

УДК 551.24+528.8+550.8

Андрей Петрович Гусев*канд. геол.-минерал. наук, доц., зав. каф. геологии и географии
Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины***Andrei Gusev***Candidate of Geological and Mineralogical Science, Associate Professor,
Head of the Department of Geology and Geography
of Francisk Skorina Gomel State University**e-mail: gusev@gsu.by***ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ)**

Статья посвящена актуальной геоэкологической задаче – разработке системы индикаторов риска современной геодинамической активности. В качестве индикаторов рассмотрены плотность космолинементов, содержание тропосферного метана, плотность теплового потока, сейсмичность, пораженность территории экзогенными геологическими процессами, газогеохимические аномалии (гелий, водород) и аномалии вертикальных современных движений земной поверхности. В качестве операционных территориальных единиц оценки предложено использовать выделы ландшафтов. Интегральная оценка геодинамического риска определялась как средний балл оценки комплекса индикаторов. Проведена оценка риска современной геодинамической активности территории восточной части Белорусского Полесья. На основе интегральной оценки установлено, что для значительной части (85,6 %) территории района характерен низкий риск современной геодинамической активности, очень низкий риск отмечен для 12,2 % территории. Средний уровень риска современной геодинамической активности обнаруживается на 2,2 % территории (в тектоническом отношении это северная ступень Припятского прогиба).

Ключевые слова: *современная геодинамическая активность, космолинементы, экзогенные геологические процессы, газогеохимические аномалии, риск.*

***Assessment of Contemporary Geodynamic Activity of the Territory
(on the Example of the South-East of Belarus)***

The article is devoted to an urgent geoecological problem – the development of a system of risk indicators of modern geodynamic activity. The density of cosmolineaments, the content of tropospheric methane, the density of heat flow, seismicity, the extent of the territory affected by exogenous geological processes, gas geochemical anomalies (helium, hydrogen) and anomalies of vertical modern movements of the earth's surface are considered as indicators. It is proposed to use landscape divisions as operational territorial assessment units. The integral assessment of geodynamic risk was determined as the average score of a set of indicators. An assessment of the risk of modern geodynamic activity in the territory of the eastern part of Belarusian Polesie was carried out. Based on the integral assessment, it was established that a significant part (85,6 %) of the region's territory is characterized by a low risk of modern geodynamic activity; a very low risk was noted for 12,2 % of the territory. An average level of risk from modern geodynamic activity is found on 2,2 % of the territory (tectonically, this is the northern step of the Pripyat trough).

Key words: *modern geodynamic activity, cosmolineaments, exogenous geological processes, gas geochemical anomalies, risk.*

Введение

Под геодинамически активными зонами понимают пространственно локализованные (как линейные, так изометричные) участки земной коры разного масштаба, в которых имеются или могут возникать условия для концентрации и разрядки тектонических напряжений, изменений деформированности земной коры. Эти зоны в значительной мере контролируют локализацию и развитие некоторых экзогенных геологических процессов, нарушение проницаемости водоупорных горизонтов, местоположение гидрогеологических окон, пространственное перераспределение техногенного загрязнения по земной поверхности; с ними связаны проявления сейсмичности, горные удары и другие негативные явления [1–3]. Имеются предположения, что аварийность технических систем также может быть связана с аномальной геодинамической активностью

земных недр [4]. К геодинамічна актыўным зонам адносяць тэктанічныя разломы, над якімі назіраюцца інтэнсіўныя лакальныя аномаліі вертыкальных і гарызантальных рухаў зямной паверхні, характэрныя высокай амплітудой (50–70 мм/год), кароткім перыядам (0,1–1 год), прастранствавай лакалізацыяй (0,1–1 км), пульсацыйным і знакопераменным характарам [5].

Змяненні флюідна-газавога рэжыма ў геодинамічна актыўных зонах адражаюцца ў ваганніях складу газаў, вільнасці і тэмпературы пачвогрунтаў, прыземнага слоя атмасферы, што можа фіксіравацца як наземнымі, так і дыстанцыйнымі даследаваннямі [6].

