



<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-1-35-44>
УДК 504.5+551.24



ИНДИКАТОРЫ АКТИВНЫХ РАЗЛОМОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОМЕЛЬСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ПЕРЕМЫЧКИ)

А.П. ГУСЕВ

УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»
104, ул. Советская, г. Гомель 246028, Республика Беларусь

АННОТАЦИЯ

Введение. Современная геодинамическая активность проявляется в разломных зонах асейсмичных регионов в колебаниях флюидо-газового режима, что определяет важность газогеохимических индикаторов.

Цель. Диагностика современной геодинамической активности разломных зон Гомельской структурной перемычки на основе комплекса индикаторов (мощность четвертичных отложений, рельеф, гидрографическая сеть, аномалии водорода и метана).

Материалы и методы. Исследования современной активности разломных зон проводились индикационным и геохимическим методами (изучение подпочвенных газов и содержания метана в тропосфере).

Результаты. Изучена взаимосвязь разломных зон с особенностями морфолитоогенной основы ландшафтов. По аномальной мощности четвертичных и размытости палеогеновых отложений обнаружены ледниковые ложбины, контролируемые зонами разломов (в северной и юго-западной частях Гомельской структурной перемычки). Зафиксированы газогеохимические аномалии в подпочвенном воздухе и подземных водах. Наземным газогеохимическим аномалиям соответствуют повышенные концентрации тропосферного метана.

Заключение. Газовые аномалии указывают на различную степень современной активности разломных зон. Наибольшая геодинамическая активность характерна для северной части Гомельской структурной перемычки.

Ключевые слова: активный разлом, геодинамическая активность, индикаторы, подпочвенный водород, тропосферный метан, Гомельская структурная перемычка

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Гусев А.П. Индикаторы активных разломов (на примере Гомельской структурной перемычки). *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2024;66(1):35—44. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-1-35-44>

Статья поступила в редакцию 14.11.23

Принята к публикации 15.01.2024

Опубликована 29.04.2024

INDICATORS OF ACTIVE FAULTS ON THE EXAMPLE OF GOMEL STRUCTURAL BRIDGE

ANDREY P. GUSEV

*Francisk Skorina Gomel State University
104, str. Sovetskaya, Gomel 246028, Republic of Belarus*

ABSTRACT

Introduction. Modern geodynamic activity manifests itself in fault zones of aseismic regions as fluctuations in the fluid-gas regime, which determines the importance of gas geochemical indicators.

Aim. Diagnostics of the modern geodynamic activity of fault zones in the Gomel Structural Bridge based on a set of indicators (thickness of Quaternary deposits, relief, hydrographic network, hydrogen and methane anomalies)/

Materials and methods. Studies of the modern activity of fault zones were carried out by indication and geochemical methods (study of subsoil gases and methane content in the troposphere).

Results. The relationship between fault zones and the morpholithogenic basis of landscapes was studied. Based on the anomalous thickness of Quaternary deposits and erosion of Paleogene deposits, glacial troughs controlled by fault zones were discovered (in the northern and southwestern parts of the Gomel Structural Bridge). Gas-geochemical anomalies were recorded in the subsurface air and groundwater. The ground gas geochemical anomalies correspond to increased concentrations of tropospheric methane.

Conclusion. Gas anomalies indicate a different degree of modern activity of fault zones. The greatest geodynamic activity is typical of the northern part of the Gomel Structural Bridge.

Keywords: active fault, geodynamic activity, indicators, subsoil hydrogen, tropospheric methane, Gomel Structural Bridge

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Gusev A.P. Indicators of active faults on the example of Gomel structural bridge. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2024;66(1):35—44. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2024-66-1-35-44>

Manuscript received 14 November 2023

Accepted 15 January 2024

Published 29 April 2024

Для геологических условий Беларуси принято под активными разломами (или флексурно-разломными зонами) понимать линейно вытянутые пликативно-дизъюнктивные малоамплитудные нарушения, которые проявляются на неотектонической стадии и выражены в строении фундамента и осадочного чехла комплексом признаков: смещения и флексурные изгибы слоев, повышенная трещиноватость и проницаемость земной коры, геохимические и геофизические аномалии, особенности рельефа и гидрографической сети, сейсмичность, аномалии современных движений земной коры и т.д. [2].

Инструментально установлено, что к зонам активных разломов приурочены интенсивные локальные аномалии вертикальных и горизонтальных движений земной поверхности. Эти аномальные движе-

ния характеризуются высокой амплитудой (50—70 мм/год), коротким периодом (0,1—1,0 года), пространственной локализацией (0,1—1 км), пульсационным и знакопеременным характером (суперинтенсивные деформации земной поверхности). При этом пространственно-временные характеристики суперинтенсивных деформаций идентичны как для сейсмоактивных, так и для асейсмичных регионов, например для Беларуси. Более того, интенсивность деформационного процесса в разломах асейсмичных регионов даже выше, чем в сейсмоактивных [7, 11].

Исследования на территории Припятского прогиба (юг Беларуси) показали, что даже в пределах одной разломной зоны пространственное распределение деформаций крайне неоднородно, имеет дискретный характер.

