

Игорь БАГРИЙ¹, Станислав КУЗЬМЕНКО¹, Дмитрий ГУНЯ²

¹Институт геологических наук НАН Украины, Киев,
e-mail: bagrid@ukr.net

²ОП «Володарское» ПАТ шахты А. Ф. Засядько, Харьков,
e-mail: dmytrogunia53@gmail.com

ВОДОРОД КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

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 картирования на поисковые работы.

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

Одной из насущных проблем современности и, прежде всего, развития научного прогресса, является использование существующих энергетических источников, из-за чего происходят необратимые разрушительные процессы в окружающей среде приводящие к глобальным природным катаклизмам, несмотря на кажущиеся достаточно затратными природоохранные мероприятия. Негативные процессы, происходящие в результате использования атомной энергетики, сжигания миллиардов тонн и кубометров горючих ископаемых и их добычи, приводят к изменению не только окружающей среды, но и к разрушению ноосферы, к глобальным непрогнозируемым процессам с непредвиденными, иногда катастрофическими последствиями, практически не поддающимися цивилизованному устранению.

Яркий пример такого влияния на окружающую среду – аварии на атомных станциях, катастрофы при добыче нефти на глубоководных участках морских акваторий, а главное, практически не поддающиеся реабилитации глобальные процессы – появление озоновых дыр, изменение климата, морских течений, таяние ледников, подъем уровней океанов и т. д.

Почти все перечисленные процессы тесно связаны с нарастающим использованием не отвечающих сегодняшним запросам развития прогресса морально устаревших энергетических источников. Есть ли выход из сложившейся ситуации? Ответ достаточно прост: нужны экологически чистые

энергетические источники – использование ветровой, солнечной энергии, а главное, практически неисчерпаемого возобновляемого источника, участвующего в бесконечном круговороте вещества в природе, наиболее энергоемкого компонента – водорода.

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

В настоящее время развитие водородной энергетики тормозит не только высокая стоимость водорода, получаемого электрическим разложением воды и другими дорогостоящими способами, но и полное отсутствие 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). А поэтому 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 развития.

Говоря о проблеме водорода, следует коснуться и гелиевой проблемы. На большие масштабы выделения глубинных ювенильных газов, в том числе 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 Бенъофа 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 поступает 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.

В качестве примера можно привести данные по сверхглубокой скважине 3-СГ-Кольская, которая вскрыла на глубине 7004–8004 м нефтяные пласты,

а с глубины 12261 м (забой) притекал промывочный раствор, кипящий/вскипавший водородом (Krayushkin, 2010).

Изучение разнообразных процессов в толщах коры и осадочном чехле в зонах прогибов – авлакогенов дало возможность выявить вещественный состав слоя Гутенберга, термодинамические, геотермические и геохимические процессы синтеза верхней мантии. 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 внес 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 парадигме (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 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 наявных элементов образует, кроме газовой составляющей УВ, два энергетических феномена – продукты распада урана, радия – ^4He , а также наиболее энергетически-экологический продукт водород и, как будет приведено ниже, изотоп водорода ^3He .

Глобальный характер генетических скоплений УВ рассматривается в рамках учения В. И. Вернадского (Вернадский, 2001), 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, 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 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 широких пределах давлений и температур в мантийных условиях синтеза в слое Гутенберга всякое вещество любого элементарного и химического состава проходит 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 и 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 м³ 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 его пределах есть сочетание всех необходимых факторов, способствующих неорганическому синтезу углеводородных

элементов, поступающих из осадочного слоя, по мнению сторонников биогенного происхождения УВ, в виде водорастворенного метана. Наличие и происхождение ювенильной воды в мантийных толщах, описанной в трудах многих авторов, довольно проблематично. Водород, кислород и углерод – трое основных энергетических компонентов, которые поступают с поровыми водами (Бабинец, 1973) в виде продуктов окисления биоты (органически возобновляемого источника) 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 H , C , 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 исследованиях генезиса нефти возникла проблема ее исходных форм из органического вещества, составляющего процесс круговорота, корреспондируемая с водородом.

Картирование УВ и водорода может быть успешным только при всестороннем учете современных достижений в области новых технологий нефтяной геологии и геохимии. Отметим, что в последние годы все чаще процессы генезиса, миграции и формирования промышленных месторождений нефти и газа 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, в основном служащих зонами разнонаправленной миграции и концентрации газов и флюидов, а не генетическими условиями их происхождения.

Изложенные выше представления о взаимодействии летучей и конденсированной фаз в условиях гравитационного поля логично вытекают из общеизвестных физических законов разгазированного тела и ретроградных преобразований. Положенные в основу представлений общепризнанные исходные принципы объясняют множество 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, вызывающее не только миграционные процессы, но и возможные зоны дробления и растяжения, служащие ловушками газовых и жидких флюидов. Такие процессы и их производные служат критериальными показателями производных УВ и их компонентов – водорода и гелия.

Одним из важнейших в решении экологических и энергетических проблем является вопрос: где найти доступный и обильный источник водорода? На сегодня в мировой практике почти отсутствуют обоснования поисков промышленных природных 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 6 770 м, ниже 4 000 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 основослагающие мантийные продукты синтеза С, Н, O_2 .

Где же искать места генерации столь востребованного энергетического источника? 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 авторами при картировании газовых (метан и его гомологи) 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 приуроченных к ним выбросоопасных участков при отработке угольных массивов шахт.