Выяўленне геодинамічна актыўных зон з'яўляецца актуальнай геаэкалагічнай задачай, паколькі сучасная геодинамічная актыўнасць уплывае на:

- 1) развіццё экзогенных геалагічных працэсаў;
- 2) абарону падземных водаў ад забруднення;
- 3) працэсы карозіі падземных тэхнічных сістэм;
- 4) аномальныя дэфармацыі зямной паверхні;
- 5) сейсмічнасць.

Геаэкалагічны аспект сучаснай геодинамічнай актыўнасці выражаецца ў рыску аварыяў тэхнічных сістэм, супрацьлеглых з забрудненнем кампанентаў ландшафту, ў зніжэнні устойлівасці прыродных геасістэм да тэхногенных уплываў. Такім чынам, сучасная геодинамічная актыўнасць з'яўляецца важным фактарам, які можа аказваць прамое ці косвеннае ўплыванне на геаэкалагічную сітуацыю. Рыск негатыўных наступстваў сучаснай геодинамічнай актыўнасці трэба ўлічваць пры геаэкалагічным прагназаванні.

Аднак сучасная геодинамічная актыўнасць, як правіла, рэдка разглядаецца пры геаэкалагічнай ацэнцы тэрыторыі. Аднай з метадычных праблем з'яўляюцца розніцы ў ацэньваемых тэрытарыяльных адзінках: геаэкалагічная ацэнка праводзіцца па адміністрацыйным ці ландшафтным тэрытарыяльным адзінкам, а ацэнка геодинамічнай актыўнасці – па тэктанічным структурам.

Цель даследаванняў – разробка сістэмы індэкараў рыска сучаснай геодинамічнай актыўнасці ў межах геаэкалагічнай ацэнькі тэрыторыі.

Рэшаемыя задачы: 1) аб'ясненне індэкараў сучаснай геодинамічнай актыўнасці для ўмоў слабасеймічнага рэгіёна; 2) разробка балльнай сістэмы ацэнькі індэкараў рыска сучаснай геодинамічнай актыўнасці; 3) аналіз тэматычных карт, даных дыстанцыйнага зондзіравання Зямлі; 4) ацэнка сучаснай геодинамічнай актыўнасці геасістэм усходняй часткі Беларускага Полесся.

Матэрыялы і метадыка даследаванняў

Район даследаванняў – усходняя частка Беларускага Полесся (Полескай ландшафтнай правінцыі), ахопваючая такія тэктанічныя структуры, як Прыпятскі прагіб, Воранежскую антеклізу, Жлобінскую седловіну, Брагінска-Лоеўскую седловіну і Украінскі шчыт. У межах тэрыторыі прадставлены наступныя роды прыродных ландшафтаў (згодна класіфікацыі ландшафтаў Беларусі): водналедніковыя – 35,8 % ад агульнай плошчы; озерна-аллювіяльныя – 20,7 %; аллювіяльныя тэрасаваныя – 17,3 %; пойменныя – 8,5 %; моренна-зандровыя – 8,0 %; озерна-балотныя – 7,9 %; холміста-моренна-эрозійныя – 1,0 %; вторычна-моренныя – 0,7 %.

Індэкары сучаснай геодинамічнай актыўнасці намі абіраліся ісходзячы з шэрагу крытэрыяў: 1) даступнасць баз даных; 2) наяўнасць даказанай карэляцыі з сучаснымі тэктанічнымі працэсамі; 3) прастранствены ахоп, адпаведны рэгіянальнаму і лакальнаму ўзроўням; 4) магчымасць выкарыстання ў рэгіянах

с различным уровнем сейсмичности, в т. ч. в асейсмичных. На основе этих критериев были выбраны показатели, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Индикаторы риска современной геодинамической активности (региональный уровень)