Предполагается, что аномальные деформационные процессы в зонах разломов, происходящие в обстановке квазистатических региональных полей напряжений, обусловлены флуктуациями параметров среды внутри самих разломов (т.е. разломная зона — параметрически возбудимая активная среда, нелинейный усилитель деформаций по [7, 11]).

Отмечена высокая динамичность систем линеаментов, выделяемых по космическим снимкам. Предполагается, что облик космолинеаментов является генерализованным отражением на земной поверхности как деформаций, так и флюидно-газового режима приповерхностной части земной коры [1]. Линеаменты — это зоны (каналы) повышенной проницаемости, которые служат проводящими путями флюидов. Изменения флюидно-газового режима отражаются в колебаниях состава газов, влажности и температуры почвогрунтов, приземного слоя атмосферы, отчасти растительности. Это, в свою очередь, вызывает изменения спектральных характеристик земной поверхности и атмосферы. Интегральный эффект указанных изменений приводит к изменению текстур космического изображения, которые могут распознаваться методами автоматизированной обработки. Таким образом, физическая природа космолинеаментов основана на флюидно-газовом режиме в ослабленных и высокопроницаемых зонах земной коры [1].

Поскольку параметрические изменения в зоне активного разлома обусловлены динамикой флюидно-газового режима, то ведущую роль будут играть индикаторы, отражающие процессы флюидопереноса и влияющие на спектральные свойства земной поверхности или атмосферы, то есть газы. Такие индикаторы могут быть получены на основе современных систем дистанционного зондирования Земли.

Актуальность изучения активных разломов обусловлена их геоэкологической опасностью, проявляемой в возможном влиянии на технические системы, на развитие инженерно-геологических процессов, на устойчивость геологической среды к техногенным воздействиям [8]. Важность исследования современной геодинамической активности Гомельской структурной перемычки определяется тем, что на ее территории располагается второй по величине город Беларуси и крупный промышленный центр — Гомель.

Цель исследований — диагностика современной геодинамической активности разломных зон на основе комплекса индикаторов (на примере разломов Гомельской структурной перемычки).

Решаемые задачи: изучение пространственной структуры морфолитогенной основы ландшафтов, гидрографической сети и болот в связи с разломной тектоникой; анализ влияния разломных зон на особенности залегания кайнозойских отложений; выявление активных разломов по газогеохимическим индикаторам (водород в почвенном газе, метан в тропосфере).

Район и методика исследований

Гомельская структурная перемычка — это тектоническая структура, соединяющая Воронежскую антеклизу с Припятским прогибом и Брагинско-Лоевской седловиной и расположенная на юго-востоке Беларуси (рис. 1).

Юго-западной границей Гомельской структурной перемычки является Северо-Припятский суперрегиональный разлом (мантийного заложения), северо-западной границей — Малиновско-Глазовский региональный разлом, восточной границей — Гомельский субрегиональный разлом, южной границей — Верхнеднепровский региональный разлом [3]. В средней части перемычку пересекает Тетеревский суперрегиональный разлом. Частично по границе, частично в пределах перемычки проходит Первомайский суперрегиональный разлом (рис. 2).

По данным сейсмических исследований, гравиразведки и бурения скважин в пределах перемычки по поверхности кристаллического фундамента выделены три структурные зоны: западная мелкоблоковая, южная среднеблоковая и восточная крупноблоковая — Ченковский блок [3]. В западной структурной зоне поверхность фундамента находится на глубине от -0,9 до 1,4 км. Фундамент здесь разбит локальными разрывными нарушениями на мелкие блоки (Урицкий, Рандовский, Западно-Гомельский, Сосновский, Приборский и другие). Южная структурная зона включает Бобовичский и Терешковичский блоки. Поверхность фундамента моноκлиально погружается с северо-востока на юго-запад от -1,0 до -1,5 км. Восточная структурная зона (Ченковский блок) ограничена Западно-Ченковским и Гомельским разломами. В северной части поверхность фундамента находится на глубинах от -0,7 до 1,2 км; в южной части — от -0,7 до -1,0 км [3].

Исследования современной активности разломных зон проводились ландшафтно-индикационным и газогеохимическими методами.

Ландшафтно-индикационный метод использует характеристики ландшафтов как индикаторы строения и геодинамической активности разломов

