

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И КАРТИРОВАНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ВОДОРОДА – ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЫРЬЯ XXI В. – В НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ СТРУКТУРАХ УКРАИНЫ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

И.Д. Багрий¹, С.А. Кузьменко²

¹ *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: bagrid@ukr.net
Доктор геологических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора, заведующий
отделом геоэкологии и поисковых исследований.*

² *Институт геологических наук НАН Украины, Киев, Украина, E-mail: kuzma@ua.fm
Аспирант.*

Многолетние результаты исследований по картированию нефтегазоносных участков на традиционных и нетрадиционных объектах (шахтные поля, шельфовые зоны, астроблемы) позволили создать базу данных системных критериев поисковой технологии структурно-термо-атмо-гидролого-геохимических исследований, где составной частью комплекса методических решений впервые в поисковой практике использовался водород как главный слагающий элемент углеводородов. Анализ результатов данных распределения водородных концентраций дал возможность выделить аномальные единичные значения как по площадям, так и по продуктивным скважинам (при отсутствии фоновых) и провести детальные площадные крупномасштабные исследования с целью площадного картирования на поисковые работы.

Ключевые слова: круговорот; гидро-геосинергетическая биогенно-мантийная теория; углеводороды; структурно-термо-атмо-гидролого-геохимические исследования.

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF THE SPATIAL DISTRIBUTION AND MAPPING OF ANOMALOUS MANIFESTATIONS OF HYDROGEN AS AN ENERGY RAW MATERIAL OF THE XXI CENTURY IN OIL AND GAS STRUCTURES OF UKRAINE AND WARNINGS OF GEODYNAMIC EVENTS

I.D. Bagriy¹, S.A. Kuzmenko²

¹ *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, E-mail: bagrid@ukr.net
Doctor of geological sciences, senior scientific worker, deputy director, head of the department of geoecology
and searching.*

² *Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine, Kiev, Ukraine, E-mail: kuzma@ua.fm
Post-graduate.*

Long-term results of research on mapping of oil and gas bearing sites at traditional and non-traditional sites (mine fields, shelf zones, astroblems) allowed to create a database of systemic criteria for search technology of structural thermo-atmo-hydrological and geochemical research, where hydrogen was used as the main component of the hydrocarbons search practice for the first time.

Analysis of the data of the hydrogen concentration distribution made it possible to recognize single anomalous unit values both in areas and in productive wells (in the absence of background ones) and to conduct detailed area large-scale studies with the purpose of area mapping for prospecting.

Key words: circulation; hydro-geosynthetic biogenic-mantle theory; hydrocarbons; structural-thermo-atmo-hydrological-geochemical research.

НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ І КАРТУВАННЯ АНОМАЛЬНИХ ПРОЯВІВ ВОДНЮ – ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИРОВИНИ ХХІ СТ. – У НАФТОГАЗОНОСНИХ СТРУКТУРАХ УКРАЇНИ ТА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ГЕОДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ

І.Д. Багрий¹, С.О. Кузьменко²

¹ Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: bagrid@ukr.net
Доктор геологічних наук, старший науковий співробітник, заступник директора, завідувач
відділу геоєкології та пошукових досліджень.

² Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна, E-mail: kuzma@ua.fm
Аспірант.

Багаторічні результати досліджень з картування нафтогазоносних ділянок на традиційних і нетрадиційних об'єктах (шахтні поля, шельфові зони, астроблема) дозволили створити базу даних системних критеріїв пошукової технології структурно-термо-атмо-гідролого-геохімічних досліджень, де складовою частиною комплексу методичних рішень вперше в пошуковій практиці використовувався водень як головний складовий елемент вуглеводнів. Аналіз результатів даних розподілу водневих концентрацій дав можливість виділити аномальні поодинокі значення як по площах, так і по продуктивних свердловинах (при відсутності фонових) і провести детальні площові великомасштабні дослідження з метою площового картування на пошукові роботи.

Ключові слова: кругообіг; гідро-геосинергетична біогенно-мантійна теорія; вуглеводні; структурно-термо-атмо-гідролого-геохімічні дослідження.

Одной из ведущих проблем современности, прежде всего развития научного прогресса, является использование существующих энергетических источников, несущих необратимые разрушительные процессы в окружающей среде, приводящих к глобальным, почти необратимым природным катаклизмам, несмотря на кажущиеся достаточно затратные природоохранные мероприятия. Нужны экологически чистые энергетические источники. В настоящее время назрела необходимость перехода мышления на новый уровень, так как совершенствование технических средств и существующие концепции не только не способствуют прогрессу, но в некоторой степени сдерживают интеллект и уровень современного развития. Негативные процессы, происходящие в результате использования энергетических мощностей – атомной энергетики, сжигания миллиардов тонн и кубометров горючих ископаемых и их добычи, приводят к изменению не только окружающей среды, но и к созданию разрушительной ноосферы, к глобальным непрогнозируемым процессам с непредвиденными, иногда катастрофическими последствиями, практически не поддающимися их цивилизованным устранением.

Как яркий пример негативного влияния на окружающую среду можно привести аварии на атомных станциях, катастрофы при добыче нефти на глубоководных участках морских акваторий,

а главное, практически не поддающиеся реабилитации глобальные процессы – озоновые дыры, изменение климата, морских течений, таяние ледников, подъем уровней океанов и т.д.

Практически все перечисленные процессы тесно связаны с нарастающим использованием, не отвечающим сегодняшним запросам развития прогресса, морально устаревших энергетических источников.

Есть ли выход из сложившейся сложной ситуации? Ответ достаточно прост – использование ветровой, солнечной энергии, а главное, использование практически неисчерпаемого возобновляемого источника, участвующего в бесконечном круговороте вещества в природе, наиболее энергоемкого компонента – водорода.

Внедрение новых концепций, научных работ, включающих широкий спектр научных и натуральных исследований, предполагает, что уже к 2020 г. начнется переход на водородное топливо, которое в последующие десятилетия будет постепенно вытеснять традиционные топливно-энергетические ресурсы.

В настоящее время острой проблемой, тормозящей развитие водородной энергетики, является не только высокая стоимость водорода, получаемого электрическим разложением воды и другими дорогостоящими способами, а и полное отсутствие научно-фундаментальных и прикладных эколого-геохимических исследований

энергетического развития в условиях катастрофической деградации окружающей среды – загрязнение атмосферы, водной среды, колоссальные отходы ядерной энергетики, требующие огромных затрат по их утилизации и хранению. В связи с этим весьма актуальными являются геолого-геохимические исследования возможности выявления и картирования промышленных скоплений эндогенного водорода. То есть водородная проблема имеет, наряду с энергетическим, геологический и геохимический аспекты, которые пока не в полной мере осознаются из-за исключительной нацеленности на традиционное углеводородное сырьё. Вместе с тем очевидно, что водородно-энергетическая революция может коренным образом изменить основы мировой энергетики и экологическую обстановку будущего. В этой связи обоснование и постановка работ по оценке перспектив выявления промышленных скоплений эндогенного водорода в литосфере должна проводиться в рамках научных исследований НАН Украины. Она актуальна, своевременна и имеет четко выраженную инновационную составляющую, важную для модернизации украинской экономики и её устойчивого социально-экономического развития.

Говоря о проблеме водорода, следует коснуться и гелиевой проблемы. На большие масштабы выделения глубинных ювенильных газов, в том числе и гелия, обратил внимание ещё В.И. Вернадский [Вернадский, 2001], образно назвав этот процесс «дыханием Земли». Геологи давно изучают «газовое дыхание» Земли по глубинным разломам литосферы. Обычно такие процессы связывали с выделением гелия-3. Существуют два изотопа гелия: гелий-3 (первичный) и гелий-4 (радиогенный, возникающий при распаде ядер урана и тория). Гелий-3 концентрируется в зонах глубинных разломов, происходящих на контакте континентальной и океанической коры: в разломах над зонами Беньюфа содержание легкого изотопа в тысячу раз выше, чем в породах континентов. Такое смещение изотопных отношений свидетельствует о том, что, согласно принятой нами концепции происхождения углеводородов (УВ), газ идет из сверхглубинных структур мантии в результате синтеза водометановых биогенно-окисленных субстратов. Вместе с гелием из глубин планеты поднимается водород, где он, как УВ и гелий, может концентрироваться, создавая промышленные скопления.

Как пример можем привести данные по сверхглубокой Кольской скважине. Сверхглубокая (12 261 м) скважина 3-СГ-Кольская вскрыла на глубине 7004-8004 м нефтяные пласты, с глубины 12 261 м (забой) притекал промысловый раствор, кипящий/вскипавший водородом [Krayushkin, 2010].

Используя открытия последних лет, изучение разнообразных процессов в коровых толщах и осадочном чехле в зонах прогибов – авлакогенов, несущих такие составляющие, как углерод, водород, окислитель-кислород и широкий спектр мантийных элементов, сверхвысоких давлений и температур – процессов синтеза верхней мантии, дало возможность выявить вещественный состав слоя Гутенберга, термодинамические, геотермические и геохимические процессы синтеза. Установлено, что при определенных термодинамических и термоупругих напряжениях, близких к критическим, в веществе мантии происходят фазовые, полиморфные и электронные преобразования элементов и, как следствие, их химические перестройки [Магницкий, 1965; Белоусов, 1966; Субботин, 1964; Чекалюк, 1967]. Значительный вклад в познание мантийных процессов, как было приведено выше, внес замечательный ученый Б. Гутенберг [Гутенберг, 1957]. На основании данных о внутреннем строении Земли он рассматривал новые геохимические и термодинамические концепции преобразования вещества в астеносфере (мантии) и новые схемы развития основных геоструктурных элементов земной коры.

Особенности развития нефтегазоносных провинций и условия их нефтегазоносности, а также представления о закономерностях образования и размещения месторождений нефти и газа непосредственно в пределах самих нефтегазоносных провинций, согласно гидрогеобиогенно-мантийной парадигмы (ГГБМП) [Багрий, 2016], свидетельствуют о том, что УВ и их составляющие, в том числе водород, по своей природе – продукты восполняемого замкнутого глобального круговорота биогенно-мантийных процессов (согласно теории В.И. Вернадского о круговороте вещества [Вернадский, 2001]) от слагающих элементов O, H, C до широкого спектра геохимических элементов в слое Гутенберга, включающих мантийные компоненты U, Ra, He, Fe и мн. др., а также S и другие химические элементы, присущие геохимическим процессам. Мантийный синтез из многообразия присутствующих элементов образует,

кроме газовой составляющей УВ, два энергетических феномена – продукты распада урана, радия – ${}^4\text{He}$, а также наиболее энергетическо-экологический продукт водород и, как будет приведено ниже, изотоп водорода ${}^3\text{He}$.

Глобальный характер генетических скоплений УВ рассматривается в рамках учения В.И. Вернадского о круговороте вещества в природе, где одним из главных генетических составляющих УВ, как по объему, так и в процентном содержании, является водород, выступающий энергетической основой литосферных процессов.