Индикатор	Риск, балл			
	Очень низкий 1	Низкий 2	Средний 3	Высокий 4
Плотность космолинеаментов, км/км ²	<X	X-X + σ	X + σ-X + 2σ	>X + 2σ
Содержание тропосферного метана (по данным съемки Sentinel-5P TROPOMI), ppb	<X	X-X + σ	X + σ-X + 2σ	>X + 2σ
Плотность теплового потока, мВт/м ²	<40	40–60	60–80	>80
Пораженность территории экзогенными геологическими процессами, %	<1	1–5	5–25	>25
Сейсмичность (риск максимальной интенсивности сейсмических сотрясений с вероятностью 10 % за 50 лет по шкале MSK-64), балл	<5,0	5,0–6,0	6,0–7,0	>7,0
Газогеохимические аномалии в почвах и подземных водах (гелий, водород, радон), аномальные вариации геофизических полей, аномалии современных вертикальных движений земной поверхности	–	–	–	+

Примечание – X – среднее значение для региона (фон); σ – стандартное отклонение.

Плотность космолинеаментов определяется на основе дешифрирования космических снимков. Применение данного показателя для оценки геодинамической активности обосновано в работах И. С. Копылова [7]. В нашей работе для расчета этого показателя использована космо тектоническая карта Беларуси [8].

Изучение тропосферного метана проводилось с помощью космической съемки спутника Sentinel-5P с сенсором TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument). Сенсор TROPOMI определяет атмосферные концентрации метана в миллиардных долях от объема (ppb). Пространственное разрешение съемки 7 × 5,5 км.

Регулярная составляющая потока метана над изучаемой территорией определялась с помощью осреднения измерений на заданном временном отрезке. В ряде работ установлена связь между потоками метана и современной геодинамической активностью [9; 10].

Для зон современной геодинамической активности характерна повышенная плотность теплового потока [11], что обуславливает использование нами этого показателя. Глобальный каталог данных находится в открытом доступе (http://www.wdcb.ru/sep/heat_flow/hf_cat_gl.ru.html).

Пораженность территории экзогенными геологическими процессами является индикатором геологического риска, обусловленного сложным взаимодействием природных и антропогенных процессов, в том числе вызванных тектонической активностью [1–3; 12]. Для оценки площадей распространения экзогенных геологических процессов (заболачивание, водная и ветровая эрозия, гравитационные процессы, суффозия) использовались топографические карты, сервис OpenStreetMap, цифровая модель высот SRTM.

Уборть, Ствига, аллювиальные террасированные ландшафты вдоль Припяти, Днепра и Березины). Для большей части территории характерна низкая (27,5 %) и очень низкая (67,3 %) плотность космолинементов.

Содержание тропосферного метана изменяется в зависимости от сезона года (зимой повышается, летом снижается). Летом 2021 г. среднее содержания метана в зависимости от выдела ландшафта изменялось от 1 744,4 до 1 881,8 (региональный фон – 1 830,2) ppb. Летом 2022 г. – от 1 813,5 до 1 874,8 (фон – 1 843,0) ppb. Летом 2023 г. – от 1 733,0 до 1 837,2 (фон – 1 793,2) ppb.

Анализ показал, что в летний период на значительной части территории (в зависимости от года наблюдения – 42,7–61,0 % площади) среднее содержание метана не превышает региональный фон.

Зимой 2022 г. среднее содержание метана колебалось от 1 879,0 до 1 904,6 (фон – 1 893,0) ppb. Осенью 2022 г. – от 1 849,8 до 1 927,8 (1 874,0) ppb. Зимой 2023 г. – от 1 865,7 до 1 911,8 (1 882,7) ppb.

Было установлено, что в зимне-осенний период региональный фон может превышать почти на 90 % площади. Однако аномальное содержание тропосферного метана, превышающее фон более чем на величину стандартного отклонения, отмечалось только на 3,4 % территории (озерно-болотные ландшафты).

Повышенная плотность теплового потока (60–70 мВт/м²) отмечается на 10,3 % площади (выдела ландшафтов, приуроченные к северной ступени Припятского прогиба).