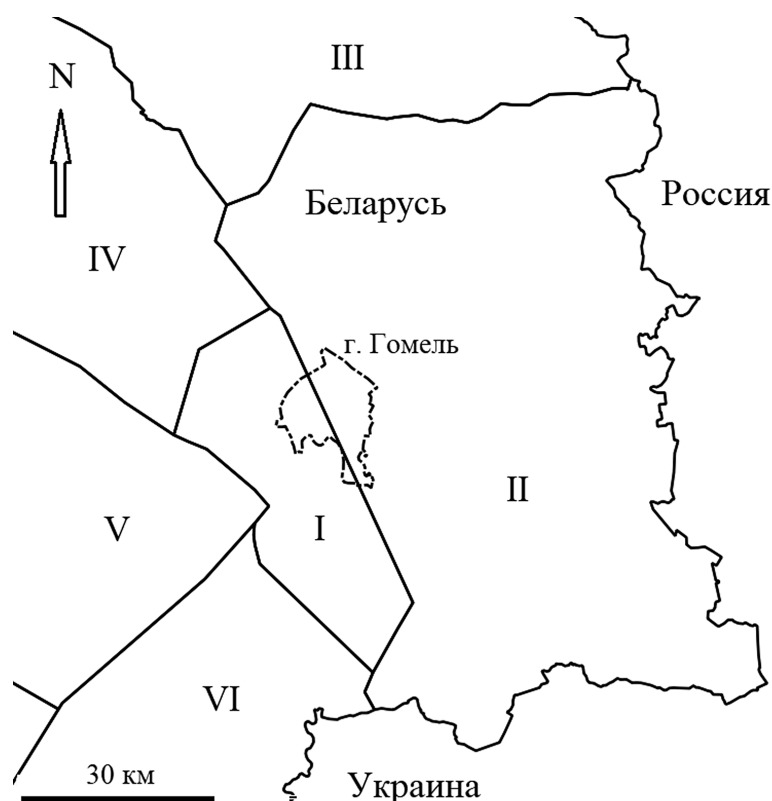


Рис. 1. Тектонические структуры юго-востока Беларуси: I — Гомельская структурная перемычка; II — Воронежская антеклиз; III — Жлобинская седловина; IV — Северо-Припятское плечо; V — северная ступень Припятского грабена; VI — Брагинско-Лоевская седловина

Fig. 1. Tectonic structures of southeast Belarus: I — Gomel structural bridge; II — Voronezh anteclise; III — Zhlobin saddleback; IV — North Pripyat shoulder; V — northern step of the Pripyat graben; VI — Bragin-Loev saddleback

земной коры [4]. Для выявления ландшафтных индикаторов использовались цифровая модель рельефа SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), топографическая карта (1975—1980 гг., масштаб 1:100 000), военно-топографическая карта Российской империи (1846—1863 гг., масштаб 3 версты в 1 дюйме), карта четвертичных отложений (масштаб 1:200 000), снимки спутника Landsat 8.

Геологическое строение Гомельской структурной перемычки было уточнено на основе анализа 30 буровых скважин.

Изучение содержания водорода в почвенном газе проводилось путем отбора проб из шпуров 0,5—1 м и последующего измерения в лаборатории с помощью водородного газоанализатора на основе Si-SiO₂-Па структуры с предельной чувствительностью 10⁻⁶ об.% [10].

Изучение тропосферного метана проводилось с помощью космической съемки спутника Sentinel-5P с сенсором TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument). Сенсор TROPOMI определяет атмосферные концентрации (общее

содержание в вертикальном столбе тропосферы) метана. Измерения ведутся ежедневно с октября 2017 г. Пространственное разрешение 7×5,5 км. Величина случайной ошибки определения метана составляет не более 1%. Архивированный продукт съемки TROPOMI содержит значения концентрации сухого метана в толще атмосферы в миллиардных долях от объема (ppb). Регулярная составляющая потока метана определялась с помощью осреднения измерений на заданном временном отрезке. Определены концентрации метана на временных срезах: лето 2021 г.; зима 2022 г.; лето 2022 г.; осень 2022 г.; зима 2023 г.

Для обработки данных Sentinel-5P TROPOMI, Landsat 8, оцифровки топографических карт, карты четвертичных отложений, создания цифровой модели мощностей четвертичных отложений, построения картосхем использовалась геоинформационная система QGIS.

Результаты и их обсуждение

Границы Гомельской перемычки частично отражаются в морфолитогенной основе ландшафтов.

Так, на северо-восточной окраине перемычки (населенный пункт Костюковка) отметки земной поверхности снижаются со 140—145 до 130—135 м; на границе с Припятским прогибом (западная окраина) — со 130—135 до 120—130 м; на границе с Гремячским выступом Воронежской антеклизы — со 140—150 до 130—140 м. Границы Гомельской перемычки также индицируются гидрографической сетью: граница с Северо-Припятским плечом — малая река Беличанка; граница с Припятским прогибом — река Уза; граница с Брагинско-Лоевской седловиной — река Сож.

Ландшафтный анализ территории показал, что переходный характер Гомельской перемычки отражается в смене ландшафтов. Северо-восточная окраина — переход от моренно-зандрового ландшафта (Воронежская антеклиза) к водно-ледниковому (перемычка); юго-восточная окраина — переход от водно-ледникового ландшафта (Воронежская антеклиза) к аллювиальному террасированному (перемычка). Ландшафтная структура Гомельской перемычки имеет вид: водно-ледниковый ландшафт — 28,5%; моренно-зандровый ландшафт — 4,2%; аллювиальный террасированный ландшафт — 50,0%; пойменный ландшафт — 17,3%. В сопредельной части Воронежской антеклизы доминирует водно-ледниковый ландшафт (более 60% территории), а в сопредельной части Припятского прогиба — аллювиальный террасированный и озерно-аллювиальный ландшафты (более 80%).