К примеру, в химическом составе нефти и газа на один атом углерода приходится от 2,5 до 4 атомов водорода, тогда как в составе органических остатков первичных элементов метана содержится не более одного атома водорода на один атом углерода. Поэтому, согласно теории В.И. Вернадского о возобновляемом круговороте вещества, совершенно очевидно, что проблема происхождения углеводородного сырья – это прежде всего проблема основного источника водорода.

Такая интерпретация взаимосвязи главных составляющих УВ послужила основой создания новой концепции происхождения УВ, отражающей широкий спектр научных подходов (геология, геохимия, гидрология, гидрогеология, геотермика и т.д.), учитывающей возобновляемость составных элементов (углерода и водорода) и их регенерацию, приводящей к восстановлению месторождений УВ. Это в конечном счете позволяет подойти не только к главному вопросу – происхождению УВ и их главного энергетического компонента – водорода, но и к созданию новой высокоэффективной поисковой технологии СТАГГИ на УВ и водород [Багрий, 2016].

Донаторами химических элементов для минерального синтеза нефти в определенной обстановке, по мнению выдающегося российского геохимика Н.Б. Вассоевича, являются окислы водорода и углерода, т.е. водород, его окислы и углерод или содержащие эти соединения вышеприведенные минералы – широко распространенные в природе гидраты и карбонаты [Вассоевич, 1986].

Многообразие химических соединений в природе, образованных нередко из одинакового набора химических элементов H_2O , CH_4 , CO_2 , обусловлено не только влиянием состава окружающей среды, но и в значительной мере термодинамическими условиями в этой среде. В широких

пределах давлений и температур в мантийных условиях синтеза в слое Гутенберга всякое вещество любого элементарного и химического состава переходит через все возможные агрегатные и химические состояния – от предельно конденсированного твердого через жидкое до надкритического газового состояния, а его химический состав изменяется от предельно экзотермических через эндотермические соединения до полного распада соединений на химические элементы. Такие преобразования невозможно смоделировать в земных условиях. Поэтому естественно ожидать, что среди бесчисленных вариантов природных термодинамических и термогеохимических условий могут и должны встречаться такие, в которых в определенной минеральной среде будет неизбежно образовываться только газовая составляющая УВ из водорода и углерода, так как жидкая нефть, как и ювенильная вода, не может продуцироваться в сверхвысоких мантийных температурах, а, как было приведено ранее, является продуктом ретроградного процесса в кристаллических породах и осадочном чехле.

При существующих там давлениях выше 50 кбар и температурах более 1500 К углеводородные системы, аналогичные по составу углеводородной части нефти (газовых УВ), представляются термодинамически уравновешенными, устойчивыми геохимическими системами. Значительную роль в создании энергетических продуктов – УВ и водорода – играют поровые воды, поступающие из артезианских бассейнов, приносящие растворенные H , CH_4 и H_2O [Бабинец, 1973].

Убедительные доказательства наличия в составе мантии парообразной воды и углекислоты на этих глубинах приводятся в монографии Е.К. Мархинина [Мархинин, 1967], который показал, что верхняя мантия является основным поставщиком материалов для построения всех верхних оболочек Земли, т.е. земной коры, литосферы, гидросферы и атмосферы. С этих позиций в 1 м^3 вещества мантии содержится в среднем около 180 кг воды, поступающей в виде поровых гравитационных вод [Бабинец, 1973], и около 15 кг двуокиси углерода, что совпадает с оценками многих других исследователей состава мантии.

В связи с тем, что вода не может быть мантийным продуктом, ее наличие можно объяснить только с точки зрения поровых вод, мигрирующих по инфильтрационным зонам с растворенным зачаточным метаном до мантии – слоя

Гутенберга [Бабинец, 1961], в пределах которого есть сочетание всех необходимых факторов, способствующих неорганическому синтезу углеводородных элементов, поступающих из осадочного слоя, по мнению сторонников биогенного происхождения УВ, в виде растворенного метана. Наличие же ювенильной воды в мантийных толщах, описанной в трудах многих авторов, довольно проблематично. Водород, кислород и углерод – три основных компонента, которые поступают с поровыми водами [Бабинец, 1973] в виде продуктов окисления биоты в процессе круговорота вещества [Вернадский, 2001].

Таким образом, синтез поступающих зачаточных элементов H_2O , CH_4 создает условия для получения как сложных углеводородных элементов, так и продуктов их синтеза Н, С, так как, согласно ГГБМП, запасы водорода и углерода в мантии в зонах контакта постоянно восполняются из верхних оболочек Земли в условиях круговорота вещества в природе вследствие геодинамических процессов, а в условиях синтеза в мантийных толщах создаются газовой-энергетические компоненты – спектр УВ, водород и их скопления.

Предельное насыщение водородом, основным энергетическим компонентом, отразилось в различных теориях образования природных УВ. В последние годы возникли многочисленные варианты получения водорода из глубинных зон земной коры [Стадников, 1937; Соколов, 1965] или из органических соединений путем диспропорционирования и метанизации, извлечения водорода из воды [Гринберг, 1966; Порфирьев, 1966; Порфир'ев, 1968]. Эти способы пока недоступны ни в производстве, ни в лабораторных условиях в связи с отсутствием технологий.

Известно также, что в истории исследования генезиса нефти возникла проблема ее исходных форм из органического вещества, составляющего процесс круговорота, корреспондируемая с водородом.

Групповой состав глубинных углеводородных флюидов в контактном равновесии с конденсированным веществом мантии зависит, очевидно, от состава этих компонентов, содержащих равновесную систему химических соединений трех элементов, а именно С, Н, О, а также и U и Ra (чем объясняется радиоактивность нефтей), сернистые соединения, и, кроме этого, встречаемые в нефтях группы ненасыщенных УВ и некоторое количество газов: CO_2 , CO, NH_3 ,

H_2S , He и др. Таким образом, можно допустить, что происходит образование не только нефтеподобных систем в процессе мантийного синтеза, но и водорода, как исходного зачаточного компонента УВ, в результате термодинамических и геохимических процессов согласно предлагаемой ГГБМП происхождения УВ (водорода).

Картирование УВ и водорода может быть успешным только при всестороннем учете современных достижений в области нефтяной геологии и геохимии. Отметим, что в последние годы все более часто процессы генезиса, миграции и формирования промышленных месторождений нефти и газа часто ошибочно связывают только с большими глубинными разломами в различных зонах земной коры и верхней мантии [Доленко, 1962; Порфир'ев, 1968; Субботин, 1964; Павлюк, 2012], на наш взгляд служащих зонами разнонаправленной миграции газов и флюидов, а не генетическими условиями их происхождения.

Изложенные выше представления о взаимодействии летучей и конденсированной фаз в условиях гравитационного поля вытекают логично из общеизвестных физических законов разгазированного тела и ретроградных преобразований. Положенные в основу представлений общепризнанные исходные принципы объясняют просто широкий круг наблюдаемых в природе явлений, в частности сейсмические свойства слоя Гутенберга, циклический характер геотектонических процессов, геологическое подобие месторождений различных полезных ископаемых, процессы аккумуляции и миграции флюидов, связанных с геодинамическими явлениями и геотермическими процессами как поступления, так и выноса углеводородных компонентов мантии в верхние оболочки Земли и т.д. Глубинные разломы зарождаются в основном в глубинных очагах концентрации упругой энергии, а отсюда распространяются вверх по гидравлическим разрывам, в условиях которых могут выжиматься дайки и штоки. При этом возможны как горизонтальные, так и вертикальные сдвиги. Давление в зоне разрыва на больших глубинах всегда превышает геостатическое давление. Такие процессы и их производные служат критериальными показателями производных УВ и их компонентов – водорода и гелия.

Одной из важнейших проблем путей решения поставленной задачи является вопрос: где найти доступный и обильный источник водорода

для решения экологических и энергетических проблем? На сегодняшний день в мировой практике почти отсутствуют обоснования поисков промышленных скоплений водорода и, как следствие, технологии его добычи.

Встречаются, хотя и достаточно редко, зоны водородных аномалий, зафиксированные на нефтегазовых месторождениях. В Швеции, при бурении скважины Гравберг-1 глубиной 6770 м, ниже 4000 м отмечено существенное повышение содержания водорода.

На основании этих общих положений согласно предлагаемой новой ГГБМП происхождения УВ можно объяснить ряд явлений – критериев, имеющих непосредственное отношение к происхождению и поискам месторождений УВ, Н, Не. При этом укажем на следующее: в соответствии с геологическим возрастом нефтегазоносных провинций можно говорить о геохимических и термодинамических условиях образования и миграции УВ и их составляющих Н и С в пределах предгорных прогибов, межгорных впадин, платформенных склонов, внутриплатформенных впадин, речных систем, подчиняющихся единой концепции – круговороту зачаточных элементов водометановых соединений, несущих CH_4 , CO_2 , H_2O и основополагающие мантийные продукты синтеза С, Н, O_2 .

Где же искать места генерации столь востребованного энергетического источника? Проведенные российскими учеными исследования в области добычи водорода указывают на связь перспектив получения водорода с вулканической деятельностью и огненными поясами, что, на наш взгляд, некорректно как с практической, так и с научной точки зрения.

Однако большой опыт, полученный автором при картировании газовых ореолов, дает надежду на открытие природных месторождений не только УВ, но и гелия и водорода.

Создана и апробирована технология структурно-термо-атмо-гидролого-геохимических исследований (СТАГГИ) [Багрий, 2013] на основе ГГБМП происхождения УВ, позволяющая выявить локальные участки аномалий водородной дегазации, открывающая принципиально новые возможности картирования перспективных участков для постановки детальных поисковых исследований не только на промышленную добычу УВ и, возможно, водорода, но и картирования выбросоопасных участков при отработке угольных массивов.

Ниже мы рассмотрим закономерности происхождения и размещения водорода и его производных на основе предлагаемой ГГБМП происхождения УВ и их главной составляющей – водорода, приведем результаты научных разработок по картированию, выполненных в рамках научных и практических поисковых и геоэкологических исследований более чем на 165 углеводородных объектах на суше и в морских акваториях [Багрий, 2016].

Проведенные нами площадные атмосферогеохимические съемки в рамках новой поисковой технологии СТАГГИ на перспективных лицензионных нефтегазоносных структурах позволили закартировать наличие аномальных участков водородных и гелиевых концентраций, в сотни и более раз превышающих фоновые значения. Такие участки, закартированные по их ураганым концентрациям, представляют несомненный поисковый интерес в широких постановках исследований как феномены энергетического источника, а также с точки зрения геоэкологических прогнозов для принятия решений о безопасности отработки шахтных полей.