Плотность теплового потока ниже 40 мВт/м² характерна для 26,3 % территории. Для большей части территории (63,4 %) величина плотности теплового потока находится в интервале 40–60 мВт/м².

Сейсмичность оценивалась на основе анализа сейсмотектонической карты запада Белорусско-Прибалтийского региона [15].

Наиболее высокая сейсмичность (6–7 баллов по шкале MSK-64) характерна для 13,6 % территории (ландшафты, прилегающие к рекам Днепр и Березина; зона сочленения Припятского прогиба и Воронежской антеклизы).

Наименьшая сейсмичность (4–5 баллов по шкале MSK-64) отмечается для окраинных частей региона (12,2 % площади). Основная территория (74,2 %) имеет сейсмичность 5–6 баллов.

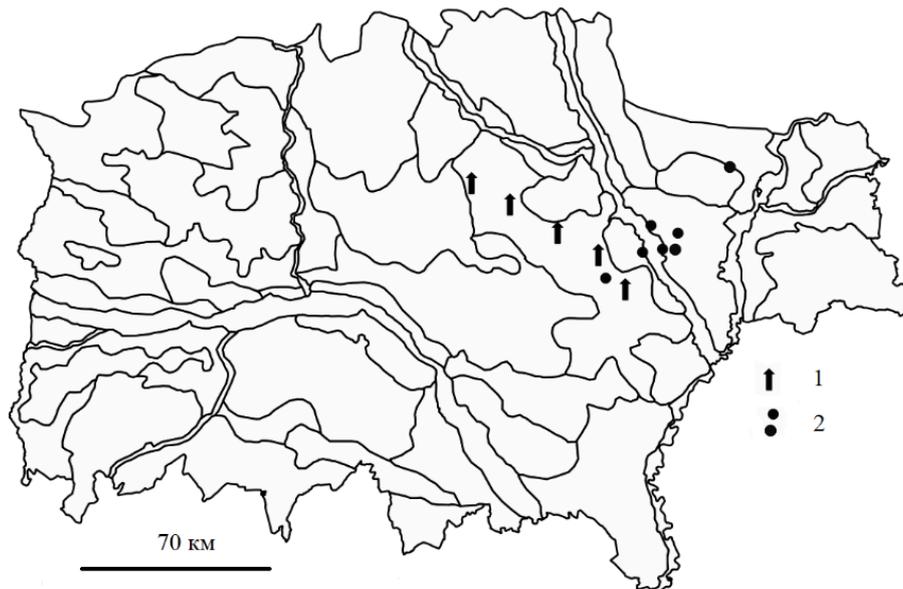
Пораженность экзогенными геологическими процессами в зависимости от выдела ландшафта изменяется от 0,2 до 63,0 %.

В целом в регионе экзогенным геологическим процессам подвержено 4,4 % территории.

Среди отмеченных процессов по площади преобладают заболачивание (86,0 % от всей площади, пораженной экзогенными процессами) и ветровая эрозия (на ветро-эрозионные формы рельефа приходится 9,1 %). Пораженность в пределах 5–25% общей площади характерна для 21,2 %, более 25 % – 1,5 % территории. Пораженность менее 1 % – 18,2 % площади.

Газогеохимические аномалии и аномалии современных вертикальных движений земной поверхности наблюдались в разные годы на 10,3 % площади региона в четырех ландшафтных выделах (рисунок 1).

Наблюдениями за современными тектоническими движениями (повторные нивелирования, светодальномерные и гравиметрические измерения), которые проводились в 1980–1990-х гг. на участке Речицко-Вишанского разлома (северная ступень Припятского прогиба), установлены аномальные деформации, локальные высокоамплитудные движения пикообразной формы (50–70 мм/год), колебания силы тяжести до 100–200 мкГал [5].