Современная речная сеть и болота в значительной степени трансформированы деятельностью человека. На изучаемой территории все малые реки канализированы, а болотные массивы осушены при проведении осушительной мелиорации. Техногенные преобразования являются помехой для использования речной сети и болот как индикаторов активности разломных зон. Нами предлагается использовать речную сеть и болота в их домелиоративном состоянии — на основе карт XIX века. Наиболее пригодным картографическим материалом является военно-топографическая карта Российской империи (1846—1863 гг., 3 версты в 1 дюйме). Домелиоративная ситуация, полученная на основе данной карты, показана на рисунке 3. Видно, что массивы болот приурочены к северному углу Гомельской перемычки, отделяя ее от Буда-Кошелевской ступени Северо-Припятского плеча. Болота протягиваются вдоль Северо-Припятского суперрегионального разлома в пределах Припятского грабена. Однако взаимосвязь речной сети с разломами

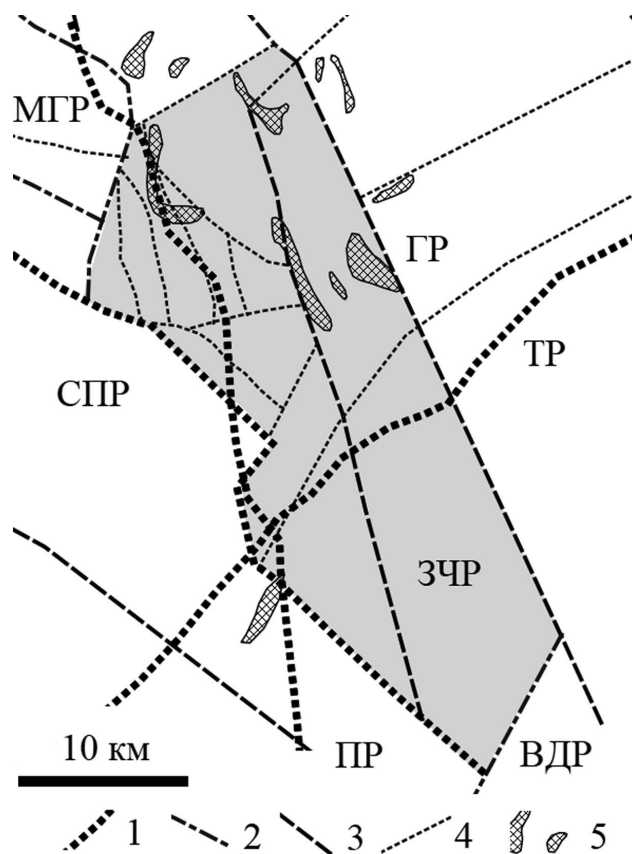


Рис. 2. Разломы Гомельской структурной перемычки: СПР — Северо-Припятский; МГР — Малиновско-Глазовский; ГР — Гомельский; ЗЧР — Западно-Ченковский; ТР — Тетеревский; ПР — Первомайский; ВДР — Верхнеднепровский; 1 — суперрегиональные разломы; 2 — региональные разломы; 3 — субрегиональные разломы; 4 — локальные разломы; 5 — ареалы с отсутствием палеогеновых отложений.

Fig. 2. Faults of the Gomel structural bridge: СПР — North Pripjat; МГР — Malinovsko-Glazovsky; ГР — Gomel; ЗЧР — Zapadno-Chenkovsky; ТР — Teterevsky; ПР — Pervomaisky; ВДР — Verkhnedneprovsky; 1 — super-regional faults; 2 — regional faults; 3 — subregional faults; 4 — local faults; 5 — areas with the absence of Paleogene deposits.

на изученной территории имеет неоднозначный характер.

Изучение литогенной основы ландшафтов — четвертичных отложений показало, что их мощность колеблется от 3 до 84 м, в среднем составляя $23,4 \pm 2,4$ м. Цифровая модель мощностей четвертичных отложений, построенная по данным буровых скважин, демонстрирует два аномальных участка (рис. 4). На участке Западно-Ченковского разлома мощность четвертичных отложений резко увеличивается за счет пород межледникового муравинского горизонта (мощность — 28 м) и толщи