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 атмогазогеохимические съемки в рамках новой поисковой технологии СТАГГИ на перспективных лицензионных нефтегазоносных структурах позволили закартировать аномальные участки водородных и гелиевых концентраций, в сотни и более раз превышающих фоновые значения. Такие участки, закартированные по их ураганым концентрациям, представляют несомненный 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 явления гидробиологических процессов литосферы и вещества мантии, различий ее температурных режимов в разных регионах следует ожидать планетарной, закономерной нефтеносности в зонах континентальных прогибов. Региональное расположение нефтегазоносных провинций – поисковая прерогатива в размещении выполняемых 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 H, CO₂, He. Это позволило в конечном счете закартировать аномальные зоны мест дегазации приведенных выше газовых компонентов для дальнейшей постановки более детальных прогнозно-поисковых работ на промышленные скопления водорода.

Наиболее картируемыми участками водорода представляют газонасыщенные площади углеводородных аномалий, расположенных, вероятно, в условиях преобладания, как мантийных процессов, генерирующих газовый состав практически с полным спектром углерода, водорода, гелия, так и структурно-фациальные особенности условий их генерации и аккумуляции.

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, по сути невозможно, поэтому автора исходили из собственного опыта, полученного на многих нефтегазоносных и угольных бассейнах.

На значительном опыте детального картирования газовых элементов (Rn, Tn, CO₂, 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, сделали первую попытку обобщить результаты собственных научных исследований по выделению перспективных зон для более целенаправленных исследований по поискам не только УВ, но и H, He.

Любая гипотеза, только 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). Изучались возможные газодинамические явления (водородных выбросов) непосредственно в выработках шахт им. Засядько Северная и Южная, «Степная», «Краснолиманская» (рис. 1–7), а также на маркшейдерских проекциях лавовых отработок на дневной поверхности.

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 искомых элементов прогнозно-продуктивных площадей выступает водород.

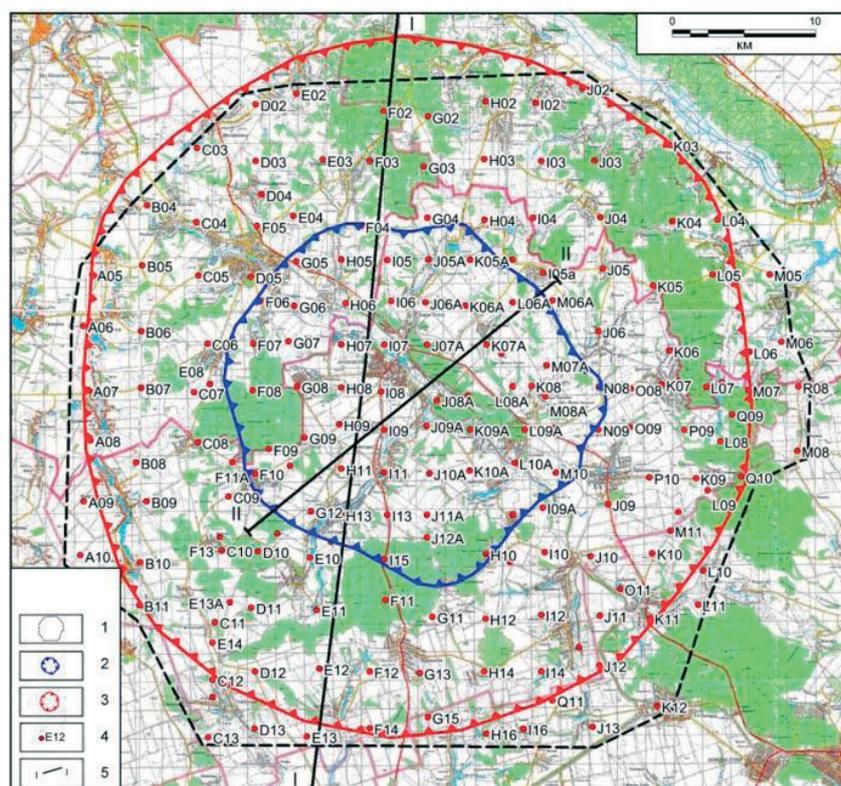


Рис. 1. Карта пространственного размещения пунктов наблюдений СТАГГИ на Болтышской импактной структуре (на топографической основе м-ба 1 : 100 000): 1 – границы площади исследований; контуры: 2 – кратера, 3 – предполагаемого цокольного вала; 4 – пункты наблюдений и их номера; 5 – профиль и его номер

