

12. *Plomerova J., Sileny J., Babuska V.* Joint interpretation of uppermantle anisotropy based on teleseismic P-travel-time delays and inversion of shear-wave splitting parameters // *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 1996. Vol. 95. P. 293–309.
13. *Roy L., Sen M. K., Stoffa K., McIntosh K., Nakamura Y.* Joint inversion of first arrival travel time and gravity data // *J. Geophys. Eng.* 2005. Vol. 2. P. 277–289.
14. *Tarantola A.* *Inverse Problem Theory*. Amsterdam, New York : Elsevier, 1987.
15. *Sakawa M.* *Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization*. New York : Plenum Press, 1993.
16. *Sambridge M.* Geophysical inversion with a neighbourhood algorithm I: searching a parameter space // *Geophys. J. Int.* 1999. N 138. P. 479–494.
17. *Zadeh L. A.* Fuzzy sets as a basis of a theory of possibility // *Fuzzy Sets Syst.* 1978. N 1. P. 3–28.
18. *Zimmermann H.-J.* *Fuzzy set theory – and its applications* (4th ed.). Dordrecht : Kluwer. 2001.

УДК 528+550.837+553.98

О ПЕРСПЕКТИВАХ ОБНАРУЖЕНИЯ СКОПЛЕНИЙ ВОДОРОДА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЯМОПОИСКОВЫХ МЕТОДОВ

Н. А. Якимчук¹, И. Н. Корчагин²

¹Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии,
пер. Лабораторный 1, 01133 Киев, Украина; yakymchuk@gmail.com

²Институт геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины,
пр. Палладина 32, 03680 Киев, Украина; korchagin.i.n.@gmail.com

Представлены результаты рекогносцировочного обследования прямопоисковыми методами двух площадей в Припятском прогибе. Результаты исследований свидетельствуют о возможности обнаружения на отдельных участках обследованных площадей залежей природного водорода, а также нефти и газа в глубинных горизонтах разреза.

Ключевые слова: водород; нефть; газ; прямопоисковые методы; зондирование разреза.

The results of a reconnaissance survey by direct-prospecting methods of two areas in the Pripjat trough are presented. The research results indicate the possibility of detecting within certain sites of the surveyed areas of natural hydrogen deposits, as well as oil and gas deposits in the deep horizons of the cross-section.

Key words: hydrogen; oil; gas; direct-prospecting methods; cross-section sounding.

Введение. В 2019–2021 гг. в различных регионах земного шара проводились экспериментальные исследования с целью изучения возможности применения частотно-резонансных методов обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков для обнаружения скоплений водорода и оценки глубин их залегания [6–7, 9]. Целесообразность проведения исследований с целью разработки эффективных технологий обнаружения и картирования скоплений природного водорода в коллекторах разреза, а также локальных зон и крупных площадей его миграции в атмосферу обусловлена намерением ведущих стран мирового сообщества перейти на использование безуглеродных энергетических ресурсов – ветровой, солнечной, геотермальной энергии и водорода. В материалах доклада представлены результаты дополнительных экспериментальных работ в районах двух площадей рекогносцировочного обследования в Республике Беларусь.

Методы исследований. Экспериментальные исследования рекогносцировочного характера проводятся с использованием малозатратной прямопоисковой технологии, включающей модифицированные методы частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков, вертикального электрорезонансного зондирования (сканирования)

разреза и методики интегральной оценки перспектив нефтегазоносности (рудноносности) крупных поисковых блоков и локальных участков [4, 5]. Отдельные компоненты используемой технология разработаны на принципах «вещественной» парадигмы геофизических исследований, сущность которой заключается в поиске конкретного (искомого в каждом отдельном случае) вещества. В основе разработанных методов лежат обнаруженные Н. Тесла в 1899 г. стоячие электрические волны. В модифицированных версиях методов частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков, а также вертикального зондирования (сканирования) разреза используются существующие базы (наборы, коллекции) осадочных, метаморфических и магматических пород (<http://rockref.vsegei.ru/petro/>), минералов и химических элементов. Особенности и возможности использованных методов, а также методика проведения измерений описаны более детально в [4–9]. Отметим также, что результаты апробации мобильной прямопоисковой технологии на локальных участках и крупных площадях в Республике Беларусь опубликованы в [8].

