

for their disposal, extraction of residual raw materials and its processing, man-made hypergenesis, which leads to the emergence of new types of ores and deposits, mineral geochemistry processes should be studied comprehensively.

The most important thing is that soils are an integral part of the natural environment and embody the information about the physical and chemical changes of the environment that have occurred throughout the technogenesis period. Unlike any other component of the natural environment, they require detailed ecological-geochemical studies and constant monitoring. In the areas where various industrial enterprises, in particular chemical and metallurgical enterprises are located and directly adjacent to them, man-made changes occur, heavy metals exceed the permissible limit due to the dissolution of heavy metal compounds in the soil under the influence of acid rain. pollution, erosion and deflation of the layer are observed. Returning the soil layer affected by such anthropogenic influence to its original state requires a lot of work and costs. The open storage of wastes of mineral processing plants, metallurgical, chemical and other industrial enterprises in the territory of the mining industry regions has a negative impact on the environment.

In addition, to assess the geochemical risk, study the biogeochemical processes related to the biofilm and biophobic plant bioabsorption coefficients and the forms of mineral and toxic elements meeting in the soil, migration paths and concentration in the soil-water-plant system. must If possible, it is necessary to carry out geochemical cleaning in the upper layer of the soil.

In order to improve the geoeological condition of the area, it is necessary to grow plant species that can withstand these conditions, and carry out recultivation measures at the mine site.

#### **References;**

1. Decree of the President of the Republic of Uzbekistan № PF-5863. "On the approval of the concept of environmental protection of the Republic of Uzbekistan until 2030".
2. Okhunjonova D.K. The environmentally impact of mining industry//International Engineering Journal For Research & Development. Volume-6, Issue-4, July-2021.
3. Sharipov Sh.M. Geoekologiya va landshaft ekologiyasi. –T.: TEX PRO-SILVER, 2021. -178 B.
4. Шарипов Ш.М. Табиатни муҳофаза қилиш ва геоэкология. –Т.:Lesson Press, 2016. -215 б.
5. Shukurov N., Stanislav P., Yosef S. The impact of the Almalyk Industrial complex on soil chemical and biological properties. Environmental pollution 136 (2005) 331-340.
6. Stanislav P., Shukurov N., Yosef S. Influence of industrial heavy metal pollution on soil free-living nematode population. Environmental Pollution 152 (2008) 172-183.

**УДК 504.056**

### **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ ДЕГРАДАЦИИ ГАЗОГИДРАТОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РФ**

**Пивень П.В.**

*(ФГБОУ ВО АлтГУ)*

Глобальные климатические изменения наиболее ярко проявили себя в полярных широтах. Так, зимы с 1936 по 2021, годы в морях Северного Ледовитого океана (Чукотском, Карском и Бофорта), стали теплее от 3,18°С до 4,3°С. И это – всего лишь за 86 лет [1, с.43].

Естественно, что подобные изменения не могут не вызывать деградации многолетнемерзлых пород. Так, в шельфовой зоне моря Бофорта, с 2010 по 2019 годы, мощность данного слоя уменьшилась на 9 метров [2].

В связи с этим, приобретают особую актуальность геологические процессы, происходящие в криолитозоне. В частности, связанные с таянием газогидратов.

Анализ космоснимков наглядно показывает, что при этом могут происходить массивные эманаии газа, так, в 2008 г., на акватории шельфа Восточной Сибири, у острова Беннета, по вспененной воде, был обнаружен газовый шлейф длиной шириной около 25 км и длиной до 1000 км. Как показали натурные исследования подобных выбросов, по компонентному составу, вероятнее всего – это был практически чистый метан, с превышением его фонового содержания в атмосферном воздухе от 6 до 9 раз. Следствием таких прорывов могут являться покмарки-кратеры глубиной до нескольких десятков метров (образовавшиеся на месте бугров пучения высотой до 30-40 м и диаметром до 1000 и более метров) и линейные отрицательные формы рельефа, с характерной обваловкой, длиной до 1000 и более метров и глубиной до нескольких десятков метров [3].