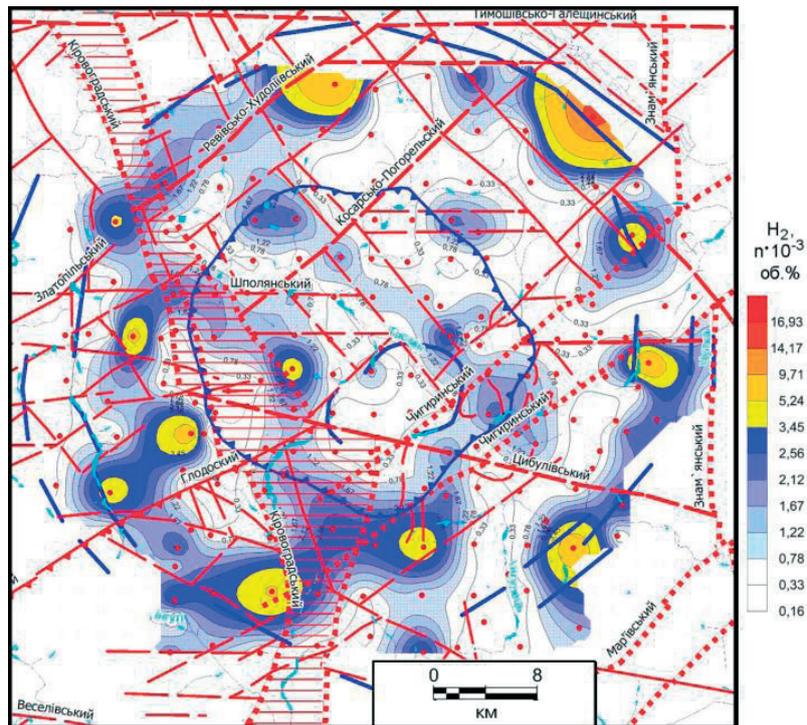


Рис. 2. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в подгрунтовом воздухе на Болтышской импактной структуре: 1 – пункты наблюдений СТАГГИ; 2 – контуры площади исследований; 3 – контуры Болтышской импактной структуры; разломы и их названия: 4 – взросы, 5 – сбросы, 6 – главные, 7 – второстепенные; 8 – зона Криворожского глубинного разлома; 9 – фрагменты кольцевых структур по результатам дешифрирования МКЗ

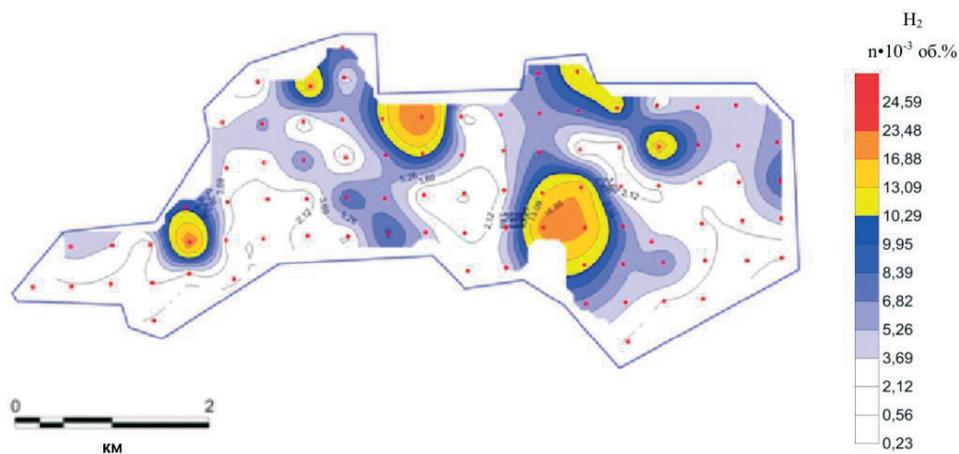


Рис. 3. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в слое донных отложений на структурах Субботина, Морская, Абиха

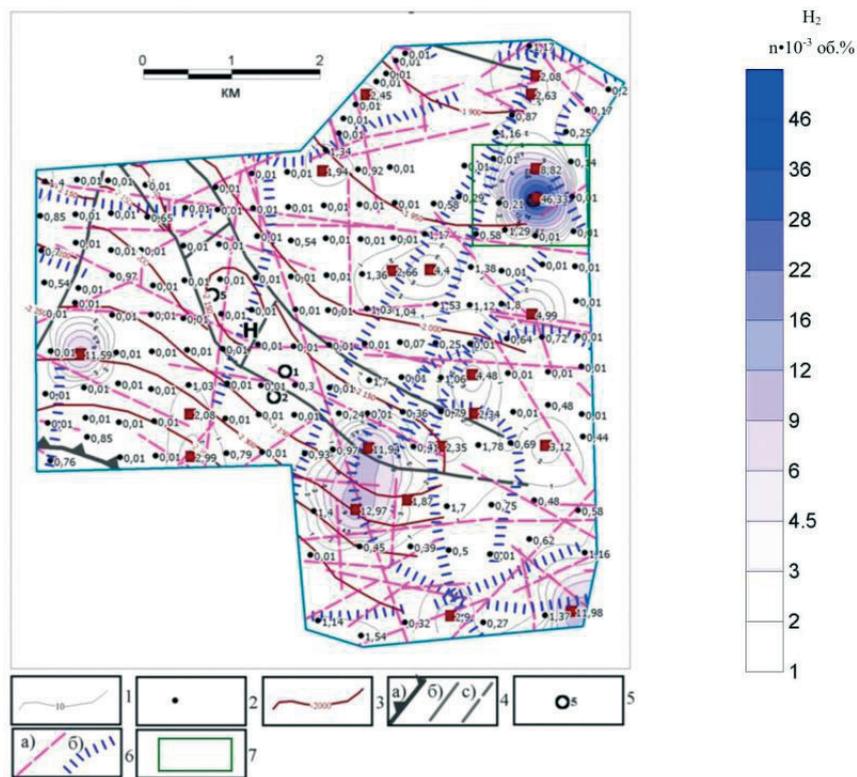


Рис. 4. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в подгрунтовом воздухе на Недельной площади (2006 г.):

1 – изолинии показателей содержания водорода $H_2 \cdot (n \cdot 10^{-3} \text{ об. } \%)$; 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 $V_{w_2}^2$ (C_2, b): 3 – изогипсы отражающего горизонта, 4 – разрывные нарушения: а) сбросы согласованные, б) сбросы несогласованные, с) неуверенное положение; 5 – скважины и их номера; 6 – результаты космодешифрирования: а) линейменты, б) кольцевые структуры; 7 – контуры детализационного участка

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 элемент УВ и хорошо картируется даже в условиях непроницаемых нефтегазоносных структур-покрышек.