1 – аномаліі вертыкальных рухаў зямной паверхні;
2 – газогеохімічныя аномаліі (гелій, вадарод)

Рисунік 1 – Газогеохімічныя аномаліі і аномаліі вертыкальных рухаў зямной паверхні

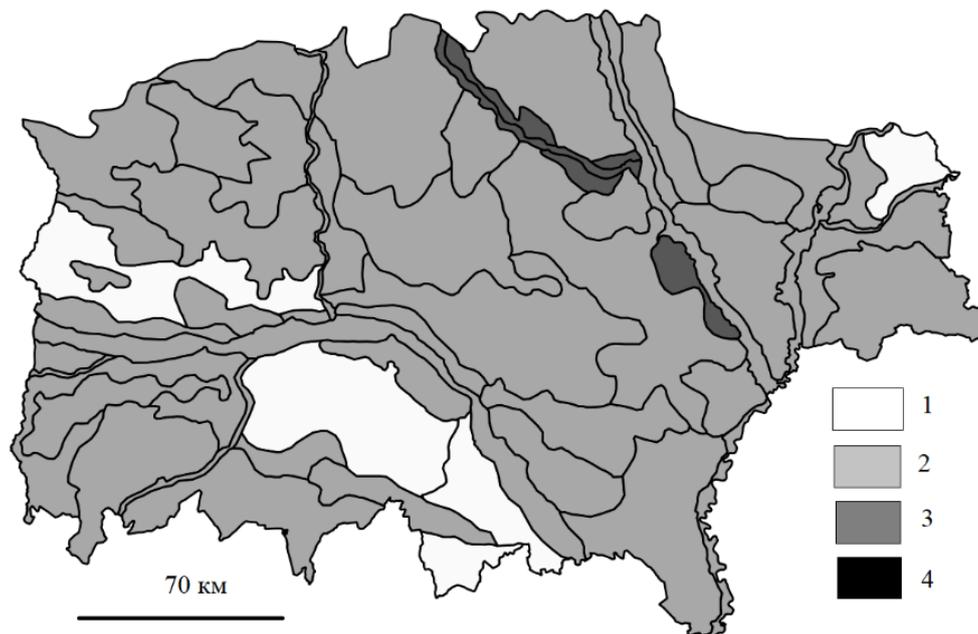
Былі обнаружены устойчиво фиксируемые газогеохимические аномалии гелия и водорода, приуроченные к участкам активных разломов северной ступени Припятского прогиба и Гомельской структурной перемычки. Так, в районе населенного пункта Костюковка (Гомельская структурная перемычка) в колодцах была обнаружена повышенная минерализация грунтовых вод ($1-2 \text{ г/м}^3$, при фоновых значениях $0,3-0,6 \text{ г/дм}^3$), установлены аномально высокие содержания водорастворенного гелия в напорных подземных водах, выявлена аномалия подпочвенного водорода ($15,5-37,0 \cdot 10^{-4} \text{ об.}\%$ при фоновой концентрации $0,5-1 \cdot 10^{-4} \text{ об.}\%$). Эта газогеохимическая аномалия расположена в зоне пересечения субрегиональных Гомельского и Западно-Ченковского, локального Костюковского разломов.

На участке Александровского субрегионального разлома (северная ступень Припятского прогиба) содержание гелия в грунтовых водах увеличивается до $7-40 \cdot 10^{-5} \text{ мл/л}$ (фоновое содержание $5,5-7,0 \cdot 10^{-5} \text{ мл/л}$), в неглубоких напорных – до $50-100 \cdot 10^{-5} \text{ мл/л}$. В колодцах деревни Остров концентрация гелия составила $40 \cdot 10^{-5} \text{ мл/л}$, в напорных водах – $1950 \cdot 10^{-5} \text{ мл/л}$ [16]. Содержание водорода в подпочвенном воздухе здесь колебалось в пределах $8,0-15,2 \cdot 10^{-4}$, среднее – $11,9 \cdot 10^{-4} \text{ об.}\%$.