Таким образом, потенциальными резервуарами метана могут являться приразломные участки (геотермальные эффекты при активизации тектонических разломов способствуют деградации газогидратов, что провоцирует образование вышеупомянутых линейных форм рельефа), а также геологические ловушки углеводородов, которые могут проявлять себя в виде бугров пучения. При прорыве метана формируются отрицательные формы рельефа, в которые проникает соленая морская вода, что локально ускоряет разложение газогидратов на большей глубине. Тектоническая и вулканическая активность также может способствовать разложению клатратов.

Так, было установлено, что землетрясения в зонах субдукции, в частности, Алеутской дуги, с 70-х годов XX в., являлись триггерами процессов разложения газогидратов, сопровождавшихся настолько большими выбросами метана, что это провоцировало довольно резкое климатическое потепление Арктики [4].

Дополнительные объемы метана могли образовываться и в процессе дегазации магм, а также, например, в являющихся вторичными флюидных включениях в оливинсодержащих горных породах [5].

Таким образом, как тектонические подвижки могут провоцировать разложение газогидратов, так и деградация многолетнемерзлых пород может провоцировать землетрясения в силу эффекта декомпрессии, разгрузки слоев горных пород. Вышеуказанные коррелятивные связи весьма сложны, на природные факторы накладываются и техногенные, в частности, связанные с дестабилизацией грунта при добыче углеводородного сырья.

Распространенность газогидратов в слоях горных пород в РФ весьма значительна. Это ее Арктическая зона, а также более южные территории в Сибири и на Дальнем Востоке, общей площадью около 2,4 млн км<sup>2</sup>, в акваториях метановые клатраты распространены на площади от 3 до 3,5 млн км<sup>2</sup> [6]

Впрочем, эти данные могут быть преуменьшены, они не учитывают залежи газогидратов находящихся на дне Балтийского, Черного, а также Каспийского морей и таких крупнейших озер, как Байкал и Телецкое.

Наибольшее распространение поля газогидратов получили в Арктической зоне РФ. Каких же последствий стоит ожидать в случае их дестабилизации, деградации? Рассмотрим ситуацию на примере Баренцева моря. Транзитные воды теплого Нордкапского течения имеют большую соленость, соответственно – и плотность, по отношению к приповерхностным водам Северного Ледовитого океана, а потому оно проходит в его глубинах.

В случае насыщения метаном глубинных вод и разупресснения поверхностных (в результате дополнительного поступления объемов пресных вод при оттаивании многолетнемерзлых пород арктической зоны), может произойти коренная перестройка сложившейся системы океанической циркуляции.

Следует также учесть, что находящиеся в толще горных пород дна Северного Ледовитого океана газовые гидраты, при вышеуказанном разуплотнении морской воды, могут начать интенсивнее разлагаться. Вместе с тем, некоторой их стабилизации может поспособствовать то, что разложение метановых клатратов – реакция эндотермическая. Но, увеличение поступления в акватории органических веществ (в больших количествах содержащихся в талых водах образующихся при деградации вечной мерзлоты), приведет к дополнительному образованию метана, выделяемого археобактериями при переработке органики.

По сравнению с CO<sub>2</sub>, метан, как парниковый газ, эффективнее в 23 раза [7], а значит, поступление дополнительных его объемов в атмосферу может вызвать цепные реакции в природных системах, сопровождающиеся экспоненциальным распадом клатратов метана в его залежах. Подобное уже происходило по окончании плейстоцена. Была даже установлена глобальная природная цикличность в формировании полей газогидратов и их деградации за последние 150 млн лет: основная в 26–27 млн лет и в 12 млн лет [8].

Следует также учесть, что триггером «метановой мины» могла послужить антропогенная деятельность. К 2021 г. мировое сжигание попутного газа в факелах достигло 144 млрд м<sup>3</sup>, в том числе, РФ – более 22 млрд м<sup>3</sup> [9]. Таким образом, только при этом мировом процессе, в 2021 г., атмосфера получила дополнительный разогрев в 115200000000000 Ккал, в том числе, с вкладом РФ в 176000000000000 Ккал (расчет был сделан на основе показателей теплотворности 1 м<sup>3</sup> природного газа [10]). При таянии подводных залежей газогидратов даже лишь на 5% площади самой мелководной части шельфа в Арктической зоне РФ, в атмосферу может высвободиться 37,5-75 гигатонн метана, что увеличит в ней концентрацию данного газа от 5 до 25 раз [11]. С учетом эманации метана при деградации газогидратов на суше: возможны в 2-3 раза большие значения. Впрочем, вышеуказанные данные учитывают лишь наиболее благоприятный возможный сценарий развития ситуации. В частности, не были учтены синергетические эффекты, которые могут провоцировать цепные реакции в природе. Это касается сочетания как природных, так и антропогенных факторов. В этом случае, разложение газогидратов может произойти на значительно больших площадях, а значит, насыщение метаном вод и выход его в атмосферу – может быть значительно интенсивнее. Процессы, связанные с нелинейной термодинамикой, особенно малые флуктуации, которые могут быть малозаметны – весьма сложны для расчетов.