Комплексный анализ геолого-структурных, гидролого-гидрогеологических материалов, выполняемый на протяжении 30 лет в рамках научных фундаментальных и прикладных исследований на поисковых объектах для 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 эманационно-газовых индикаторов: Rn , Tn , He , CO_2 , H .

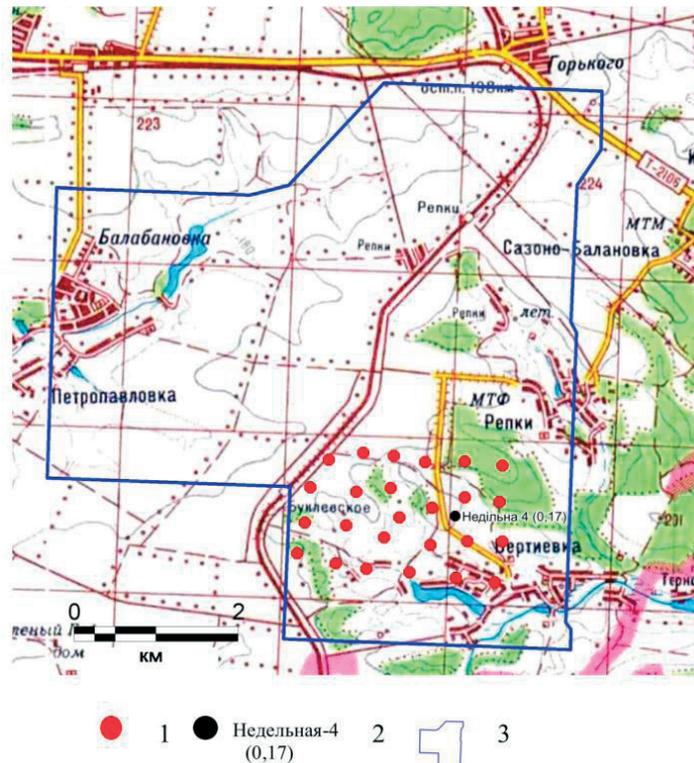


Рис. 5. Схема пространственного распределения пунктов наблюдений СТАГГИ на Недельной площади (на топографической основе м-ба 1 : 100 000): 1 – пункты наблюдений; 2 – скв. Недельная-4 с измеренными значениями водорода в скважине; 3 – контур исследований на Недельной площади

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 структурно-тектонических принципов, разработанных И. И. Чебаненко, В. К. Гавришем, а также обоснованных в гидрогеологических работах А. Е. Бабинца и гидрологических работах И. Д. Багрия.

Как показала практика, такой подход, на основе ГГБМП, где главным составляющим элементом является Н, 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 человеческим жертвам.

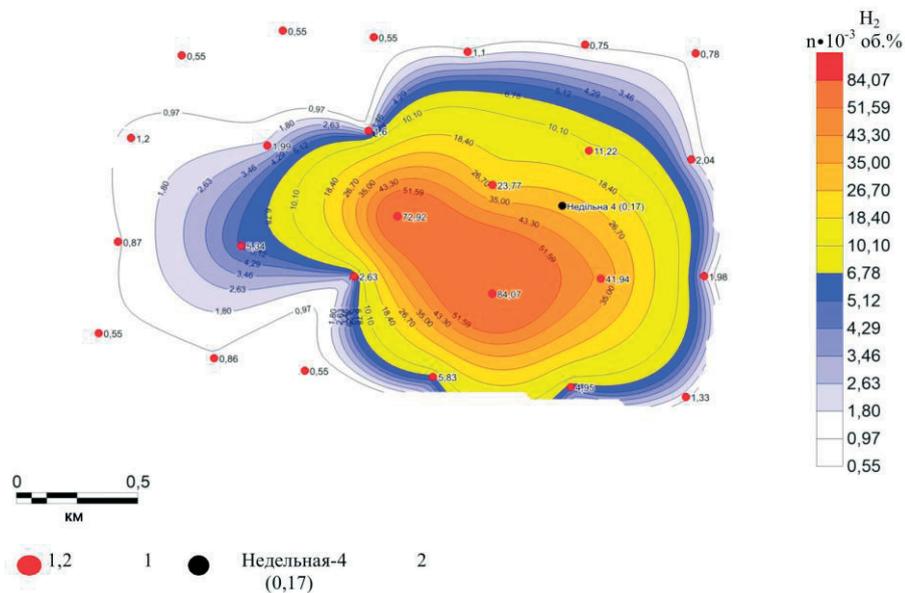


Рис. 6. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в подгрунтовом воздухе на детализационном участке Недельной площади:
 1 – пункты наблюдений с измеренными значениями содержания водорода H_2 ($n \cdot 10^{-3}$ об. %);
 2 – скв. Недельная-4 с измеренными значениями содержания водорода в скважине