Гелиевые аномалии соответствуют разрывным нарушениям, литологическим окнам и приуроченным к ним участкам межпластовых перетоков подземных вод. Схожий механизм формирования, обусловленный глубинным флюидопереносом, имеют водородные аномалии, регистрируемые в подпочвенном воздухе. Пространственно совпадающие гелиевые и водородные аномалии – важный признак геодинамически активных зон [17].

Интегральная оценка показывает, что для значительной части (85,6 %) территории региона характерен низкий риск современной геодинамической активности, очень низкий риск отмечается для 12,2 % территории. Средний уровень риска современной геодинамической активности обнаруживается на 2,2 % территории (в тектоническом отношении это северная ступень Припятского прогиба). Высокий уровень риска для

рассматриваемых геосистем нехарактерен. Пространственная структура интегральной оценки показана на рисунке 2.



1 – очень низкий; 2 – низкий; 3 – средний; 4 – высокий

Рисунок 2 – Интегральная оценка риска современной геодинамической активности для территории восточной часть Белорусского Полесья

Заключение

Таким образом, предложена система индикаторов для оценки риска современной геодинамической активности территории слабосейсмичного региона в рамках геоэкологических исследований. В качестве индикаторов рассмотрены плотность космолинементов, содержание тропосферного метана, плотность теплового потока, сейсмичность, пораженность территории экзогенными геологическими процессами, газогеохимические аномалии и аномалии вертикальных современных движений земной поверхности. В качестве операционных территориальных единиц оценки предложено использовать выделы ландшафтов. Выбор такой территориальной единицы обусловлен ее широким использованием при геоэкологическом анализе, оценке и прогнозировании.

В ходе исследований установлено, что высокая плотность космолинементов отмечается на 1,9 % территории (пойма реки Птичь и озерно-болотный ландшафт правобережье реки Припять), средняя плотность – 3,3 % территории (поймы рек Березина, Уборть, Ствига, аллювиальные террасированные ландшафты вдоль Припяти, Днепра и Березины). Для большей части территории характерна низкая (27,5 %) и очень низкая (67,3 %) плотность космолинементов.

Содержание тропосферного метана в летний период на значительной части территории (в зависимости от года наблюдения – 42,7–61,0 % площади) среднее содержание метана не превышает региональный фон. В зимне-осенний период региональный фон может превышать почти на 90 % площади.

Повышенная плотность теплового потока (60–70 мВт/м²) отмечается на 10,3 % площади (выделы ландшафтов, приуроченные к северной ступени Припятского прогиба). Плотность теплового потока ниже 40 мВт/м² характерна для 26,3 % территории.

Для большей части территории (63,4 %) величина плотности теплового потока находится в интервале 40–60 мВт/м².

Наиболее высокая сейсмичность (6–7 баллов) характерна для 13,6 % территории (ландшафты, прилегающие к рекам Днепр и Березина; зона сочленения Припятского прогиба и Воронежской антеклизы). Основная территория (74,2 %) имеет сейсмичность 5–6 баллов.

Пораженность экзогенными геологическими процессами в зависимости от выдела ландшафта изменяется от 0,2 до 63,0 %. Пораженность территории 5–25 % характерна для 21,2 % площади, более 25 % – для 1,5 %, менее 1 % – для 18,2 % площади.

Газогеохимические аномалии и аномалии современных вертикальных движений земной поверхности наблюдались в разные годы на 10,3 % площади региона в четырех ландшафтных выделах.