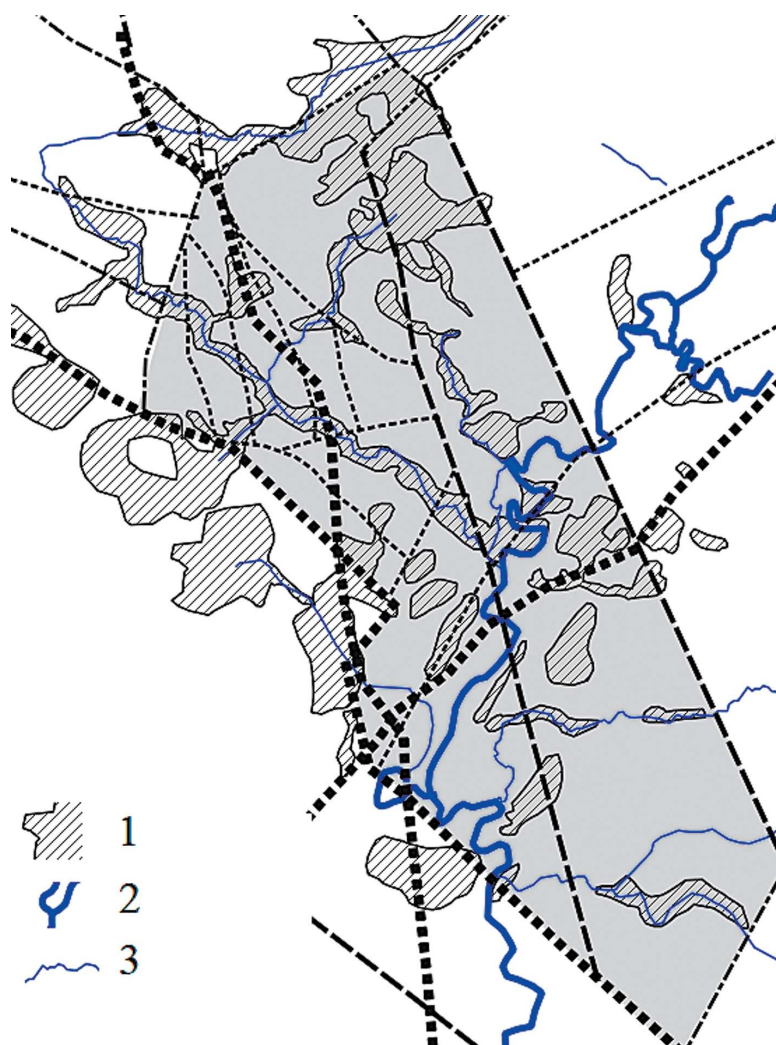


Рис. 3. Болота и гидрографическая сеть в пределах Гомельской структурной перемычки и соседних территорий (середина XIX века): 1 — болота и заболоченные земли; 2 — река Сож; 3 — малые реки
Fig. 3. Swamps and hydrographic network within the Gomel structural bridge and neighboring territories (mid-19th century): 1 — swamps and wetlands; 2 — Sozh River; 3 — small rivers

нерасчлененных отложений, образовавшихся между днепровским этапом припятского оледенения и березинским оледенением (мощность — более 41 м). При этом мощность днепровской морены снижается (до 10 м). Вероятно, здесь находится эрозионный врез, где в муравинское межледниковье накопилась толща озерно-аллювиальных и болотных осадков. В современное время (до осушительной мелиорации) здесь также существовал болотный массив («Кобылянское болото»). Образование эрозионного вреза может быть связано с неотектонической активностью Гомельского и Западно-Ченковского разломов на северном участке Гомельской перемычки.

Второй участок с аномально большой мощностью четвертичных отложений примыкает к Гомельской

перемычке со стороны северной ступени Припятского грабена. Скважина, расположенная в районе деревни Старые Дятловичи, вскрыла четвертичный чехол, имеющий мощность 143,2 м. С поверхности залегают аллювиальные отложения поозерского горизонта (25,3 м), под которыми находится нерасчлененная толща, образовавшаяся между днепровским этапом припятского оледенения и березинским оледенением (мощность — 117,9 м). Под четвертичными отложениями сразу залегают породы юрской системы.

Кроме того, в ложбинах, тяготеющих к ряду разломов, имеет место размыв палеогеновых отложений (рис. 1), которые на территории Гомельской структурной перемычки и сопредельных тектонических структур залегают почти

повсеместно под четвертичным чехлом. Морские палеогеновые отложения характеризуются средней мощностью от 22,7 м в пределах Воронежской антеклизы до 40,0 м в пределах Гомельской структурной перемычки.

Можно предположить, что участки с аномальной мощностью четвертичного чехла и размытым палеогеном представляют собой ледниковые ложбины, контролируемые зонами разломов. Известно, что активизация разломных зон под действием ледниковой нагрузки способствовала образованию трещин в теле ледника и оказывала влияние на расположение водно-ледниковых форм. В результате по простиранию разломных зон могли образовываться линейные системы ледниковых ложбин и озер [9]. Особенности разреза здесь являются (кроме аномальной мощности): доминирование песчаного состава и отсутствие (или небольшая мощность) днепровской морены (т.е. факторы, способствующие снижению защищенности подземных вод).

Активный характер ряда участков разломных зон разного ранга подтверждается газогеохимическими исследованиями. В колодцах населенного пункта Костюковка обнаружена повышенная минерализация (1—2 г/м³ при фоновых значениях 0,3—0,6 г/дм³). Здесь же установлены аномально высокие содержания водорастворенного гелия в напорных подземных водах [5, 6]. В ходе изучения поля подпочвенного водорода выявлено, что его содержание составляет (15,5—37,0)×10⁻⁴ (среднее — 19,5×10⁻⁴) об.%, существенно выше фоновой концентрации ((0,5—1)×10⁻⁴ об.%). На рисунке 5 показаны результаты водородной съемки в пределах Гомельской перемычки и на сопредельных территориях Воронежской антеклизы и Припятского прогиба. Кроме аномалии повышенного содержания водорода на участке «Костюковка» выделены также аномалии «Урицкое» и «Цыкуны», вероятно, имеющие связь с разломной тектоникой.

Аномалия «Урицкое» приурочена к западной мелкоблоковой зоне. Содержание водорода в подпочвенном воздухе здесь составляло (1,1—15,8)×10⁻⁴ (среднее — 5,0×10⁻⁴) об.%. Аномалия «Цыкуны» находится в пограничной зоне Гомельской перемычки и Припятского грабена. Содержание водорода изменялось от 1,1 до 15,0×10⁻⁴ (среднее — 5,1×10⁻⁴) об.%.

