт і досліджень з моніторингу поверхневих і підземних вод здійснюється на об'єктовому, місцевому (локальному), регіональному та державному рівнях.

На об'єктовому рівні моніторинг має на меті оцінку стану та змін гідросфери в зоні впливу конкретного техногенного об'єкта (промислового підприємства, гірничо-збагачувального комбінату, шахти, розрізу тощо). Функціонування системи цього моніторингу забезпечується мережею пунктів спостережень і контролю за гідрологічним і гідроекологічним режимом, забрудненням поверхневих і підземних вод у містах використання надр, видобування та переробки

корисних копалин. Дані про стан гідросфери збираються підприємствами або контролюючими органами; вони і є основою для здійснення природоохоронних заходів, спрямованих на попередження і мінімізацію негативного впливу на довкілля і гідросферу, оперативної оцінки і ліквідації можливих негативних наслідків підприємствами, що використовують окремі родовища корисних копалин або геологічні об'єкти.

На місцевому рівні моніторинг гідросистем відстежує зміни у просторі і часі тих самих параметрів поверхневих і підземних вод, що і на об'єктовому рівні, але для груп зближених геологічних об'єктів, родовищ корисних копалин, гірничодобувних і переробних підприємств тощо. Передбачається узагальнення даних об'єктового моніторингу, а також результатів спеціальних еколого-геологічних, еколого-гідроекологічних, гідрологічних і гідрохімічних досліджень і картування.

Регіональний рівень моніторингу здійснюється шляхом збору, систематизації та узагальнення інформації про стан гідроекосистем, що міститься в даних об'єктового та місцевого моніторингу, статистичній звітності підприємств-природокористувачів, результатах спеціальних регіональних досліджень і картування. Матеріали регіонального моніторингу є основою для прийняття відповідних державних рішень, спрямованих на попередження незворотних змін в екологічному стані довкілля видобувних регіонів, вирішення еколого-гідроекологічних проблем, які виникають внаслідок видобування СГ з метою екологічної реабілітації окремих територій або басейну в цілому.

Аналіз сучасного стану моніторингу поверхневих і підземних вод території дозволяє визначити деякі основні напрями оптимізації та підвищення його ефективності, а саме:

– вдосконалення існуючої мережі спостережень з урахуванням гідрологічних і гідроекологічних умов, які склалися за тривалий час використання надр та процесів, що супроводжують видобування СГ;

– визначення оптимальної методики моніторингу як поверхневих, так і підземних вод, насамперед регламенту та комплексу спостережень;

– розробка системи інтегральних оцінок екологічного стану поверхневих і підземних вод;

– створення комп'ютерних баз фактографічної та картографічної інформації даних про стан гідроекосистеми окремих об'єктів (промислових ділянок видобування) та басейну в цілому;

– обґрунтування методів прогнозу змін у стані гідроекосистеми басейну, окремих його територій та ділянок з найінтенсивнішим техногенним навантаженням і зафіксованими незворотними порушеннями геологічного середовища;

– розробка пропозицій щодо оптимізації системи контролю і керування ресурсами та якістю природних вод території.

### **Рекомендації щодо оптимізації мережі та вдосконалення методики моніторингу підземних вод**

Аналіз розміщення мережі спостережень за підземними водами за нашими напрацюваннями показав, що вона потребує певної цільової оптимізації з урахуванням стану техногенного впливу, розміщення об'єктів водопостачання та характеру режиму підземних вод. Для цього слід виконати:

– детальний аналіз стану підземних вод у басейні з визначенням розмірів та напрямів впливу окремих об'єктів інженерної інфраструктури;

– оцінку відповідності існуючої мережі та методики моніторингу масштабам і темпам змін, що відбуваються в підземних водах басейну в цілому та на окремих його ділянках;

– проектування та реалізацію заходів з оптимізації системи моніторингу у відповідності до визначених тенденцій та інтенсивності процесів, які відбуваються в підземних водах, з урахуванням планів розвитку газодобувних робіт.

На підставі цього подальші роботи з оптимізації моніторингу рекомендується виконати в три етапи.

На першому етапі пропонується здійснити роботи з наближення мережі моніторингу до типових схем розміщення пунктів спостережень на кожному рівні:

– рівень басейну в цілому з виділенням пунктів спостережень;

– рівень окремих об'єктів виробничої інфраструктури, що впливають або можуть вплинути на стан підземних вод.

При виборі конкретних схем розміщення пунктів спостережень обов'язково слід враховувати гідравлічний зв'язок окремих во-

доносних горизонтів між собою та з поверхневими водами, а також ступінь впливу порушеного режиму підземних вод на об'єкти житлово-комунального господарства, промислові об'єкти, сільську забудову, сільгоспугіддя та інші складові довкілля.