Только в установленной неоднородности гидробиологических процессов литосферы и вещества мантии, различий ее температурных режимов в разных регионах следует ожидать планетарной, закономерной, повсеместной нефтеносности в зонах континентальных прогибов. Региональное расположение нефтегазоносных провинций выступает поисковой прерогативой в размещении восполняемых биогенных источников УВ в виде зачаточных продуктов органических соединений и биохимических процессов, приуроченных к речным системам в зонах осадочных чехлов, дельтах, эстуариях, каньонах, представленных в последних стратонами морских акваторий и практически повсеместно зафиксированного в процессе детальных площадных съемок полного спектра УВ компонентов и их производных Н, CO_2 , Не. Это позволило в конечном счете закартировать аномальные зоны мест водородной дегазации для дальнейшей постановки детальных прогнозно-поисковых работ на промышленные скопления водорода.

Наиболее картируемыми участками водорода представляются газонасыщенные площади углеводородных аномалий, расположенных, вероятно, в условиях преобладания мантийных

процессов, генерирующих газовый состав, содержащий практически полный спектр углерода, водорода, гелия.

Выбор регионов и структур, перспективных для поиска, разведки и добычи природного водорода, должен опираться на основные закономерности его пространственного площадного распределения. Однако литературные данные, характеризующие водородную дегазацию планеты в целом, а также ее отдельных регионов, крайне скудны, разрознены, отрывочны и получены различными авторами в разное время, часто противоречивы и практически научно не обоснованы. На их основе составить целостное представление о пространственных и временных закономерностях водородной дегазации практически невозможно.

Поэтому мы, имея значительный опыт детального картирования газовых элементов (R_n , T_n , CO_2 , He , спектр УВ, а также H) более чем на 165 участках – носителях углеводородно-водородно-гелиевых компонентов, общей площадью более 15 000 км² на суше и в морских акваториях, провели первую попытку обобщения результатов собственных научных исследований

по выделению перспективных зон для более целенаправленных исследований по поискам не только УВ, но и H , He .

Любая гипотеза, подкрепляемая достаточно надежными экспериментальными исследованиями, имеет право претендовать на звание научной только в том случае, если могут быть сформулированы основы ее экспериментальной проверки (принцип верификации). Для проверки вышеописанной гипотезы и достоверности полученных результатов картирования нами на нефтегазоносных структурах, где зафиксированы значительные содержания водорода, были проведены контрольные тестовые измерения на представительских объектах: на традиционных нефтегазоносных структурах (Недельная, Васищевская); нетрадиционных – астроблемах (Болтышская, Оболонская), объектах добычи шахтного метана (Томашевская площадь, группа шахтных полей Лисичанских куполов), перспективных и продуктивных морских структурах (Субботина, Британские). Изучался вопрос возможных газодинамических явлений в выработках шахт им. Засядько Северная и Южная, «Степная», «Краснолиманская» (рис. 1-7).

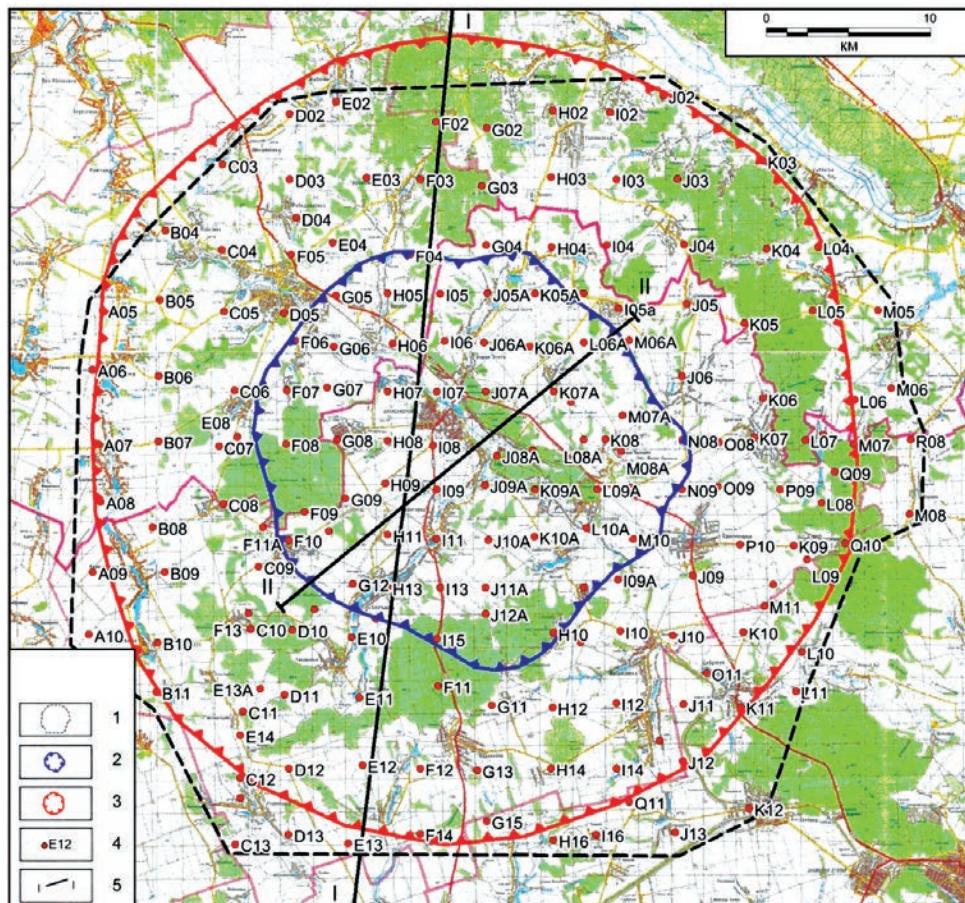


Рис. 1. Карта пространственного размещения пунктов наблюдений СТАГГИ на Болтышской импактной структуре (на топографической основе м-ба 1:100 000)

1 – границы площади исследований; контуры: 2 – кратера, 3 – предполагаемого цокольного вала; 4 – пункты наблюдений и их номера; 5 – профиль и его номер

Fig. 1. Map of the spatial layout STAGGI observation stations on Boltysk's impact structure (on topographic framework, scale 1:100 000)

1 – research boundary; boundary: 2 – crater, 3 – imply socular wall; 4 – observation stations and their numbers; 5 – profile and their number

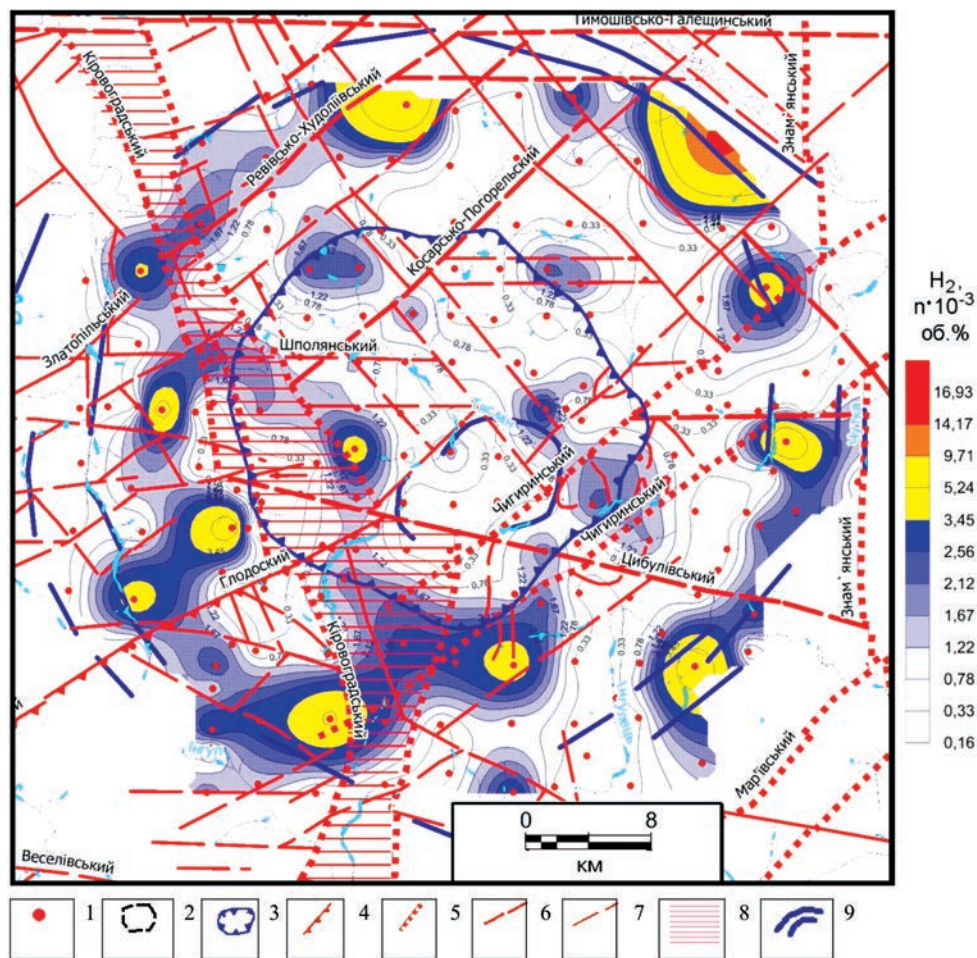


Рис. 2. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в подгрунтовом воздухе на Болтышской импактной структуре

1 – пункты наблюдений СТАГГИ; 2 – контуры площади исследований; 3 – контуры Болтышской импактной структуры; разломы и их названия: 4 – взбросы, 5 – сбросы, 6 – главные, 7 – второстепенные; 8 – зона Криворожского глубинного разлома; 9 – фрагменты кольцевых структур по результатам дешифрирования МКЗ

Fig. 2. Scheme of spatial distribution of hydrogen indicator in sub-soil air on Bovtish's impact structure

1 – observation stations STAGGI; 2 – contours of the research area; 3 – contours of the Boltish Impact Structure; faults and their names: 4 – upcast fault (uplift), 5 – normal fault (downcast), 6 – main, 7 – secondary; 8 – the Kirovogradskogo deep fault zone; 9 – fragment of the circle structure by the results of image interpretation