Район расположения оз. Червоное. В процессе анализа спутниковых снимков на территории Беларуси зона с особенностями рельефа, характерными для участков водородной дегазации, обнаружена в районе оз. Червоное. На площади расположения озера и прилегающих к нему локальных участках проведены исследования рекогносцировочного характера.

При обработке фрагмента снимка с оз. Червоное (рис. 1, нижний прямоугольный контур справа) с поверхности зарегистрированы сигналы от фосфора, водорода, воды глубинной и магматических пород 6 группы (базальты). Отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, мёртвой воды, соли и осадочных пород 1–6 групп не получены.

Нижняя кромка базальтов определена на глубине 98 км, а верхняя кромка сканированием разреза с поверхности, шаг 1 м, установлена на глубине 100 м.

На поверхности 99 км зарегистрированы сигналы от 10 группы осадочных пород (кремнистые). Фиксацией откликов на различных глубинах (99, 450, 550, 650, 723 км) корень вулкана этих пород определён на глубине 723 км.

На поверхности 0 м из верхней части разреза (атмосферы) зафиксированы слабые отклики от водорода (с задержкой), что указывает на его миграцию в атмосферу.

Сканированием разреза с 80 м, шаг 10 см, сигналы от водорода начали фиксироваться со 100 м, а воды глубинной – со 112 м.

Отклики от воды глубинной зафиксированы на поверхности 68 км без задержек, а на глубинах 57, 59, 68,1, 67,9 км сигналы не получены. От мёртвой воды сигналы получены на глубине 71 км; на поверхности 68 км отклики отсутствовали.

В процессе обработки снимка в левом верхнем прямоугольном контуре (рис. 1) с поверхности зарегистрированы сигналы от фосфора (белый), водорода, воды глубинной; отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, углекислого и угарного газов с поверхности не получены.

Зафиксированы сигналы от 1–6 групп осадочных пород и 6 группы магматических (базальты). Отклики от соли отсутствовали.

Сканированием разреза с поверхности, шаг 1 м, отклики от базальтов зафиксированы со 1010 м и прослежены до 99 км.

На поверхности 99 км из нижней части разреза получены сигналы от 10-ой группы осадочных (кремнистых) пород. Фиксацией откликов на различных глубинах (150, 250, 450, 550, 650, 750, 723 км) корень вулкана с кремнистыми породами определён на глубине 723 км.

На поверхности 1010 м из верхней части разреза получены отклики от 1–6 групп осадочных пород, нефти, конденсата, янтаря, углекислого газа, фосфора. Сигналы от газа, жидкого углекислого газа и водорода отсутствовали на этой глубине из верхней части разреза.



Рисунок 1 – Спутниковый снимок участков обследования в районе оз. Червоное (нижний прямоугольник справа)

Сканированием разреза с 1 000 м, шаг 50 см, отклики от водорода зафиксированы со 1 165 м и прослежены до 2 км (далее сканирование не проводилось).

На поверхности 0 м зафиксированы сигналы только от углекислого газа, от водорода и фосфора отклики отсутствовали.

Сканированием разреза с 1 000 м, шаг 1 м, отклики от воды глубинной (живой) начали фиксироваться с 1 320 м.

Дополнительное обследование интервала 1 320–1 600 м показало, что обогащённая водородом вода является целебной и может использоваться для лечения различных осложнений (недугов) в организме человека, обусловленных колониями многочисленных вирусов и паразитов.

В процессе обработки фрагмента снимка в верхнем прямоугольнике справа (рис. 1) с поверхности зафиксированы сигналы от золота и 1–5 групп магматических пород, а также зювита, импактита. Отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, углекислого газа, фосфора, водорода, воды глубинной и мёртвой, коэсита, стишовита, соли и осадочных пород 1–10 групп не получены.

Фиксацией откликов на различных поверхностях (50, 150, 350, 450, 550, 470 км) корень гранитного вулкана определён на глубине 470 км. Сканированием разреза с поверхности, шаг 1 м, верхняя кромка гранитов зафиксирована на 620 м.

На поверхности синтеза углеводородов (УВ) 57 км отклики от нефти отсутствовали.