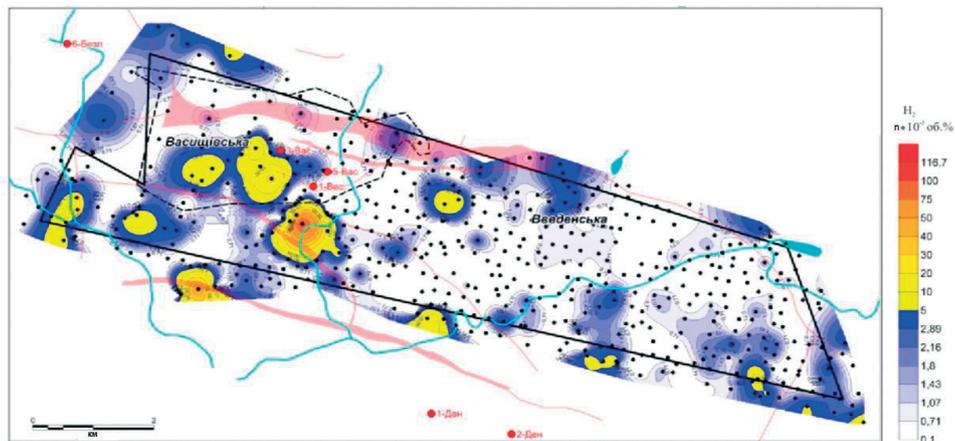


Рис. 7. Схема распределения показателей содержания водорода в подгрунтовом воздухе на Васищевской площади

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. В поисковый комплекс также были включены

исследования гидролого-гидрогеологических особенностей образования углеводородных компонентов в зонах размещения структур, содержащих эти компоненты, и прежде всего водород.

На начальных стадиях исследований для решения геоэкологических и поисковых задач на подземные и термальные воды эманационные компоненты Ra, Tn и газовые He, H использовались нами как показатели разломных зон повышенной проницаемости (Багрій, 2003).

Анализ результатов газово-эманационных площадных съемок, включающих H и He, позволил по-новому подойти к одной 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 продуктивных нефтегазоносных площадей в акватории и 98 на суше (коэффициент успешности – примерно 90 %), а также зафиксировать в рамках искомых 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 в зонах площадных водородных аномалий и водородно насыщенных скважин необходимо провести более детальные площадные съемки с детальностью картирования сотни или даже десятки метров, которые позволили бы оконтурить эти аномалии для обоснования научно-параметрических исследований как в плановом, так и вертикальном разрезе.

Благодаря многолетним исследованиям по картированию нефтегазоносных участков на традиционных и нетрадиционных объектах (шахтные поля, шельфовые зоны, астроблемы), создана база данных системных критериев поисковой технологии СТАГГИ, а в комплексе методических решений впервые в поисковой практике использовался водород как главный 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, останавливая на длительное время производственные циклы, а главное, к значительным человеческим жертвам.

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

Газовый контроль в шахтных выработках в большинстве случаев связан с фиксацией метана. При повышении до критических отметок метановых концентраций датчики должны оповещать о случившемся и отключать шахтное оборудование от энергетических источников. Однако, анализ взрывов на шахтах Украины, России свидетельствует о том, что и возникновение аварийных ситуаций, и взрывы происходили при полном отсутствии предупреждающих сигналов о метановой опасности.

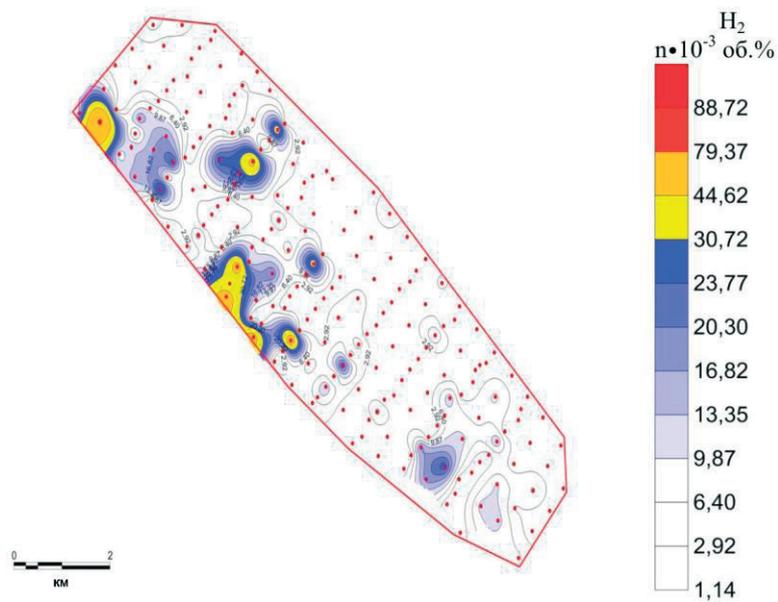


Рис. 8. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в подгрунтовом воздухе на Томашевской площади