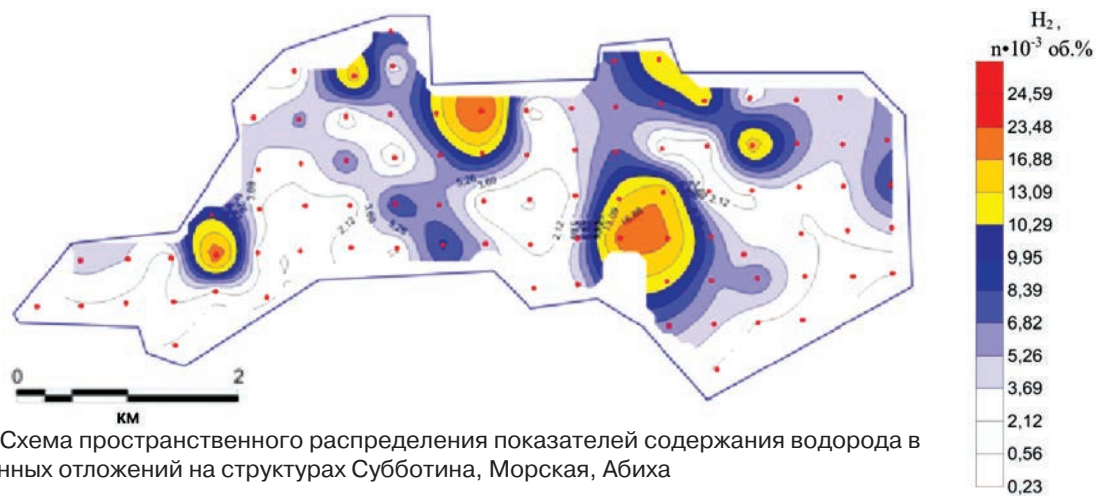


Рис. 3. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в слое донных отложений на структурах Субботина, Морская, Абиha

Fig. 3. Scheme of spatial distribution of hydrogen indicator in bottom layer of bottom sediments on Subbotin, Marine, Abiga area

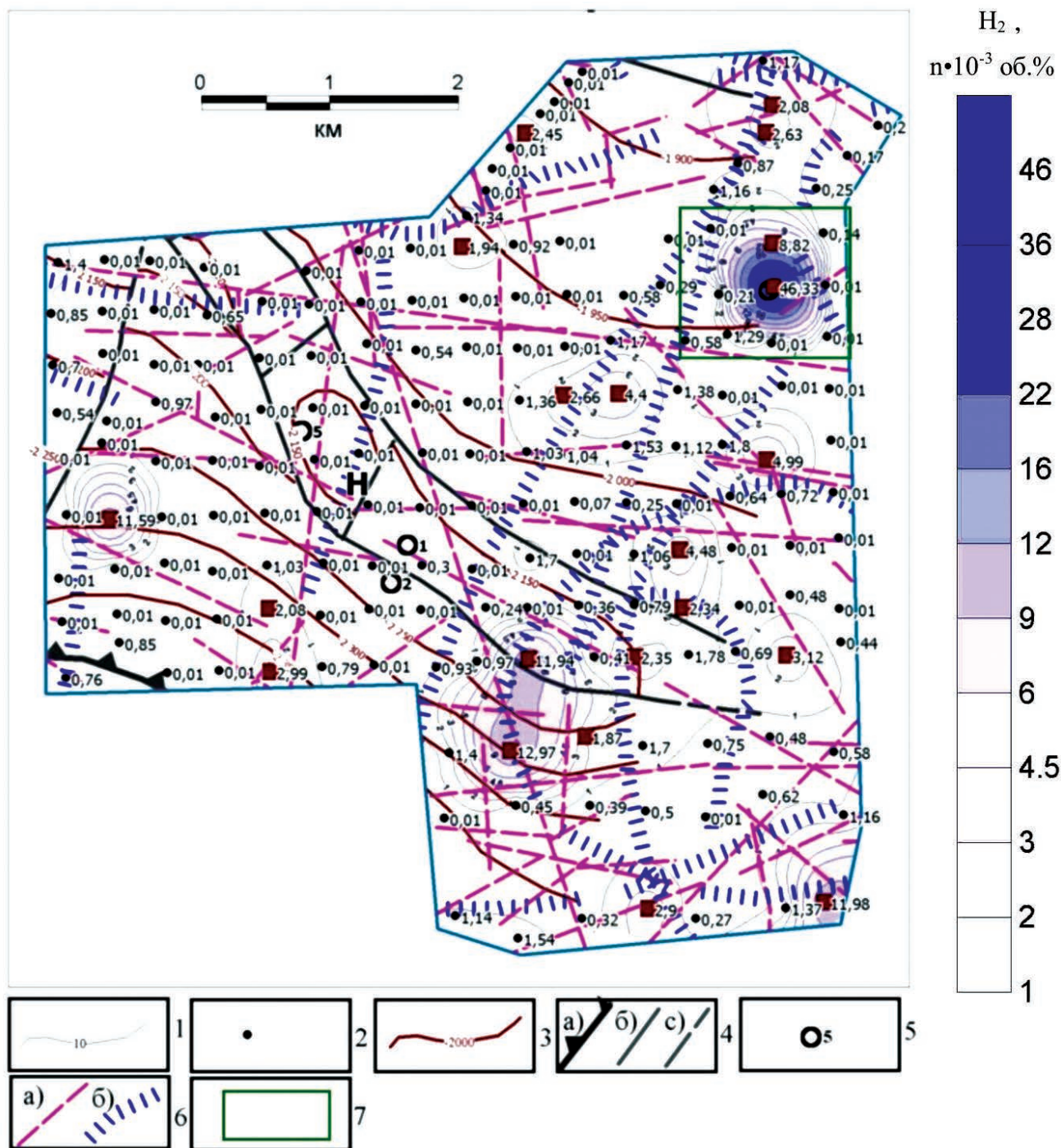


Рис. 4. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в подгрунтовом воздухе на Недильной площади (2006 г.)

1 – изолинии показателей содержания водорода H_2 ($n \cdot 10^{-3}$ об. %); 2 – точки наблюдения, где значение показателя: а) не превышает среднее $+3S$, б) превышает среднее $+3S$ (S – стандартное отклонение); условные обозначения со структурной карты по отражающему горизонту $V_8V_2^2(C_2b)$; 3 – изогипсы отражающего горизонта, 4 – разрывные нарушения: а) сбросы согласованные, б) сбросы несогласованные, с) неуверенное положение; 5 – скважины и их номера; 6 – результаты космодецифрирования: а) линейменты, б) кольцевые структуры; 7 – контуры детализационного участка

Fig. 4. Scheme of spatial distribution of hydrogen content in subsoil layer on Nedilnya area (2006)

1 – isolines of hydrogen content H_2 ($n \cdot 10^{-3}$ vol. %); 2 – observation points where the value of the indicator: a) does not exceed the average $+3S$, b) exceeds the average $+3S$ (S – standard deviation); conditional notations from the structural map on the reflecting horizon $V_8V_2^2(C_2b)$; 3 – reflecting horizons, 4 – breaking violations: a) consecutive discharges, b) discharges inconsistent, c) uncertain position; 5 – wells and their numbers; 6 – results of cosmidification: a) lineaments, b) annular structures; 7 – contours of the detailing section

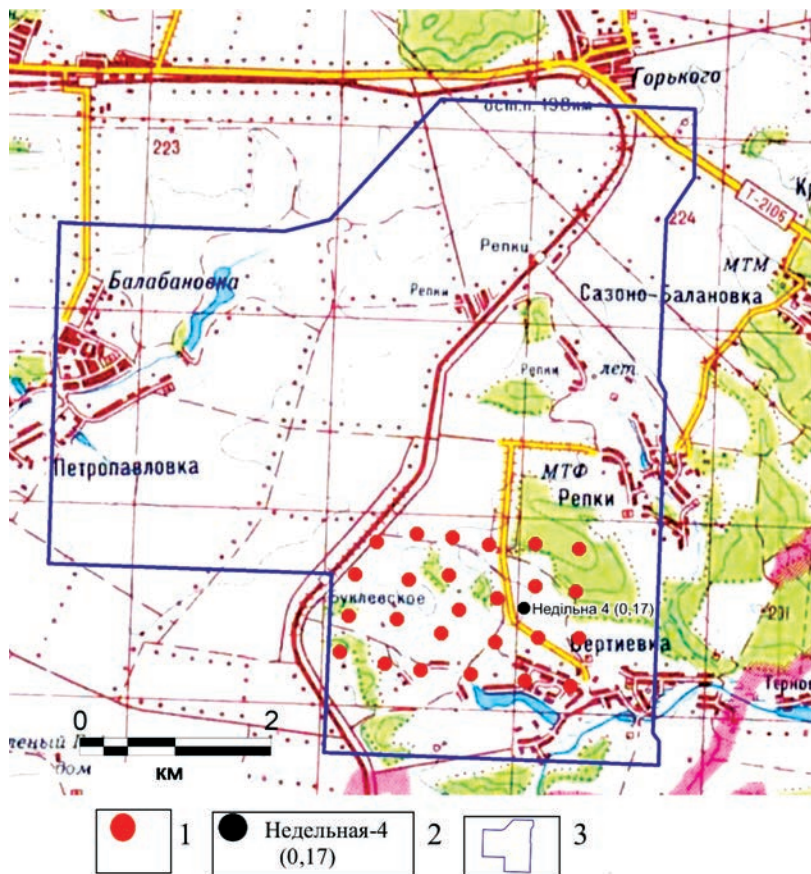


Рис. 5. Схема пространственного распределения пунктов наблюдений СТАГГИ на Недельной площади (на топографической основе м-ба 1:100 000)

1 – пункты наблюдений; 2 – скв. Недельная-4 с измеренными значениями водорода в скважине; 3 – контур исследований на Недельной площади

Fig. 5. Map of the spatial layout observation stations STAGGI on Nedilnaya area (on topographic framework scale 1:100 000)

1 – observation stations; 2 – well Nedilnaya-4 with the measured value of hydrogen in the borehole; 3 – contour of research on Nedilnaya area

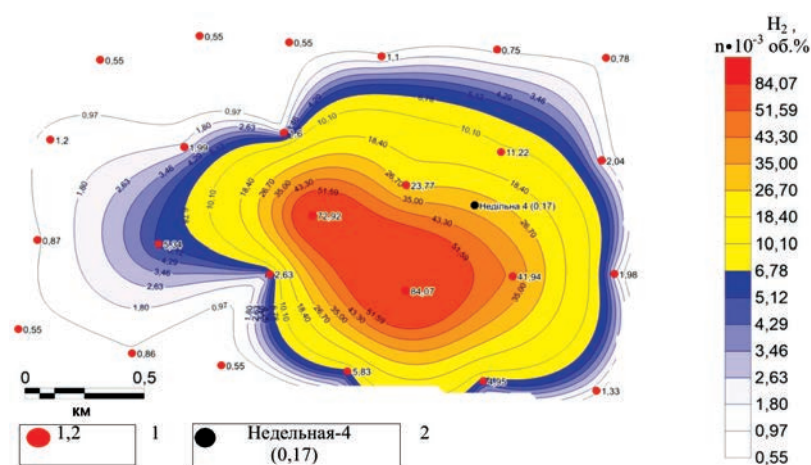


Рис. 6. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в подгрунтовом воздухе на детализационном участке Недельной площади

1 – пункты наблюдений с измеренными значениями содержания водорода H₂ (n·10⁻³ об. %); 2 – скв. Недельная-4 с измеренными значениями содержания водорода в скважине