Из-за относительно большой глубины залегания гранитных пород интервалы фиксации откликов от золота не определялись.

Дополнительные инструментальные измерения. Обратим внимание на то, что в ускоренном режиме обработки снимка в левом верхнем прямоугольнике отклики от нефти с поверхности не получены, а на глубине 1 010 м из верхней части разреза зафиксированы. Эта особенность может быть обусловлена тем, что залежь нефти перекрыта сверху породами, которые препятствуют мгновенной передаче сигналов. В связи с этим, на участке обследования проведены дополнительные измерения.

В результате, с поверхности отклики от нефти зафиксированы с задержкой 21 с, а на глубине 1 010 м из верхней части разреза – без задержек (практически мгновенно).

Сканированием разреза с 1 010 м с шагом 10 см (вверх) отклики от нефти зарегистрированы из интервала 976–916 м. На поверхности 880 м отклики от нефти из верхней части разреза отсутствовали.

Результаты обследования участка позволили обратить внимание на следующие особенности. Во-первых, базальтовые породы на участке перекрыты толщей осадочных пород, в которых зафиксировано наличие пласта нефти. Во-вторых, практически в контурах большинства вулканов, заполненных осадочными породами 1–6 групп, синтез нефти происходит на глубине 57 км. Эти особенности позволили предположить, что нефть в интервал 916–976 м была доставлена («закачана») из расположенного поблизости вулкана осадочных пород 1–6 групп.

Для проверки этого предположения проведена обработка фрагмента снимка, обозначенного на рис. 1 прямоугольным контуром в левом нижнем углу.

В процессе обработки этого фрагмента с поверхности зафиксированы отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, углекислого газа, жидкой углекислоты, фосфора (белого), горючего сланца, брекчии аргиллитовой, газогидратов, льда, угля, антрацита. Отклики от водорода и соли не получены.

Зарегистрированы сигналы только от 1–6 групп осадочных пород. Фиксацией откликов на различных глубинах корень вулкана осадочных пород зафиксирован на глубине 470 км.

На поверхности синтеза УВ 57 км получены отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, углекислого газа, жидкой углекислоты, фосфора (белого).

Сканированием разреза с поверхности, шаг 1 м, зафиксированы следующие интервалы поисков нефти: 1) 867–950 м (шаг 10 см), шаг 1 м с 975 м, 2) 1 725–(2 540 – интенсивный) – 2 640 м, 3) 3 680–3 830 м (до 5 150 м прослежено сканированием).

На поверхности 5 200 м получены отклики от нефти, что свидетельствует о возможности обнаружения залежей нефти в глубинных горизонтах разреза.

Район Речицкого нефтяного месторождения. В последнее время активно обсуждаются проблемы новой стратегии поисков и добычи нефти и газа. Акцентируется внимание на целесообразность разработки мелких скоплений (залежей) на старых месторождениях, освоения залежей в кристаллическом фундаменте и в глубинных горизонтах разреза, поисков каналов миграции глубинных флюидов и подпитки месторождений. Предлагается также проводить поиски УВ с учётом представлений об их абиогенном (глубинном) генезисе и использовать (более широко и целенаправленно) прямопоисковые методы и технологии в геологоразведочном процессе [2, 3]. В статье [1] обсуждаются перспективы обнаружения залежей УВ в кристаллическом фундаменте на Речицком месторождении.

В процессе частотно-резонансной обработки фрагмента спутникового снимка района расположения Речицкого месторождения (рис. 2) в верхнем прямоугольном контуре с поверхности зафиксированы отклики от нефти, конденсата, газа, фосфора (жёлтого), водорода, живой воды, соли, осадочных пород 7 (известняки) группы и магматических пород 6 группы (базальты).

Нижняя граница известняков установлена в интервале 13–14 км, а базальтов – на глубине 99 км. Из интервала 99–723 км получены отклики от 10 группы осадочных пород (кремнистые). Корень соляного вулкана определён на глубине 470 км.

На поверхности 0 м из верхней части разреза получены отклики от водорода, фосфора и газа (метана), что свидетельствует об их миграции в атмосферу.