Над выделенными газогеохимическими аномалиями были изучены потоки тропосферного метана (табл.). В качестве фоновых показателей использовались средние содержания метана

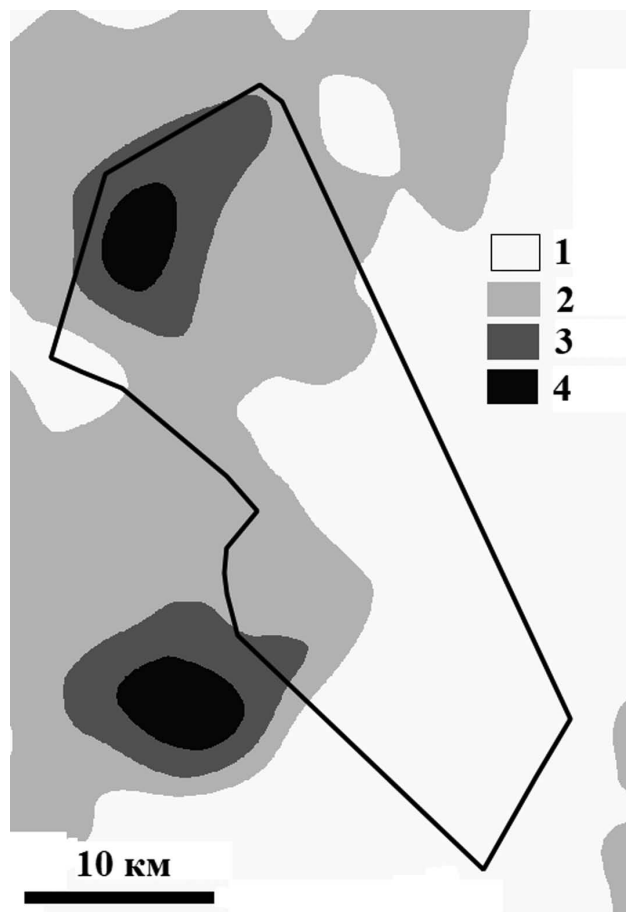


Рис. 4. Мощность четвертичных отложений, м (интерполяция — кубический сплайн): 1 — менее 20; 2 — 20—40; 3 — 40—60; 4 — более 60 м

Fig. 4. Thickness of Quaternary deposits, m (interpolation — cubic spline): 1 — less than 20; 2 — 20—40; 3 — 40—60; 4 — more than 60 m

над территорией Республики Беларусь на соответствующем временном срезе.

Установлено, что над зоной «Костюковка» усредненное содержание тропосферного метана изменялось от 1873,5 ppb летом 2022 г. до 1912,9 ppb зимой 2022 г. Медианные содержания находились в пределах от 1883,0 до 1917,0 ppb, максимальные от 1887,0 до 1950,0 ppb. Наиболее высокие концентрации метана отмечены 26.08.2022 г. (1922,0—1932,0 ppb), 07.01.2022 г. (1922,0—1923,0 ppb), 08.01.2022 г. (1949,0—1950,0 ppb). Превышение содержания метана над фоном составляли 14,6—48,0 ppb.

Над зоной «Урицкое» усредненное содержание метана колебалось от 1849,3 ppb летом 2021 г. до 1905,9 ppb зимой 2022 г. Медианные содержания изменялись от 1847,0 до 1907,5 ppb. Максимальные — от 1873 до 1939 ppb. Максимумы