З міркувань економічної доцільності призначення пунктів спостережень повинно мати, як правило, комплексний характер – спостереження за рівнями та хімічним складом підземних вод. Водночас окремі пункти мережі моніторингу повинні мати цільову спеціалізацію, а саме – вивчення змін у підземних водах, що відбуваються під впливом окремих чинників порушення їх природного режиму.

У відповідності до викладених основних принципів цільової оптимізації мережі моніторингу підземних вод організацію мережі пунктів спостережень та проведення відповідних досліджень рекомендується оптимізувати мережу спостережень першого рівня у вигляді одного поздовжнього регіонального профілю, що проходить з південного сходу на північний захід басейну видобування СГ, та низки поперечних, які проходять з північного сходу на південний захід.

Подальші роботи з оптимізації мережі моніторингу підземних вод рекомендується проводити за даними аналізу особливостей їх режиму. Для цього слід виділити з існуючої мережі додаткові профілі, що характеризують напрямки та інтенсивність впливу видобування газу на підземні води. Кількість додаткових профілів визначається інтенсивністю впливу на підземні води. При визначенні кількості профілів та конкретних пунктів спостережень необхідно враховувати генеральну схему розміщення виробничих об'єктів, розташування і кількість активних розломів та можливість виникнення кризових та надзвичайних ситуацій, пов'язаних з техногенним впливом видобування газу.

Мережа спостережних пунктів другого рівня оптимізації повинна створюватись на основі картування польових структурно-термоатмогеохімічних досліджень – СТАГД (на підставі виявлення ділянок за методикою СТАГД доповнювати (деталізувати) регіональну мережу моніторингу за рахунок створення додаткових профілів). Пункти спостережень у цих профілях також доцільно групувати вузлами з вивченням режиму підземних вод усіх взаємозв'язаних водоносних горизонтів. Додаткові профілі другого

рівня моніторингу доповнюються пунктами спостережень за поверхневими водами, місця розміщення яких слід обирати так само, як і для регіональних профілів.

На всіх рівнях оптимізації мережі моніторингу підземних вод у басейні необхідно максимально використовувати існуючі спостережні свердловини. Усі недіючі свердловини варто обстежити з визначенням їх сучасного стану, а після попереднього опрацювання загальної схеми розміщення мережі моніторингу підземних вод усіх рівнів вжити заходів щодо відновлення режимних спостережень на свердловинах, які буде включено до мережі моніторингу. Решту слід законсервувати з періодичним (один раз на рік) контролем їх стану. Це дозволить в майбутньому, на наступних етапах оптимізації мережі моніторингу, використати частину законсервованих свердловин для подальших режимних спостережень. Тампонаж спостережних свердловин, які будуть визнані такими, що підлягають ліквідації, доцільно проводити тільки після завершення робіт з оптимізації мережі моніторингу в повному обсязі.

Другий етап оптимізації мережі моніторингу підземних вод у басейні рекомендується проводити з використанням сучасних геоінформаційних систем та застосуванням методів статистичної обробки даних спостережень за змінами рівнів і хімічного складу підземних вод у часі та просторі. При цьому доцільно використовувати методи аналізу часових рядів, аналізу та порівняння гідрогеологічних та інших карт, включаючи тренд-аналіз та методи взаємної кореляції. Застосування зазначених методів з використанням автоматизованих баз даних дозволить в стислі строки здійснити додаткову оптимізацію мережі та методики моніторингу підземних вод у басейні з використанням кількісних статистичних (параметричних або непараметричних) критеріїв.

Третій етап оптимізації та вдосконалення методики моніторингу підземних вод рекомендується здійснити на основі результатів детальних геофізичних і дистанційних досліджень даних структур та імітаційного моделювання гідрогеологічних умов території. Таке моделювання дозволить остаточно оптимізувати мережу і методику моніторингу підземних вод шляхом вибору з багатоваріантних схем у відповідності до гідрогеологічних процесів, а також до планів їх розвитку на перспективу.

Створення такої системи дозволить вирішити такі важливі питання:

- збір та накопичення інформації про геологічну будову, гідрогеологічні умови басейну та чинники впливу на підземні води, нагромадженої за минулі часи;

- впорядкування та систематизацію наявної геолого-гідрогеологічної інформації, її комплексну обробку та аналіз просторових змін, що відбувались і відбуваються в підземних водах під впливом природних і техногенних чинників, у тому числі з використанням багаторівневої математичної моделі;

- уніфікацію системи локального моніторингу підземних вод з іншими рівнями та державною системою моніторингу довкілля в цілому;

- удосконалення комплексу досліджень, включаючи моніторингові, щодо оптимізації екологічної оцінки і виявлення небезпеки видобування СГ.