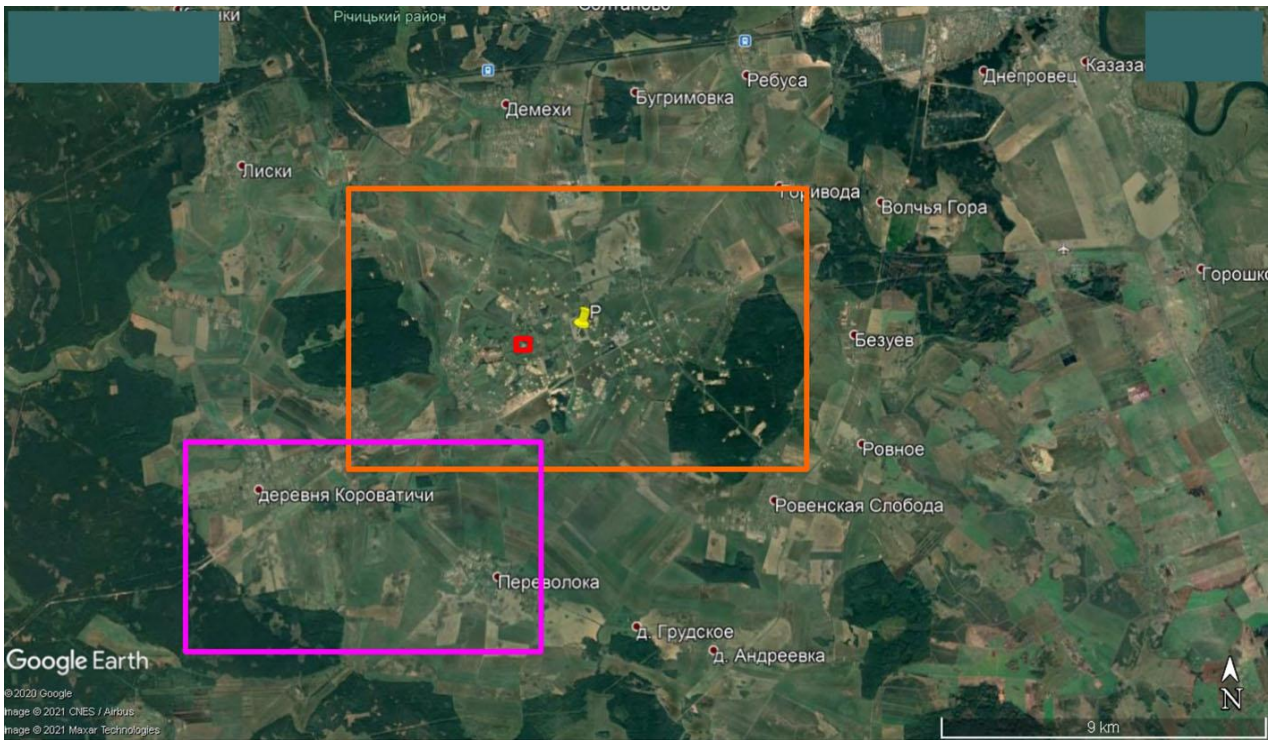


Рисунок 2 – Участки рекогносцировочного обследования в районе Речицкого месторождения

На поверхности 57 км отклики от нефти, конденсата и газа не получены, а от фосфора и водорода зафиксированы. Сигналы от живой воды зарегистрированы на 68 км.

Фиксацией откликов на различных глубинах с последующим сканированием разреза с 3 500 м, шаг 10 см, нижняя граница фиксации откликов от нефти определена на глубине 3 550 м. На поверхности 3 550 м отклики от нефти из нижней части разреза не получены.

На поверхности 57 км отклики зафиксированы от водорода, соли, известняков и базальтов. Сканированием разреза с поверхности, шаг 10 см, отклики от базальтов начали фиксироваться с 70 м, водорода – с 99 м, живой воды – со 103 м.

С поверхности зафиксированы сигналы от нефти из соли. А на поверхности 3 550 м отклики от нефти из соли, а также из известняков получены только из верхней части разреза.

При обработке локального фрагмента снимка площадки расположения скважины (малый прямоугольник в пределах верхнего) зарегистрированы сигналы от фосфора, нефти, конденсата, газа.

На поверхности 14 км из верхней части разреза получены отклики от известняков и соли.