На основе интегральной оценки установлено, что для значительной части (85,6 %) территории района характерен низкий риск современной геодинамической активности, очень низкий риск отмечен для 12,2 % территории. Средний уровень риска современной геодинамической активности обнаруживается на 2,2 % территории. Высокий уровень риска для рассматриваемых геосистем нехарактерен.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Современные геодинамически активные зоны платформ / В. И. Макаров [и др.] // Геоэкология. Инженер. геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2007. – № 2. – С. 99–110.
2. Матвеев, А. В. Классификация природных и природно-антропогенных опасностей литосферного класса на территории Беларуси / А. В. Матвеев // Літасфера. – 2017. – № 1 (46). – С. 98–106.
3. Лобацкая, Р. М. Разломы литосферы и чрезвычайные ситуации / Р. М. Лобацкая, Г. Л. Кофф. – М. : Изд-во РЭФИА, 1997. – 196 с.
4. Касьянова, Н. А. Экологические риски и геодинамика / Н. А. Касьянова. – М. : Науч. мир, 2003. – 332 с.
5. Кузьмин, Ю. О. Современная геодинамика опасных разломов / Ю. О. Кузьмин // Физика Земли. – 2016. – № 5. – С. 87–101.
6. Бондур, В. Г. Физическая природа линеаментов, регистрируемых на космических изображениях при мониторинге сейсмоопасных территорий / В. Г. Бондур, А. Т. Зверев // Соврем. проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса. – 2006. – Т. 2, № 3. – С. 177–183.
7. Копылов, И. С. Морфонеотектоническая система оценки геодинамической активности / И. С. Копылов. – Пермь : ПГНИУ, 2019. – 131 с.
8. Космотектоническая карта Беларуси масштаба 1 : 500 000: создание и результаты / Р. Г. Гарецкий [и др.] // Літасфера. – 2013. – № 1 (38). – С. 3–29.
9. Гусев, А. П. Потоки метана в тропосфере как индикатор современной геодинамической активности (на примере юго-востока Беларуси) / А. П. Гусев // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2023. – № 2. – С. 90–99.
10. Гусев, А. П. Потоки метана в тропосфере: геологические и антропогенные источники (по данным Sentinel-5P TROPOMI) / А. П. Гусев // Регион. геосистемы. – 2023. – Т. 47, № 4. – С. 580–592.
11. Хуторской, М. Д. Геотермические модели геодинамических обстановок разного типа / М. Д. Хуторской, Б. Г. Поляк // Геотектоника. – 2014. – № 1. – С. 77–96.
12. Матвеев, А. В. Современные геологические процессы на территории восточной части Белорусского Полесья / А. В. Матвеев // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2020. – Т. 64, № 2. – С. 217–224.

13. Трифонов, В. Г. Проблемы изучения активных разломов / В. Г. Трифонов, А. И. Кожурин // Геотектоника. – 2010. – № 6. – С. 79–98.
14. Свалова, В. Б. «Горячие пятна» геозкологического риска и проблемы территориального планирования / В. Б. Свалова // Изв. высш. учеб. заведений. Геология и разведка. – 2022. – Т. 64, № 3. – С. 19–34.
15. Сейсмоструктура Беларуси и Прибалтики / Р. Е. Айзберг [и др.] // Літасфера. – 1997. – № 7. – С. 5–18.
16. Результаты водногелиевых исследований на северо-востоке Припятского прогиба и сопредельной территории / А. М. Гумен [и др.] // Поиски и освоение нефтяных ресурсов Республики Беларусь : сб. науч. тр. – Гомель : БелНИПИнефть, 1997. – Вып. 2. – С. 64–69.
17. Гумен, А. М. Газогеохимические индикаторы геодинамической активности глубинных разломов на юго-востоке Беларуси / А. М. Гумен, А. П. Гусев // Літасфера. – 1997. – № 6. – С. 140–149.