Fig. 6. Scheme of spatial distribution of hydrogen content indices in underground air on the detailing part on Nedilnaya area

1 – observation stations with the measured value of hydrogen H₂ (n·10⁻³ vol. %); 2 – well Nedilnaya-4 with the measured value of hydrogen in the borehole

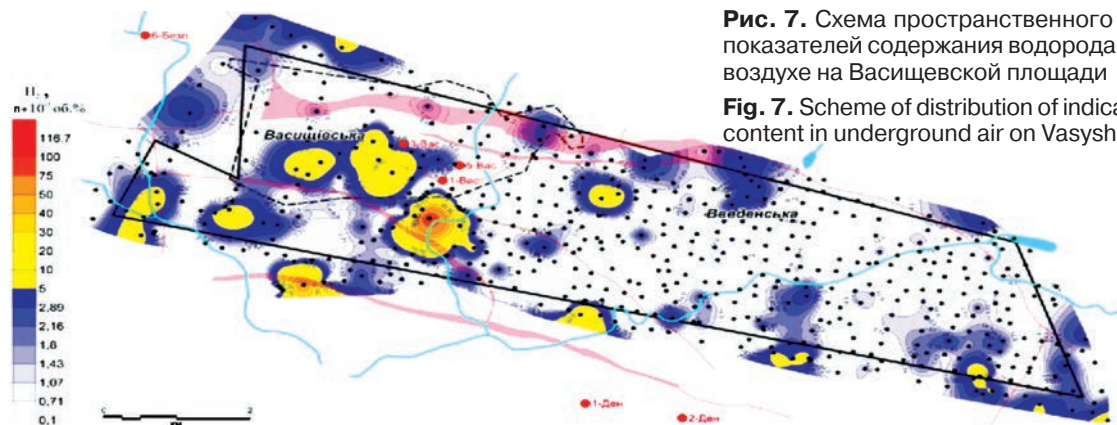


Рис. 7. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в подгрунтовом воздухе на Васишевской площади

Fig. 7. Scheme of distribution of indicators of hydrogen content in underground air on Vasyshevskaya area

Надо также иметь в виду, что глубинная дегазация – процесс импульсный, т.е. для его количественной оценки нужны долговременные ряды наблюдений. Однако о масштабах водородной дегазации можно судить по оценкам дегазации гелия, который в сопоставимых количествах является спутником водорода в глубинных потоках, но, в отличие от последнего, изучен намного лучше.

Ниже мы приведем теоретическое обоснование зон размещения скоплений УВ и водорода и их картирования согласно новому нефтегазоносному районированию на территории Украины по результатам научно-производственных исследований.

Проблема поисков водорода рассматривалась нами в свете общих закономерностей согласно ГГБМП происхождения УВ и на этой основе была создана прямопоисковая технология на УВ (СТАГГИ), где одним из искомым элементов прогнозно-продуктивных площадей выступает водород. Атом водорода, самый простой, самый маленький и самый легкий из всех видов существующих атомов, представляет значительный интерес в изучении фильтрационно-диффузионных процессов, является наиболее эффективным прямопоисковым критерием как составляющий элемент УВ и хорошо картируется даже в условиях непроницаемых нефтегазоносных структур-покрышек.

Проведенный комплексный анализ геолого-структурных, гидролого-гидрогеологических материалов, выполняемый на протяжении почти 30 лет в рамках научных фундаментальных и прикладных исследований на поисковых объектах с целью обоснования картирования перспективных мест для заложения параметрических и промышленных скважин на питьевые, термальные воды, УВ (нефть, газ), дегазационных скважин в зонах развития газодинамических явлений в шахтных выработках, позволил установить пространственно-количественные характеристики углеводородных месторождений и их эманиционно-газовых индикаторов: Rn, Tn, He, CO₂, H.

Исходя из новой концепции (парадигмы происхождения УВ), создана новая схема нефтегазогидрогеологического районирования Украины на традиционных и нетрадиционных поисковых нефтегазоносных объектах, включающих астроблемы, морские акватории и углепородные массивы. В основу ее положены нефтегазоносные

геолого-структурные, гидрогеобиологические критерии формирования первичных углеводородных соединений и компонентов с учетом геодинамических особенностей структурно-тектонических принципов, разработанных И.И. Чебаненко, В.К. Гавришем, гидрогеологическими работами А.Е. Бабинца и гидрологическими работами И.Д. Багрия.

И как показала практика, такой подход уже на предварительном этапе исследований позволяет аргументированно определить не только степень концентрации перспективных площадей нефтегазоносных областей, отбраковывая практически непродуктивные участки, но и выявить аномальные площади концентраций одного из главных энергетических компонентов – водорода, не только как возобновляющегося энергетического источника круговорота вещества в природе, но и как детонатора геодинамических явлений в шахтных выработках, приводящих к катастрофам и людским жертвам.

При определении нефтегазоносности на каждой исследуемой традиционной и нетрадиционной структуре (площади или участке) методикой СТАГГИ отработывался полный комплекс технологических приемов, включающих структурно-геологические, аэрокосмические, геотермические, геохимические исследования. Также в поисковый комплекс были включены исследования гидролого-гидрогеологических особенностей образования углеводородных компонентов в зонах размещения исследуемых структур на спектр углеводородных элементов, основу которых составляет водород.

На начальных стадиях исследований для решения геоэкологических и поисковых задач на подземные и термальные воды эманиционные компоненты Ra, Tn и газовые He, H использовались нами как показатели разломных зон повышенной проницаемости [Багрий, 2003].

Анализ результатов газово-эманиционных площадных съемок, включающих H и He, позволил по-новому подойти к одному из составляющих углеводородных газов – главному энергетическому компоненту Вселенной – водороду.

Концептуальная интерпретация результатов поисковой принципиальной схемы СТАГГИ позволила уже на предварительном региональном поисковом этапе выделить 25 морских и 98 на суше продуктивных нефтегазоносных площадей (коэффициент успешности – примерно

90%), а также зафиксировать в рамках искомым площадей значительные концентрации водорода в одиночных продуктивных газовых скважинах.

Фиксация аномально экстремальных проявлений водорода площадными съемками по геолого-структурным, геотермическим и другим признакам (СТАГГИ) на отработанных объектах не позволила установить закономерность распределения экстремальных значений водорода на исследуемых территориях. Поэтому необходимо провести в зонах площадных водородных аномалий и водородно-насыщенных скважин более детальные площадные съемки с детальностью картирования сотни или даже десятки метров, которые позволили бы оконтурить площадные водородные аномалии с целью обоснования постановки научно-параметрических исследований как в плановом, так и вертикальном разрезе.

Приведенные многолетние результаты исследований по картированию нефтегазоносных участков на традиционных и нетрадиционных объектах (шахтные поля, шельфовые зоны, астроблемы) позволили создать базу данных системных критериев поисковой технологии СТАГГИ; составной частью комплекса методических решений впервые в поисковой практике использовался водород как главный слагающий элемент УВ.

Ниже в контексте водородно-энергетической тематики будут рассмотрены геоэкологические процессы в местах возможного скопления-генерации водородных и метановых газов, которые в настоящее время традиционно служат маркерами взрывоопасности и вызывают колоссальные разрушения в замкнутых шахтных пространствах, приводящие к материальным потерям, выводя и останавливая на длительный период производственные циклы, а главное, к значительным человеческим жертвам.

Многие авторы, исследуя геодинамические процессы, компонентный состав газов, рассматривают как взрывоопасный источник метан и связывают выбросы, приводящие к катастрофам разного ранга, с метаном.

Подавляющее количество газового контроля в шахтных выработках связано с фиксацией метана. В случае повышения до критических отметок метановых концентраций датчики должны оповещать о случившемся и отключать шахтное оборудование от энергетических источников.

Проведенный анализ взрывов на шахтах Украины, России говорит о том, что возникновение аварийных ситуаций, взрывы происходили при полном отсутствии предупреждающих сигналов о метановой опасности.

Зафиксированы взрывы на шахте «Распадская» (Россия) на глубине 120 м, а на шахте им. С.М. Кирова (Донбасс) – на глубине 110 м. Эти и многие другие факторы свидетельствуют о полном отсутствии какой-либо связи катастрофических явлений с глубиной.

Таким образом, проанализировав значительные материалы по процессам возникновения аварийных ситуаций, можно предположить, что возможными причинами выбросоопасных процессов стало не внезапное вскрытие метанонесных резервуаров и поступление значительных объемов метана в шахтные выработки, а аномальные участки повышенных содержаний водорода, поступающего в углепородный массив из мантийных горизонтов. Это было установлено при изучении и анализе огромного фактического материала, основанного на площадных геохимических съемках. Не было отмечено какой-либо взаимосвязи катастроф с геологическими процессами, и закономерности площадных распределений водорода установить не удалось.

Такие значительные концентрации водорода (до 1% в зоне шахтных выработок) дали веские основания провести детальные площадные и профильные исследования на поверхности отработываемых добычных лав, трассируемых топографическими планами.

Значительные концентрации водорода, закартированные в процессе детальных исследований, можно рассматривать в контексте обводненности шахтных выработок как составную часть гремучего газа, особенно при наличии даже незначительных источников огня – искрения, ударов металла, компрессионных нагрузок, не исключая тектонический фактор.

Взрывы водородных смесей сопровождаются сверхвысокими температурами и колоссальными динамическими нагрузками, приводящими к разрыву прочных металлических конструкций горной техники – рельс, ковшей и др.

Картирование взрывоопасных зон и принятие опережающего дегазационного бурения можно проводить по очень детальным геохимическим площадным и профильным съемкам согласно технологии СТАГГИ [Багрий, 2011].

Выполненные научные исследования при поисках и картировании перспективных участков на промышленные содержания подшахтных месторождений УВ (впервые открыто месторождение на шахтном поле Томашевской площади в зоне развития Лисичанских куполов, давшее промышленные объемы газов (акт внедрения)) позволили впервые выявить аномальные точки – площади со значительным содержанием водорода.

В рамках выполнения научных тематик на протяжении последних лет были проведены геохимические детальнейшие исследования шахтных полей (Томашевская площадь, Лисичанские купола, включающие шахты им. Капустина, «Привельнянская», «Новодружневская», «Томашевская Северная», «Томашевская Южная», а также действующие шахты им. Засядько, «Краснолиманская» в Донецком бассейне, шахты «Степная», «Лесная» во Львовско-Волынском бассейне) (рис. 8-14).