При сканировании разреза с поверхности, шаг 10 м, отклики от нефти получены из интервала 1 600–2 400 м. Сканирование полученного интервала с шагом 1 м дало следующие результаты: 1 780–1 925 м, 2 180–2 400 м.

Уточнение первого интервала: с 1 770 м, шаг 10 см – 1 803–1 815 м. Уточнение второго интервала: с 2 180 м, шаг 10 см – 2 234–(2 280 – интенсивный)–2 300 м, 2) 2 348–2 382 м.

В процессе обработки всего снимка на рис. 2 на поверхности 3 550 м отклики от нефти из известняков зарегистрированы из нижней части разреза.

На поверхности 57 км получены отклики от нефти, конденсата, газа, азота, фосфора, водорода, живой воды, нефти из соли, нефти из известняков, базальтов.

Корень вулкана известняков зафиксирован на глубине 470 км, а соляного и кремнистых пород – на 723 км.

На поверхностях 3,5, 5 и 10 км отклики от нефти фиксировались из нижних частей разреза. При сканировании разреза с поверхности, шаг 1 м отклики от нефти получены из следующих интервалов: 1) 570–810 м, 2) 1 800–2 000 м, 3) 2 150–2 620 м, 4) 3 200–3 300 м, 5) 3 750–4 950 м, 6) 5 980–7 030 м, 7) 8 300–9 210 м, 8) 13 200–14 100 м (прослежено до глубины 15 км). Отклики от нефти зафиксированы также на поверхности 15 км из нижней части разреза.

При обработке фрагмента снимка в нижнем прямоугольном контуре с поверхности получены отклики от нефти, конденсата, газа, янтаря, углекислого газа, бактерий, фосфора, водорода, живой воды, осадочных пород 1–6 групп и базальтов.

Корень вулкана 1–6 групп осадочных пород определён на глубине 470 км, а из интервалов 99–218 км и 99–723 км получены отклики от 9 (мергели) и 10 (кремнистые) групп осадочных пород соответственно. Нижняя кромка базальтов зафиксирована на 99 км. Сканированием разреза с поверхности, шаг 50 см, верхняя кромка базальтов зафиксирована на глубине 450 м.

На поверхности 400 м отклики от водорода из верхней части разреза зафиксированы, а от живой воды не получены. При сканировании разреза с 400 м, шаг 10 см, отклики от водорода из базальтов начали фиксироваться с 496 м, а от живой воды – с 507 м.

Основные результаты. Проведённые исследования рекогносцировочного характера в целом подтверждают сделанные в статье [8] выводы о возможности обнаружения залежей нефти, конденсата и газа в слабо изученных районах Республики Беларусь (в глубинных горизонтах разреза в т. ч.). В обследованных прямопоисковыми методами районах целесообразно планировать и проводить поисковые работы (в т. ч. и детального характера). На территории республики обнаружены также площади, перспективные для поисков залежей водорода.

При проведении рекогносцировочных исследований на Речицком нефтяном месторождении с целью обнаружения залежей УВ в глубинных горизонтах разреза и в кристаллическом фундаменте с поверхности также зарегистрированы отклики от базальтов, водорода и живой воды. На участке расположения месторождения инструментальными измерениями максимальная глубина расположения залежей нефти оценена в 3 550 м. При обработке спутникового снимка большей площади с участком месторождения отклики от нефти фиксировались сканированием до 15 км, а также на поверхности 15 км из нижней части разреза и границе синтеза УВ на глубине 57 км. При проведении детальных исследований с использованием прямопоисковых методов участки с залежами УВ на больших глубинах могут быть локализованы. С помощью частотно-резонансной технологии обработки спутниковых и фотоснимков могут быть определены оптимальные зоны для бурения скважин на водород и живую воду. Район расположения Речицкого месторождения является достаточно благоприятным для организации бурения на природный водород и живую воду.