Розробку геоінформаційної системи моніторингу підземних вод пропонується здійснювати в два етапи. Перший передбачає створення інформаційної автоматизованої бази даних (АБД) моніторингу підземних вод. Її структура повинна включати такі складові частини: картографічна інформація; фактографічна інформація; класифікатори; комплекс технічних та програмних засобів для вводу, накопичення, збереження та обробки інформації.

Другий етап передбачає створення постійно діючої гідрогеологічної моделі об'єкта.

Проведені випереджальні поетапні дослідження дозволили виявити і закартувати ділянки екологічної небезпеки – природні проникні тектонічні зони. Ці зони при проведенні робіт з гідророзриву можуть стати провідниками у верхні водоносні горизонти і на поверхню технологічного розчину і газу. При цьому витік газу при тектонічних порушеннях може викликати не тільки екологічно-небезпечні процеси, а й спричинити відчутні втрати ресурсу, що видобувається. Нами підготовлені рекомендації щодо видобування газу. Крім того, за аналізом тектонічних розривних порушень та інших природних каналів дегазації і міграції, оцінкою їх проникності у природних умовах виділено охоронні зони (зокрема, системи водозаборів, місцевих агломерацій), де не слід проводити видобування газу. Особливу увагу приділено



ділянкам, що розташовані по долинах річок, які приурочені до зон розривних порушень і розуцільненості порід, та відповідно до каналів глибинної дегазації і зон висхідного розвантаження глибокозалягаючих підземних вод з підвищеною мінералізацією.

Запропоновано спеціальний комплекс досліджень, що включає:

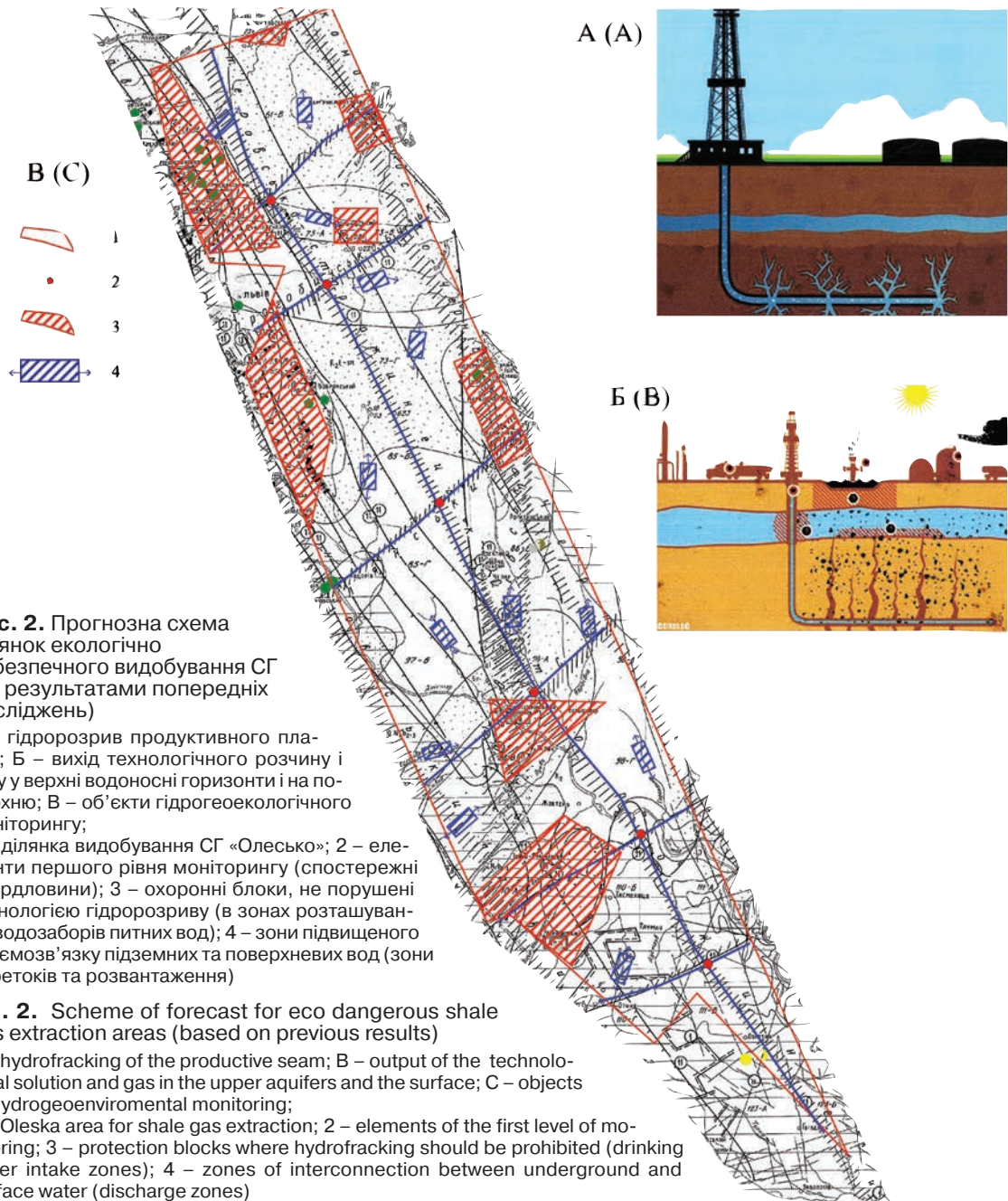
- комплексне дешифрування космо-, аерознімків і великомасштабних топокарт та морфоструктурний аналіз;