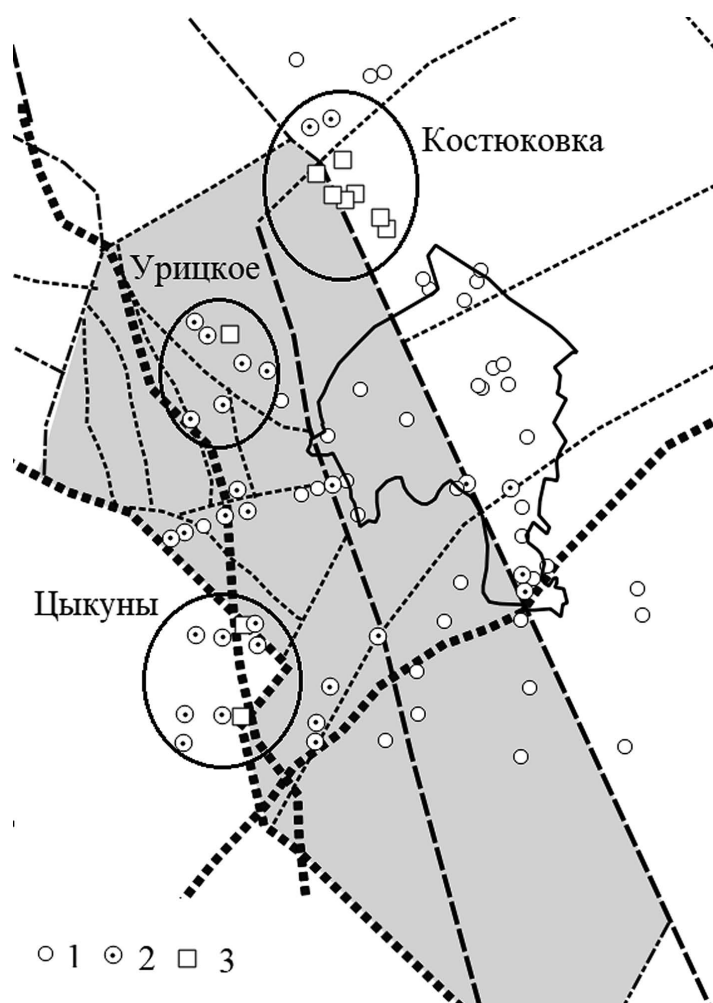


Рис. 5. Содержание водорода в подпочвенном воздухе: 1 — до 1×10^{-4} об.%; 2 — $(1-10) \times 10^{-4}$ об.%; 3 — более 10×10^{-4} об.%

Fig. 5. Hydrogen content in subsoil air: 1 — up to 1×10^{-4} vol.%; 2 — $(1-10) \times 10^{-4}$ vol.%; 3 — more than 10×10^{-4} vol.%

Таблица. Динамика тропосферного метана над активными зонами
Table. Dynamics of tropospheric methane (ppb) over active zones

Временной срез	Активные зоны			Фон
	«Костюковка»	«Урицкое»	«Цыкуны»	
Лето 2021 г.	1878,0 ± 4,0 (6)	1849,3 ± 6,6 (7)	1848,6 ± 9,3 (20)	1830,2 ± 0,7 (9410)
Зима 2022 г.	1912,9 ± 5,5 (8)	1905,9 ± 10,3 (7)	1897,1 ± 6,2 (14)	1898,3 ± 0,2 (17535)
Лето 2022 г.	1873,5 ± 5,7 (27)	1872,7 ± 5,8 (23)	1850,2 ± 7,8 (64)	1843,0 ± 0,5 (30952)
Осень 2022 г.	1900,8 ± 1,5 (4)	1905,0 ± 6,3 (4)	1893,4 ± 3,9 (9)	1874,0 ± 0,4 (5486)
Зима 2023 г.	1901,5 ± 4,2 (6)	1895,4 ± 10,4 (5)	1887,5 ± 7,1 (10)	1882,7 ± 0,4 (6814)

Примечание. (X) — в скобках указано количество точек измерения содержания тропосферного метана.

Note. (X) — the number of measurement points for tropospheric methane content is indicated in parentheses.

концентраций имели место 08.02.2023 г. (1916,0—1920,0 ppb), 07.01.2022 г. (1905,0—1933,0 ppb), 08.01.2022 г. (1939 ppb). Превышения над фоном составляли 7,9—31,0 ppb.

Над зоной «Цыкуны» усредненное содержание метана изменялось от 1848,6 ppb летом 2021 г. до 1897,1 ppb зимой 2022 г. Медианное значение колебалось от 1868,0 до 1904,0 ppb. Максимальные значения — от 1889,0 до 1937,0 ppb. Максимумы наблюдались 26.08.2022 г. (1922,0—1924,0 ppb), 08.02.2023 г. (1910,0—1918,0 ppb), 08.01.2022 г. (1914,0—1937,0 ppb). Превышения над фоном — от 4,8 до 19,4 (кроме зимы 2022 г., когда содержания метана над зоной были ниже фоновых на 1,2 ppb).

Таким образом, аномалия повышенного содержания метана наиболее устойчиво выделяется над зоной «Костюковка». Менее четкие отличия потока метана от фоновых значений в зонах «Урицкое» и «Цыкуны», вероятно, обусловлены увеличением глубины залегания кристаллического фундамента (с -0,7 до -1,5 и более км).

Следует отметить, что газогеохимические аномалии имеют «рассеянный» характер (причина — зоны трещиноватости и проницаемости в осадочном чехле могут не совпадать с глубинными разломами кристаллического фундамента), однако пространственно тяготеют к узлам пересечения разломов различного ранга. Участки одного и того же разлома характеризуются различным

уровнем проявлений современной геодинамической активности, что отражается в потоках глубинных газов.

Заключение

Гомельская структурная перемычка — тектоническая структура, находящаяся на границе Воронежской антеклизы, Припятского прогиба и Брагинско-Лоевской седловины, фундамент которой разбит разломами на многочисленные блоки разного размера. Активность разломных зон проявлялась в течение оледенений и межледниковий плейстоцена, что отразилось в особенностях залегания четвертичных отложений. В северной и юго-западной частях Гомельской структурной перемычки зафиксированы газогеохимические аномалии, в почвенном воздухе и подземных водах [5, 6]. Благодаря космической съемке спутника Sentinel-5P TROPOMI получены новые данные, свидетельствующие о приуроченности потоков тропосферного метана, устойчиво превышающих региональный фон, к зонам наземных газогеохимических аномалий.