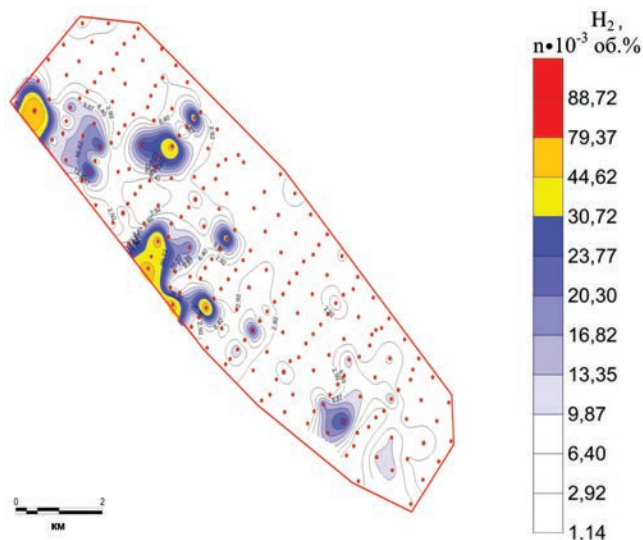


Рис. 8. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в подгрунтовом воздухе на Томашевской площади

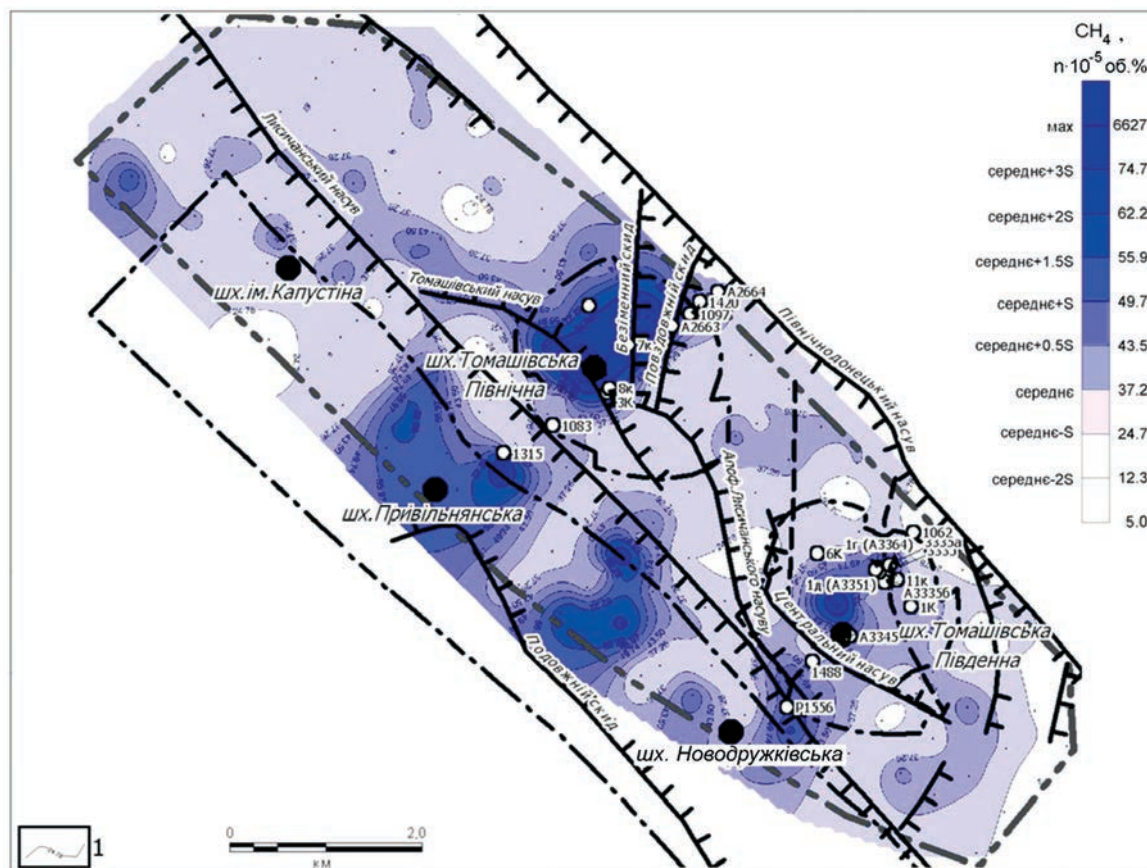
Fig. 8. Scheme of spatial distribution of hydrogen indicator in sub-soil air on Tomashivskaya area

Рис. 9. Схема пространственного распределения показателей содержания метана в подгрунтовом воздухе на Томашевской площади

1 – изолинии показателей содержания метана CH₄ ($n \cdot 10^{-5}$ об.%)

Fig. 9. Scheme of spatial distribution of indicators of methane content in underground air on Tomashivskaya Square

1 – isolines of methane content indicators CH₄ ($n \cdot 10^{-5}$ vol.%)



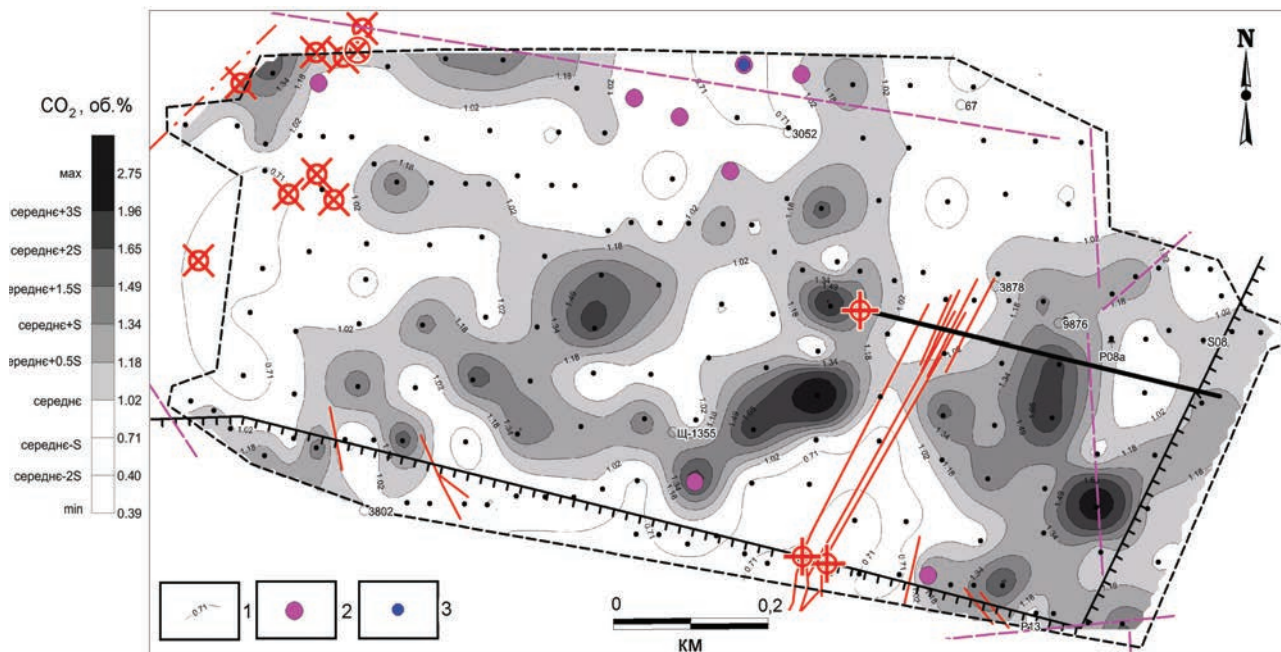


Рис. 10. Схема пространственного распределения показателей содержания углекислого газа, водорода и гелия в подгрунтовой атмосфере на Северном детализационном участке шахты им. Засядько

1 – изолинии показателей содержания углекислого газа (CO_2); пункты наблюдений, где концентрация атмогеохимического показателя превосходит чувствительность прибора: 2 – водород (H_2), 3 – гелий (He)

Fig. 10. Scheme of spatial distribution of indicators of carbon dioxide, hydrogen and helium content in underground air on the Northern detailing section of the mine them. Zasyadko

1 – isolines of indicators of carbon dioxide content (CO_2); observation points, where the concentration of atmogeochemical index exceeds the sensitivity of the device: 2 – hydrogen (H_2), 3 – helium (He)

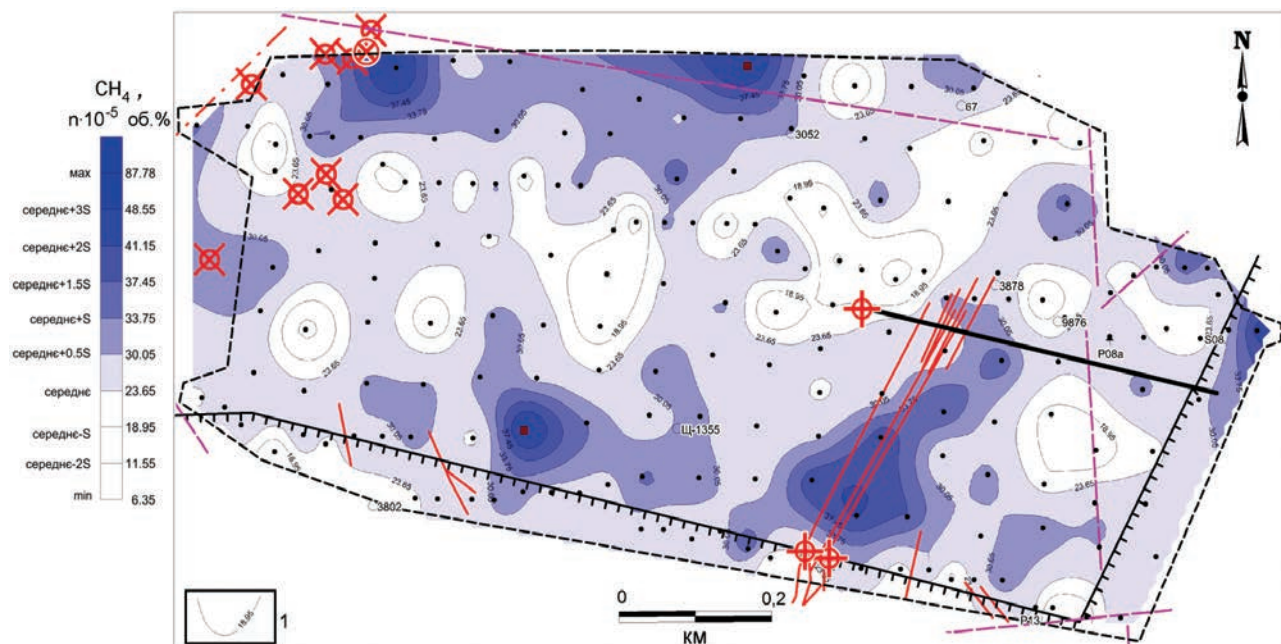


Рис. 11. Схема пространственного распределения показателей содержания метана в подгрунтовой атмосфере на Северном детализационном участке шахты им. Засядько

1 – изолинии показателей содержания метана CH_4 ($n \cdot 10^{-5}$ об.%)

Fig. 11. Scheme of spatial distribution of indicators of methane content in subterranean air at the Northern detailing section of the mine Zasyadko