REFERENCES

1. Sovriemiennye geodinamicheski aktivnyje zony platform / V. I. Makarov [i dr.] // Geoekologija. Inzhenier. geologija. Hidrogeologija. Geokriologija. – 2007. – № 2. – S. 99–110.
2. Matviejev, A. V. Klassifikacija prirodnykh i prirodno-antropogiennykh opasnostiej litosfiernogo klassa na tierritorii Bielarusi / A. V. Matviejev // Litasfiera. – 2017. – № 1 (46). – S. 98–106.
3. Lobackaja, R. M. Razlomy litosfiery i chriezvyčajnyje situacii / R. M. Lobackaja, G. L. Koff. – M. : Izd-vo REFIA, 1997. – 196 s.
4. Kas'janova, N. A. Ekologichieskije riski i geodinamika / N. A. Kas'janova. – M. : Nauch. mir, 2003. – 332 s.
5. Kuz'min, Yu. O. Sovriemiennaja geodinamika opasnykh razlomov / Yu. O. Kuz'min // Fizika Ziemli. – 2016. – № 5. – S. 87–101.
6. Bondur, V. G. Fizichieskaja priroda lineamentov, riegistrirujemykh na kosmichieskikh izobrazhenijakh pri monitoringie siejsmoopasnykh tierritorij / V. G. Bondur, A. T. Zvieriev // Sovriem. problimy distanc. zondirovanija Ziemli iz kosmosa. – 2006. – Т. 2, № 3. – S. 177–183.
7. Kopylov, I. S. Morfonieotiektonichieskaja sistiema ocenki geodinamichieskoj aktivnosti / I. S. Kopylov. – Pierm' : PGNIU, 2019. – 131 s.
8. Kosmotiektonichieskaja karta Bielarusi masshtaba 1 : 500000: sozdanije i riezul'taty / R. G. Gariεκij [i dr.] // Litasfiera. – 2013. – № 1 (38). – S. 3–29.
9. Gusiev, A. P. Potoki mietana v troposfierie kak indikator sovriemiennoj geodinamichieskoj aktivnosti (na primierie jugo-vostoka Bielarusi) / A. P. Gusiev // Viesn. Bresc. un-ta. Sier. 5, Bijalohija. Navuki ab ziamli. – 2023. – № 2. – S. 90–99.
10. Gusiev, A. P. Potoki mietana v troposfierie: geologichieskije i antropogiennyje istochniki (po dannym Sentinel-5P TROPOMI) / A. P. Gusiev // Riegion. geosistemy. – 2023. – Т. 47, № 4. – S. 580–592.
11. Khutorskoj, M. D. Geotiermichieskije modeli geodinamichieskikh obstanovok raznogo tipa / M. D. Khutorskoj, B. G. Poliak // Geotiektonika. – 2014. – № 1. – S. 77–96.
12. Matviejev, A. V. Sovriemiennye geologichieskije processy na tierritorii vostochnoy chasti Bieloruskogo Polies'ja / A. V. Matviejev // Dokl. Nac. akad. nauk Bielarusi. – 2020. – Т. 64, № 2. – S. 217–224.
13. Trifonov, V. G. Problemy izuchienija aktivnykh razlomov / V. G. Trifonov, A. I. Kozhurin // Geotiektonika. – 2010. – № 6. – S. 79–98.

14. Svalova, V. B. «Goriachije piatna» gieoekologichieskogo riska i problimy territorial'nogo planirovanija / V. B. Svalova // *Izv. vyssh. uchieb. zaviedienij. Gieologija i razviedka.* – 2022. – Т. 64, № 3. – S. 19–34.
15. Siejsmotiektonika Bielarusi i Pribaltiki / R. Ye. Ajzbiereg [i dr.] // *Litasfiera.* – 1997. – № 7. – S. 5–18.
16. Riezul'taty vodnogieliyevykh issliedovaniy na sieviero-vostokie Pripiatskogo progiba i sopriediel'noj tierritorii / A. M. Gumen [i dr.] // *Poiski i osvojenije neftianyx riesursov Riespubliki Bielarus'* : sb. nauch. tr. – Gomiel' : BielNIPInieft', 1997. – Vyp. 2. – S. 64–69.
17. Gumen, A. M. Gazogieokhimichieskije indikatory gieodinamichieskoj aktivnosti glubinnykh razlomov na jugo-vostokie Bielarusi / A. M. Gumen, A. P. Gusiev // *Litasfiera.* – 1997. – № 6. – S. 140–149.

Рукапіс наступіў у рэдакцыю 13.02.2024