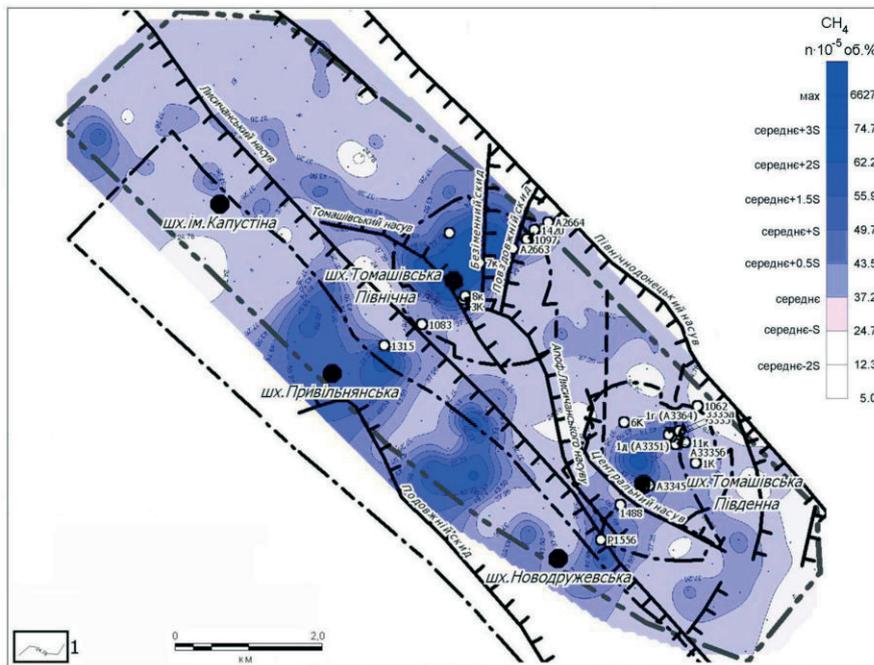


Рис. 9. Схема пространственного распределения показателей содержания метана в подгрунтовом воздухе на Томашевской площади:
1 – изолинии показателей содержания метана $CH_4 \cdot (n \cdot 10^{-5}$ об. %)

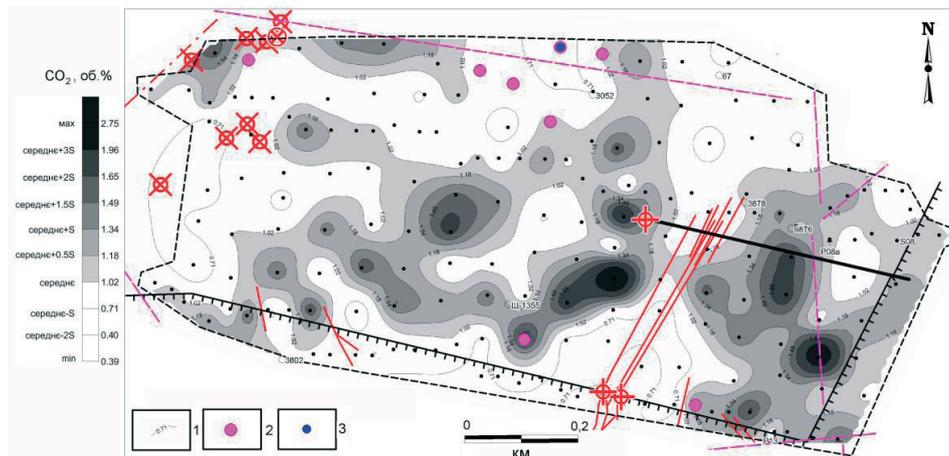


Рис. 10. Схема пространственного распределения показателей содержания углекислого газа, водорода и гелия в подгрунтовом воздухе на Северном детализационном участке шахты им. Засядько:
 1 – изолинии показателей содержания углекислого газа (CO_2); пункты наблюдений, где концентрация атмогеохимического показателя превосходит чувствительность прибора: 2 – водород (H_2), 3 – гелий (He)

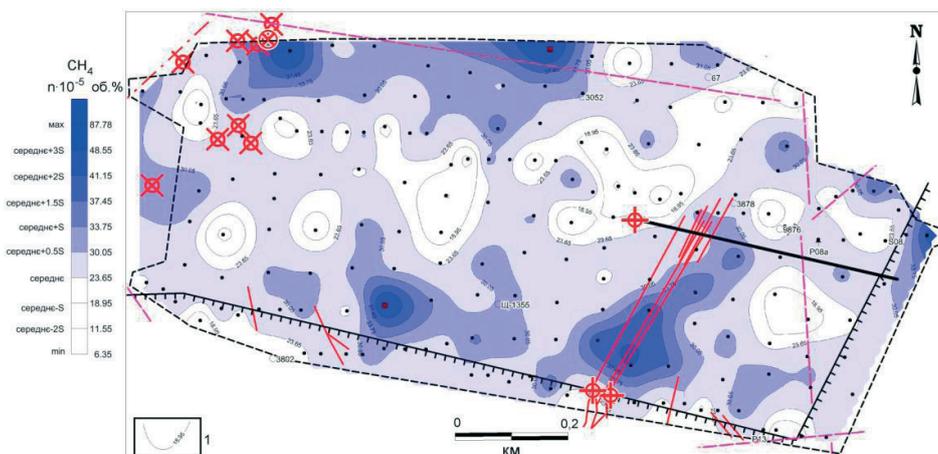


Рис. 11. Схема пространственного распределения показателей содержания метана в подгрунтовом воздухе на Северном детализационном участке шахты им. Засядько:
 1 – изолинии показателей содержания метана $\text{CH}_4 \cdot (n \cdot 10^{-5} \text{ об. } \%)$

Взрывы на шахте «Распадская» (Россия) зафиксированы 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.