1 – isolines of methane content indicators CH_4 ($n \cdot 10^{-5}$ vol.%)

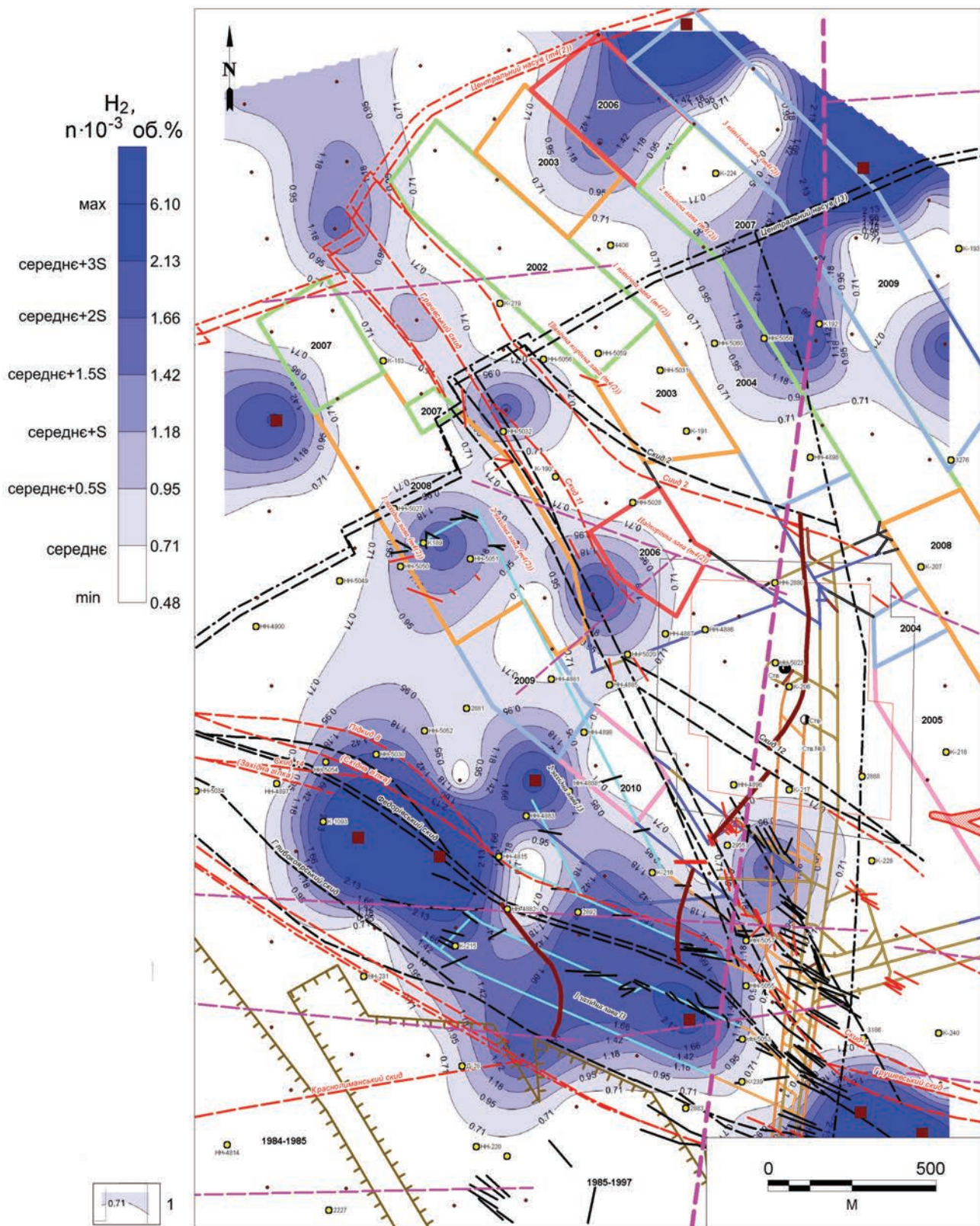


Рис. 12. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в подгрунтовом воздухе на участке шахты «Краснолиманская»

1 – изолинии показателей содержания водорода H_2 ($n \cdot 10^{-3}$ об.%)

Fig. 12. Scheme of spatial distribution of hydrogen content indices in underground air at the «Krasnolimanskaya» mine site

1 – isolines of indicators of hydrogen content H_2 ($n \cdot 10^{-3}$ vol.%)

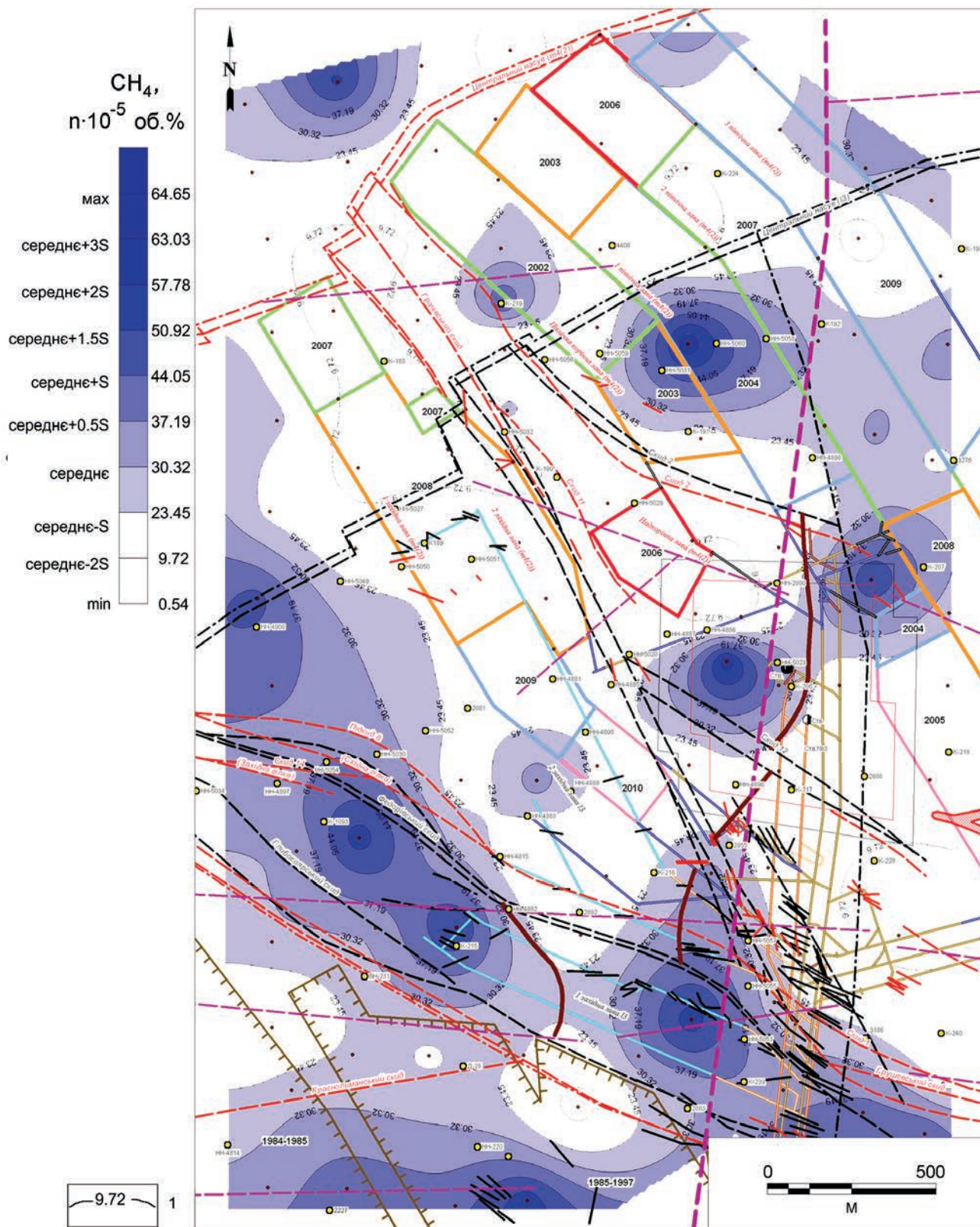


Рис. 13. Схема пространственного распределения показателей содержания метана в подгрунтовом воздухе на участке шахты «Краснолиманская»

1 – изолинии показателей содержания метана CH_4 ($n \cdot 10^{-5}$ об.%)

Fig. 13. Scheme of spatial distribution of indicators of methane content in subterranean air at the «Krasnoliman-skaya» mine site

1 – isolines of methane content indicators CH_4 ($n \cdot 10^{-5}$ vol.%)