Таким образом, комплекс индикаторов указывает на различную степень современной активности разломных зон в пределах Гомельской структурной перемычки. Наибольшая геодинамическая активность характерна для северной части данной тектонической структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондур В.Г., Зверев А.Т. Физическая природа линейных элементов, регистрируемых на космических изображениях при мониторинге сейсмоопасных территорий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2006. № 3. Т. 2. С. 177—183.
2. Гарецкий Р.Г., Каратаев Г.И., Айзберг Р.Е., Карабанов А.К., Святогоров А.А. Космотектоническая карта Беларуси масштаба 1:500 000: создание и результаты // Літасфера. 2013. № 1(38). С. 3—30.
3. Гарецкий Р.Г., Толстошеев В.И., Кручек С.А., Сахарук П.О., Левый М.Г. Структура поверхности кристаллического фундамента Гомельской структурной перемычки и сопредельных территорий // Літасфера. 2018. № 1(48). С. 19—29.
4. Губин В.Н., Марцинкевич Г.И. Ландшафтные индикаторы активных разломов земной коры // Вестник БГУ. Серия 2. Химия. Биология. География. 1997. № 2. С. 51—54.
5. Гумен А.М., Гусев А.П. Газогеохимические индикаторы геодинамической активности глубинных разломов на юго-востоке Беларуси // Літасфера. 1997. № 6. С. 140—149.
6. Гумен А.М., Гусев А.П., Киссин И.Г., Рудаков В.П. Газогеохимические индикаторы современной геодинамической активности асейсмичной территории // Физика Земли. 1998. № 7. С. 63—71.
7. Кузьмин Ю.О. Современная геодинамика опасных разломов // Физика Земли. 2016. № 5. С. 87—101.
8. Лобацкая Р.М., Коффе Г.Л. Разломы литосферы и чрезвычайные ситуации. М.: Изд-во РЭФИА, 1997. 196 с.
9. Матвеев А.В., Нечипоренко Л.А. Линеаменты территории Беларуси. Минск: ИГН НАН Беларуси, 2001. 124 с.
10. Рудаков В.П., Уточкин Ю.А. О мониторинге состояния геологической среды посредством непрерывных измерений вариаций концентрации водорода и радона почвенных отложений // Геохимия. 1993. № 9. С. 1368—1370.
11. Kuzmin Yu.O. Recent geodynamics of fault zones: faulting in real time scale // Geodynamics & Tectonophysics. 2014. No. 5(2). P. 401—443.

REFERENCES

1. Bondur V.G., Zverev A.T. Physical nature of lineaments recorded on satellite images during monitoring of seismically hazardous areas // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2006. No. 3. V. 2. P. 177—183 (In Russian)
2. Garetsky R.G., Karataev G.I., Aizberg R.E., Karabanov A.K., Svyatogorov A.A. Cosmotectonic map of Belarus at a scale of 1:500 000: creation and results // Litasfera. 2013. No. 1(38). P. 3—30 (In Russian).
3. Garetsky R.G., Tolstosheev V.I., Kruchek S.A., Sakharuk P.O., Levyi M.G. Surface structure of the crystalline basement of the Gomel structural bridge and adjacent territories // Litasfera. 2018. No. 1(48). P. 19—29 (In Russian).
4. Gubin V.N., Martsinkevich G.I. Landscape indicators of active faults in the earth's crust // Bulletin of BSU. Series 2. Chemistry. Biology. Geography. 1997. No. 2. P. 51—54 (In Russian).
5. Gumen A.M., Gusev A.P. Gas-geochemical indicators of geodynamic activity of deep faults in the southeast of Belarus // Litasfera. 1997. No. 6. P. 140—149 (In Russian).
6. Gumen A.M., Gusev A.P., Kissin I.G., Rudakov V.P. Gas-geochemical indicators of modern geodynamic activity of an aseismic territory // Physics of the Earth. 1998. No. 7. P. 63—71 (In Russian).
7. Kuzmin Yu.O. Modern geodynamics of dangerous faults // Physics of the Earth. 2016. No. 5. P. 87—101 (In Russian).
8. Lobatskaya R.M., Koff G.L. Lithosphere faults and emergency situations. Moscow: Publishing house REFIA, 1997. 196 p. (In Russian).
9. Matveev A.V., Nechiporenko L.A. Lineaments of the territory of Belarus. Minsk: IGN NAS of Belarus, 2001. 124 p. (In Russian).
10. Rudakov V.P., Utochkin Yu.A. On monitoring the state of the geological environment through continuous measurements of variations in the concentration of hydrogen and radon in subsoil deposits // Geochemistry. 1993. No. 9. P. 1368—1370 (In Russian).
11. Kuzmin Yu.O. Recent geodynamics of fault zones: faulting in real time scale // Geodynamics & Tectonophysics. 2014. No. 5(2). P. 401—443.

ВКЛАД АВТОРА / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Гусев А.П. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Andrey P. Gusev — collected material, developed the concept and prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Гусев Андрей Петрович — кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой геологии и географии УО «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».

104, ул. Советская, г. Гомель 246028, Республика Беларусь

e-mail: andi_gusev@mail.ru

тел.: +375 295307467

SPIN-код: 9583-3114

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1169-1172>

Andrey P. Gusev — Cand. Sci. (Geol.-Min.), director of the Department of Geology and Geography, Francisk Skorina Gomel State University.

104, str. Sovetskaya, Gomel 246028, Republic of Belarus

e-mail: andi_gusev@mail.ru

tel.: +375-295307467

SPIN-code: 9583-3114

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1169-1172>