Проанализировав многочисленные материалы, касающиеся возникновения аварийных ситуаций, а также результаты площадных геохимических

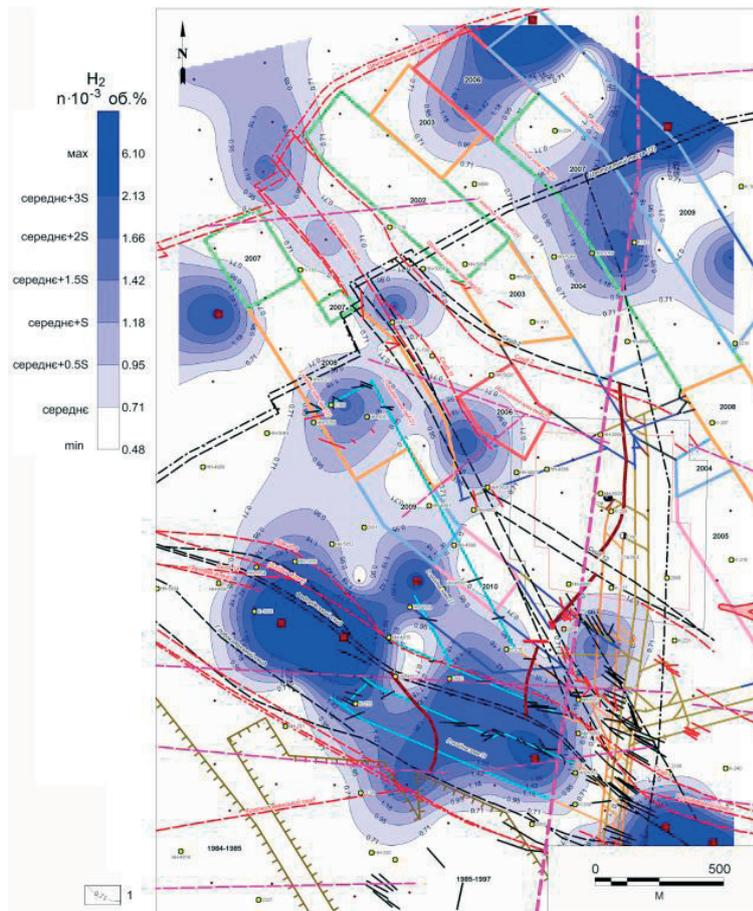


Рис. 12. Схема пространственного распределения показателей содержания водорода в подгрунтовом воздухе на участке шахты «Краснолиманская»:
1 – изолинии показателей содержания водорода $H_2 \cdot (n \cdot 10^{-3} \text{ об. } \%)$

съемок, можно предположить, что возможными причинами выбросоопасных процессов стало не внезапное вскрытие метаноносных резервуаров и поступление значительных объемов метана в шахтные выработки, а участки аномально повышенного содержания водорода, поступающего в углеродный массив из мантийных горизонтов. Не было отмечено какой-либо взаимосвязи катастроф с геологическими процессами, как не удалось установить и закономерности площадных распределений водорода.

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

Закартированные в процессе этих исследований концентрации водорода можно рассматривать в контексте обводненности шахтных выработок как составную часть гремучего газа, особенно при наличии даже незначительных

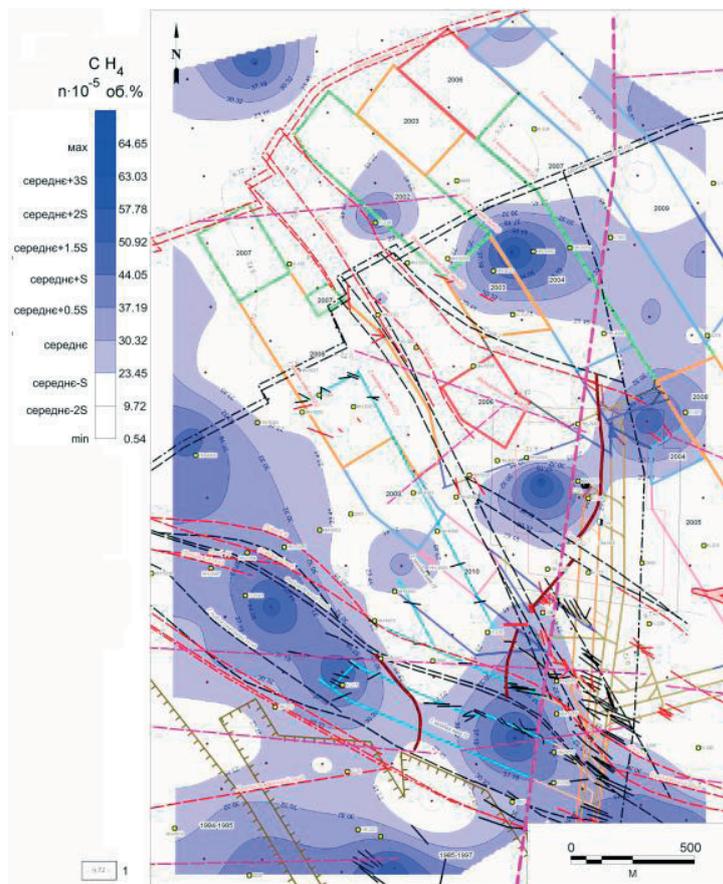


Рис. 13. Схема пространственного распределения показателей содержания метана в подгрунтовом воздухе на участке шахты «Краснолиманская»:
1 – изолинии показателей содержания метана $\text{CH}_4 \cdot (n \cdot 10^{-5} \text{ об. } \%)$

источников огня – искрения, ударов металла, компрессионных нагрузок, не исключая и 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 в соответствии с технологией СТАГПИ (Багрий, 2011).