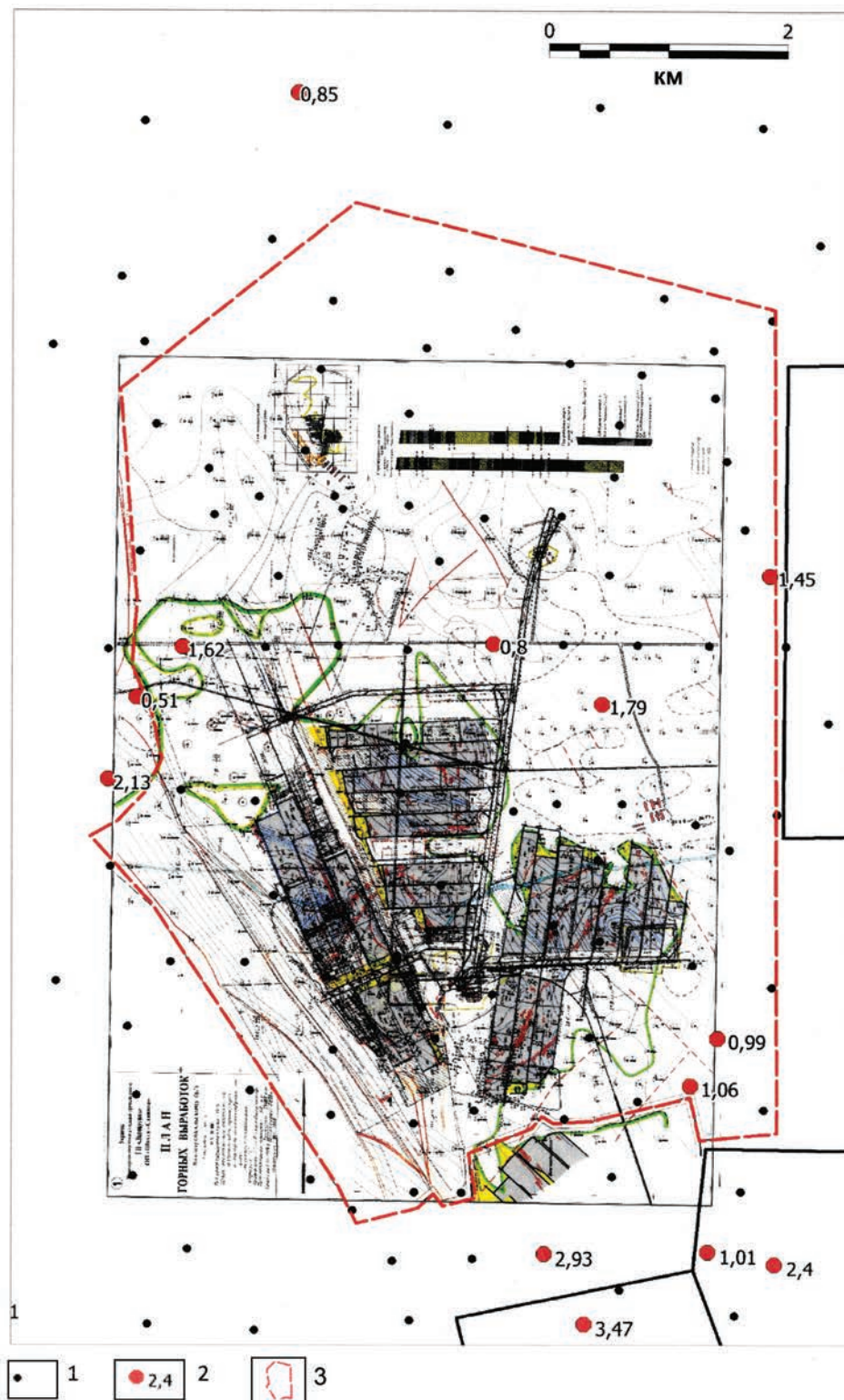


Рис. 14. Карта расположения пунктов наблюдений, выполненных по технологии СТАГГИ, в которых определен водород, на фрагменте плана горных работ шахты «Степная»

1 – пункты наблюдений СТАГГИ; 2 – пункты наблюдений СТАГГИ, в которых определен водород и его концентрация H₂ (n·10-3 об. %); 3 – граница шахтного поля шахты «Степная»

Fig. 14. Map of the location of observation points made using the STAGGI technology, in which hydrogen was determined on the fragment of the mine work plan of the «Stepnaya» mine

1 – points of observation of STAGGI; 2 – points of observation of STAGGI, in which hydrogen and its concentration are determined H₂ (n·10-3 vol. %); 3 – the boundary of the mine field of the «Stepnaya» mine

Проведенными исследованиями по картированию перспективных участков на поиски УВ в зонах развития углепородных массивов по технологии СТАГГИ были закартированы аномальные точечные значения водорода, на 2-3 порядка превышающие значения метана и его гомологов, практически на всех исследуемых площадях

Список литературы

Бабинец А.Е. Подземные воды юго-запада Русской платформы. Киев: Изд-во АН УССР, 1961. 378 с.

Бабинец А.Е., Белявский Г.А. Естественные ресурсы подземных вод зоны интенсивного водообмена Украины. Киев: Наук. думка, 1973. 111 с.

Багрий И.Д. Прогнозування розломних зон підвищеної проникності гірських порід для вирішення геоекологічних та пошукових задач. Київ: ТОВ «Вид. дім Дмитра Бураго», 2003. 149 с.

Багрий И.Д., Гожик П.Ф., Почтаренко В.І., Аксьом С.Д., Дубосарський В.Р., Мамишев І.Є., Кізлат А.М., Палій В.М. Прогнозування геодинамічних зон та перспективних площ для видобутку шахтного метану вугільних родовищ Донбасу. Київ: Фоліант, 2011. 236 с.

Багрий И.Д. Розробка геолого-структурно-термоатмогеохімічної технології прогнозування пошуків корисних копалин та оцінки геоекологічного стану довілля. Київ: Логос, 2013. 510 с.

Багрий И.Д. Гидро-геосинергетическая био-генно-мантийная гипотеза образования углеводородов и ее роль при обосновании прямопоисковой технологии. *Геол. журн.* 2016. № 2 (355). С. 107-133.

Белоусов В.В. Земная кора и верхняя мантия материков. Москва: Наука, 1966. 120 с.

Вассоевич Н.Б. Избранные труды. Геохимия органического вещества и происхождение нефти. Москва: Наука, 1986. С. 324-339.

Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. Москва: Наука, 2001. 376 с.

Гринберг И.В. Некоторые химические аспекты проблемы генезиса теорий. *Проблема происхождения нефти и газа и формирование их промышленных залежей.* Киев: Наук. думка, 1971. С. 52-67.

References

Babinets A.E., 1961. Groundwater of the southwestern part of Russian platform. Kiev: Izdatelstvo AN USSR, 378 p. (in Russian).

Babinets A.E., Bielawskiy G.A., 1973. Natural ground-water resources within intense water exchange zone. Kiev: Naukova Dumka, 111 p. (in Russian).

Bagriy I.D., 2003. Prediction of fracture zones of high permeability of rocks to solve search and geoeconomic

problems. Kyiv: LLC «Dmytro Burago Publishing House», 149 p. (in Ukrainian).

Анализ результатов данных распределения водородных концентраций позволил выделить аномальные единичные значения по площадям, профилям, продуктивным скважинам.

Гутенберг Б. Скорости распространения сейсмических волн в земной коре. *Земная кора:* Полдертарт А. (ред.). Москва: Изд-во иностр. лит., 1957. С. 121-138.

Доленко Г.Н. Геология нефти и газа Карпат. Киев: Изд-во АН УССР, 1962. 367 с.

Магницкий В.А. Внутреннее строение и физика Земли. Москва: Недра, 1965. 380 с.

Мархинин Е.К. Роль вулканизма в формировании земной коры. Москва: Наука, 1967. 256 с.

Павлюк М., Наушко І., Макітра Р., Брик Д. Проймовірну модель утворення природних вуглеводнів у літосфері Землі. *Геологія і геохімія корисних копалин.* 2012. № 1-2. С. 158-159.

Порфирьев В.Б., Гринберг И.В. Современное состояние теории органического происхождения нефти. *Проблемы происхождения нефти.* Киев: Наук. думка, 1966. С. 5-51.

Порфир'єв В.Б. До питання про умови формування промислових скупчень. *Геол. журн.* 1968. Т. 28, вип. 4 (121). С. 3-31.

Соколов В.А. Процессы образования и миграции нефти и газа. Москва: Недра, 1965. 276 с.

Стадников Г.Л. Происхождение углей и нефти. Москва; Ленинград: Изд-во АН СССР, 1937. 611 с.

Субботин О.И., Наушчик Г.Л., Рахимова Н.Т. Процессы в верхней мантии Земли и связь с ними строения земной коры. Киев: Наук. думка, 1964. 136 с.

Чекалюк Э.Б. Нефть верхней мантии Земли. Киев: Наук. думка, 1967. 258 с.

Krayushkin V.A., Kutcherov V.G. Deep-seated abiogenic origin of petroleum: From geological assessment to physical theory. *Rev. Geophys.* 2010. Vol. 48. No 1. P. 1-30.

logical problems. Kyiv: LLC «Dmytro Burago Publishing House», 149 p. (in Ukrainian).

Bagriy I.D., Gozhik P.F., Pochtarenko V.I., Aksyom S.D., Dubosarsky V.R., Mamyshv I.E., Kizlat A.M., Paliy V.M., 2011. Forecasting of geodynamic zones and promising areas for coal mine methane mining in Donbas coal fields. Kyiv: Foliant, 236 p. (in Ukrainian).

- Bagriy I.D.**, 2013. Development of geological-structural-thermal-atmogegeochemical technology of forecasting of search of minerals and assessment of geoeological environmental state. Kyiv: Logos, 511 p. (in Ukrainian).
- Bagriy I.D.**, 2016. Hydro-geosynergetic biogenic-mantle hypothesis of hydrocarbons origin and its role in direct search technology substantiation. *Geologichnyy zhurnal*, № 2 (355), p. 107-133 (in Russian).
- Belousov V.V.**, 1966. The Earth's crust and the upper mantle of the continents. Moscow: Nauka, 120 p. (in Russian).
- Vasoevich N.B.**, 1986. Selected works. Geochemistry of organic matter and the origin of the oil. Moscow: Nauka, p. 324-339 (in Russian).
- Vernadskiy V.I.**, 2001. The chemical structure of the Earth's biosphere and its environment. Moscow: Nauka, 376 p. (in Russian).
- Grinberg I.V.**, 1971. Some chemical aspects of the problem of the genesis of theories. In: *The problem of the origin of oil and gas and the formation of their industrial deposits*. Kiev: Naukova Dumka, p. 52-67 (in Russian).
- Gutenberg B.**, 1957. Velocities of propagation of seismic waves in the earth's crust. In: *Earth's crust*. (Ed. A. Polderwart). Moscow: Izdatelstvo Inostrannoy literatury, p. 121-138 (in Russian).
- Dolenko G.N.**, 1962. Geology of oil and gas in the Carpathians. Kiev: Izdatelstvo AN USSR, 367 p. (in Russian).
- Magnitskiy V.A.**, 1965. The Earth inner structure and physics. Moscow: Nedra, 390 p. (in Russian).
- Markhinin E.K.**, 1967. Role of Volcanism in the Formation of the Earth Crust. Moscow: Nauka, 267 p. (in Russian).
- Pavlyuk M., Naumko I., Makitra R., Brick D.**, 2012. On the probable model of the formation of natural hydrocarbons in the lithosphere of the Earth. *Geologiya i geokhimiya goruchykh kopalyn*, № 1-2, p. 158-159 (in Ukrainian).
- Porfiryev V.B., Grinberg I.V.**, 1966. The current state of the theory of the organic origin of petroleum. In: *Problems of the origin of oil*. Kiev: Naukova Dumka, p. 5-51 (in Russian).
- Porfiryev V.B.**, 1968. On the conditions of formation of industrial accumulations. *Geologichnyy zhurnal*, vol. 28, iss. 4 (121), p. 3-31 (in Ukrainian).
- Sokolov V.A.**, 1965. The processes of formation and migration of oil and gas. Moscow: Nedra, 276 p. (in Russian).
- Stadnikov G.L.**, 1937. The origin of coals and oil. Moscow; Leningrad: Izdatelstvo AN USSR, 611 p. (in Russian).
- Subbotin O.I., Naumchik G.L., Rakhimova N.T.**, 1964. Processes in the upper mantle of the Earth and it relationship with the structure of the earth's crust. Kiev: Naukova Dumka, 136 p. (in Russian).
- Chekalyuk E.B.**, 1967. Oil of the upper mantle of the Earth. Kiev: Naukova Dumka, 258 p. (in Russian).
- Krayushkin V.A., Kutcherov V.G.**, 2010. Deep-seated abiogenic origin of petroleum: From geological assessment to physical theory. *Rev. Geophys.*, vol. 48, No 1, p. 1-30 (in English).

Статья поступила
05.11.2018