- дані різноманітних геофізичних досліджень;

- газо-, гідро-, термо-, геохімічне профілювання річок району;

- аналіз спостережень за гідрохімічним режимом та рівнями в режимних свердловинах.

За результатами цих робіт виділено сучасні активні тектонічні структури в районі газовидобування, які впливають на деформацію пластів та здатні спричинити аварії на свердловинах або зменшити їх дебіт (рис. 2).



**Рис. 2.** Прогнозна схема ділянок екологічно небезпечного видобування СГ (за результатами попередніх досліджень)

А – гідророзрив продуктивного пласта; Б – вихід технологічного розчину і газу у верхні водоносні горизонти і на поверхню; В – об'єкти гідрогеоекологічного моніторингу;

1 – ділянка видобування СГ «Олеско»; 2 – елементи першого рівня моніторингу (спостережні свердловини); 3 – охоронні блоки, не порушені технологією гідророзриву (в зонах розташування водозаборів питних вод); 4 – зони підвищеного взаємозв'язку підземних та поверхневих вод (зони перетоків та розвантаження)

**Fig. 2.** Scheme of forecast for eco dangerous shale gas extraction areas (based on previous results)

A – hydrofracking of the productive seam; B – output of the technological solution and gas in the upper aquifers and the surface; C – objects of hydrogeoenvironmental monitoring;

1 – Oleska area for shale gas extraction; 2 – elements of the first level of monitoring (observation wells); 3 – protection blocks where hydrofracking should be prohibited (drinking water intake zones); 4 – zones of interconnection between underground and surface water (discharge zones)

## Список літератури / References

1. *Водний кодекс України / Введений в дію Постановою ВР України з 214/95 від 06.06.1995р., із змінами, внесеними згідно з Законами у 2000-2013 рр.*

*The Water Code of Ukraine / Adopted by Supreme Council of Ukraine Resolution 3214/95 of 06.06.1995, as amended in accordance with the laws in 2000-2013. (in Ukrainian).*

2. *Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод / Нормативний документ, затверджений наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 24.12.2001р. № 485.*

*Single Interagency Guidance on the Organization and Implementation of State Monitoring of Water / Regulations adopted by the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine 24.12.2001, № 485. (in Ukrainian).*

3. *Методичні рекомендації щодо ведення робіт з оптимізації системи об'єктового моніторингу підземних вод на території ГЗК Криворізького залізничного басейну / Багрій І.Д., Пишна Н.Г., Кузьменко О.Б. та ін. Київ: Інститут геологічних наук НАН України, 2002. 76 с.*

*Guidelines on Conducting the Works to Optimize the System of Object Monitoring of Groundwater in the Mining and Processing area of Kryvyi Rih mine basin / Bagriy I.D., Lush N.G., Kuzmenko A.B. et al. Kyiv: Institute of Geological Sciences of Ukraine, 2002. 76 p (in Ukrainian).*

4. *Методичні рекомендації щодо ведення моніторингу рівнів підземних вод на територіях міст і селищ / Затверджені наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 15.09.10 № 334.*

*Guidelines on Monitoring Groundwater Levels in Urban Areas and Towns / Approved by the Ministry of Housing and Communal Services of Ukraine from 15.09.10 № 334 (in Ukrainian).*

5. *Положення про державну систему моніторингу довкілля / Затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. № 331.*

*Regulation on State Environmental Monitoring System / Approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 30, 1998 № 331 (in Ukrainian).*

6. *Державна цільова екологічна програма проведення моніторингу навколишнього природного середовища України / Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 15 грудня 2001 р. № 1376.*

*Environmental State Program of Environmental Monitoring Ukraine / Approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine, December 15, № 1376 (in Ukrainian).*

7. *Положення про проведення моніторингу та наукового супроводження надрокористування / Затверджене наказом Міністерства екології та природних ресурсів України № 96 від 11 березня 2013 р.*

*Regulation on Monitoring and Scientific Support of Subsoil / Approved by the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, № 96 dated March 11, 2013 (in Ukrainian).*

Стаття надійшла  
07.05.2014