Научные исследования, выполненные 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.

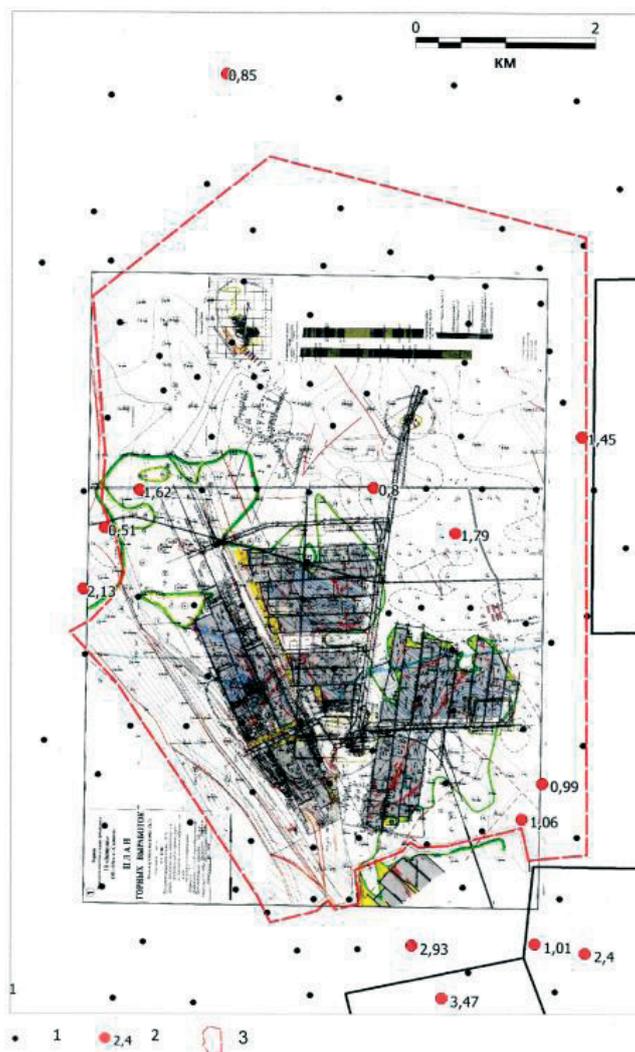


Рис. 14. Карта расположения пунктов наблюдений, выполненных по технологии СТАГГИ, в которых определен водород, на фрагменте плана горных работ шахты «Степная»:

1 – пункты наблюдений СТАГГИ; 2 – пункты наблюдений СТАГГИ, в которых определен водород и его концентрация $H_2 \cdot (n \cdot 10^{-3} \text{ об. } \%)$; 3 – граница шахтного поля шахты «Степная»

В рамках выполнения научных программ, 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-Волинском бассейне) (рис. 8–14).

В ходе исследований 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 отработанных и действующих шахт Донбасса и Львовско-Волынского бассейна.

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

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. Гидро-геосинергетическая биогенно-мантийная гипотеза образования углеводородов и ее роль при обосновании прямопоисковой технологии // Геол. журн. – 2016. – № 2 (355). – С. 107–133.

Багрий И. Д. Прогнозування розломних зон підвищеної проникності гірських порід для вирішення геоекологічних та пошукових задач. – К. : Вид. дім Дмитра Бурого, 2003. – 149 с.

Багрий И. Д. Розробка геолого-структурно-термо-атмогеохімічної технології прогнозування пошуків корисних копалин та оцінки геоекологічного стану доквілля. – К. : Логос, 2013. – 510 с.

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

Белюсов В. В. Земная кора и верхняя мантия материков. – М. : Наука, 1966. – 120 с.

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

Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М. : 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.

Гутенберг Б. Скорости распространения сейсмических волн в земной коре // Земная кора / А. Полдверт (ред.). – М. : 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. – М. : Недра, 1965. – 380 с.

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

Павлюк М., Науко І., Макітра Р., Брик Д. Про ймовірну модель утворення природних вуглеводнів у літосфері Землі // Геологія і геохімія горючих 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. – М. : Недра, 1965. – 276 с.

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

Субботин О. И., Наумчик 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. – N 1. – P. 1–30.

Статья поступила
05.11.2018

Ігор БАГРІЙ, Станіслав КУЗЬМЕНКО, Дмитро ГУНЯ

**ВОДЕНЬ ЯК ДЖЕРЕЛО
ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА ГЕОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

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 уперше 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 картування на пошукові роботи.

Ihor BAGRIY, Stanislav KUZMENKO, Dmytro GUNYA

**HYDROGEN AS A SOURCE
OF ENERGY AND GEODYNAMIC PROCESSES**

Long-term results of research on mapping oil and gas bearing sites at traditional and non-traditional sites (mine fields, shelf zones, astroblems) have made it possible to create a database of systemic criteria for search technology of structural thermo-atmo-hydrological and geochemical research, where for the first time in the search practice hydrogen was used as the main component of the hydrocarbons. Analysis of the results of the data on the distribution of hydrogen concentrations made it possible to isolate abnormal values both in areas and in productive wells (in the absence of background) and conduct detailed large-scale area studies for the purpose of area mapping for prospecting.