Результаты проведённых экспериментальных исследований на площадках добычи и бурения скважин на водород, а также на участках видимой водородной дегазации в различных регионах позволяют констатировать следующее: 1. На площадях и участках расположения базальтовых вулканов с корнями на различных глубинах практически всегда регистрируются сигналы на частотах водорода с поверхности. 2. Отклики от водорода фиксируются при сканировании разреза практически от верхних кромок базальтовых вулканов до их корней. Эта особенность позволяет предположить, что базальтовые вулканы являются своего рода каналами, по которым осуществляется активная миграция водорода в верхние горизонты разреза и дальше в атмосферу. 3. В некоторых типах базальтовых вулканов на глубине 68 км происходит синтез воды глубинной (живой). Обогащённая водородом вода является целебной и может быть использована для оздоровительных целей. Целесообразно ещё раз отметить, что все обследованные зоны и участки долгожительства на Земле расположены в пределах (контурах) базальтовых вулканов, в которых синтезированная на глубине 68 км вода мигрирует к

поверхности и используется для водоснабжения и питьевых целей. 4. Залежи водорода могут быть сформированы базальтовыми вулканами в расположенных рядом с базальтами коллекторах, перекрытых покрывками. Участок добычи водорода в Мали расположен вне контура базальтового вулкана; отклики от водорода зафиксированы на площадке расположения скважины из мергелей. На острове долгожителей Икария, а также на локальном участке обследования в Карпатах сигналы от водорода получены из доломитов. 5. Сформированные рядом с базальтовыми вулканами залежи водорода в коллекторах разного типа могут быть оперативно обнаружены и локализованы при проведении площадных поисковых работ с использованием методов частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков. 6. Заслуживает внимания проблема изучения коллекторов в кристаллических породах (в базальтах в т. ч.). Прямопоисковая технология может также быть использована для этих целей.

Заключение. Представленные материалы, а также опубликованные в [6–7] результаты экспериментальных работ в различных регионах свидетельствуют о целесообразности применения прямопоисковых методов частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков для обнаружения и локализации зон скопления водорода в районах расположения базальтовых вулканов, а также на участках водородной дегазации. Применение супероперативной и малозатратной прямопоисковой технологии позволит существенным образом ускорить геологоразведочный процесс на водород, а также снизить финансовые затраты на его проведение.

Библиографические ссылки

1. *Грибик Я. Г.* Перспективные горизонты кристаллического фундамента старых месторождений нефти Припятского прогиба [Электрон. ресурс] // VIII Кудрявцевские чтения: Всеросс. конф. по глубин. генезису нефти и газа. Москва, ЦГЭ, 19–21 окт. 2020. URL: http://conference.deepoil.ru/images/stories/docs/8KR/Theses/Gribik_Theses.pdf (дата обращения: 10.12.2021).

2. *Карпов В. А.* К проблеме «синклинальной» нефти // Недропользование XXI век. 2019. № 3. С. 186–195.

3. *Полеванов В. П.* Единственная возможность России найти крупные месторождения обычной нефти – перейти на поиски, исходя из абиогенной теории её образования [Электрон. ресурс] // Бурение и нефть. 2020. № 1. URL: <https://burneft.ru/archive/issues/2020-01/26> (дата обращения: 10.12.2021).

4. *Якимчук Н. А., Корчагин И. Н., Бахмутов В. Г., Соловьёв В. Д.* Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты // Геоинформатика. 2019. № 1. С. 5–27.

5. *Якимчук Н. А., Корчагин И. Н.* Интегральная оценка структуры некоторых вулканов и кимберлитовых трубок Земли // Геоинформатика. 2019. № 1. С. 28–38.

6. *Якимчук Н. А., Корчагин И. Н.* Прямопоисковая технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков: результаты использования для определения участков миграции газа и водорода на поверхность и в атмосферу // Геоинформатика. 2020. № 3. С. 3–28.

7. *Якимчук Н. А., Корчагин И. Н.* Прямопоисковая технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков: потенциальные возможности и перспективы использования для поисков скоплений природного водорода // Геоинформатика. 2020. № 4. С. 3–41.

8. *Якимчук Н. А., Корчагин И. Н.* Нефть и газ Республики Беларусь: перспективы приращения запасов по результатам апробации малозатратных прямопоисковых методов // Недропользование XXI век. 2020. № 5. С. 96–113.

9. *Якимчук М. А., Корчагин І. М.* Результати застосування прямопошукових геофізичних методів для виявлення і локалізації зон скупчення та міграції водню в розрізах Землі і Місяця // Допов. НАН України. 2021. № 1. С. 65–76.