Деградация многолетнемерзлых пород может ускоряться при разложении газогидратов: оттаявшие грунты могут терять стабильность, становиться губчатыми по структуре при эманациях метана, что может активизировать солифлюкцию, в первую очередь, на берегах, подвергающихся термоабразии. Таким образом, морские порты в Арктике становятся зоной риска: техногенные процессы, приводящие к оттаиванию грунта, накладываясь на аналогичные природные, могут давать синергетические эффекты. Потенциально угрожаемыми объектами в Арктической зоне, при сложившихся тенденциях к ее климатическому потеплению, приводящему к увеличению мощности деятельного слоя, могут стать военные и научно-исследовательские базы, газо и нефтепроводы, аэродромы, а также другие инженерно-технические сооружения, созданные человеком на территории распространения многолетнемерзлых пород.

Потенциальная опасность при залповых выбросах метана может угрожать навигации в Арктике, в том числе, по знаменитому Северному морскому пути.

Залповые выбросы метана при прорыве газогидратных бугров на морском дне могут угрожать судоходству Северного морского пути. Так, в покмарках и вблизи них, к настоящему времени, были обнаружены следы трех кораблекрушений. В покмарке Ведьмина нора (Северное море) было обнаружено такое крупное судно, как траулер. По одной версии – это удар корпуса затонувшего судна о дно мог привести к прорыву бугра пучения и выходу метана с образованием покмарка, а другой вариант предполагает сценарий затопления корабля, оказавшегося вблизи залпового газового выброса [12].

Впрочем, возможны оба варианта, в зависимости от конкретной ситуации. Как извержение грязевого вулкана может дестабилизировать водную среду, вплоть до опрокидывания и затопления судна, так и удар корпуса затонувшего корабля о дно может спровоцировать выброс. По мнению Б. Кленнелла, А. Джадда, Д. Монаган, Д. Мей, Н.А. Маслакова, Е.Ф. Шнюкова, именно залповые выбросы метана при разложении газогидратов могли стать причиной гибели многих морских транспортов в Бермудском треугольнике и других акваториях, в частности, в бассейнах Черного и Азовского морей [13].

Подобные эффекты не были обойдены вниманием военных специалистов. Военно-промышленная компания США «Рэйтеон» (Raytheon) в 2013 году получила патент на «Систему пузырькового оружия...». Создаваемые по замыслу разработчиков газовые шлейфы в водной среде (аналогичные залповым выбросам метана при разложении газогидратов), могут не только повредить трансмиссию корабля, но и, в случае его большой длины – переломить его из-за неравномерной плавучести корпуса [14]. В 2022 г. Пограничная академия ФСБ РФ получила патент на «Мобильную газогенераторную установку...» со схожим принципом действия [15]. Таким образом, для безопасной навигации в акваториях, на дне которых находятся залежи газогидратов, необходимо проводить регулярный геоморфологический мониторинг по маршрутам движения судов с целью своевременного обнаружения бугров пучения и т.п. образований, угрожающих прорывами газа. Также, возможно, предстоит принять меры по устранению данной угрозы. Подрывы глубинных бомб с целью провоцирования выбросов метана (для последующего безопасного прохождения кораблей над этой зоной) – могут представлять опасность для гидробионтов. В таком случае, возможно понадобится создание специализированных подводных дронов, оснащенных буровыми установками, а также центробежными турбокомпрессорами и емкостями для сбора природного газа, которые могли бы осуществлять его добычу из гидролакколитов.

При залповых выбросах метана в природных экосистемах могут возникать катастрофические явления. Уже при концентрации метана в воде около 1 мг/л рыбы (особенно мальки), начинают испытывать эффекты острого токсического отравления. Так, отмечалась массовая гибель гидробионтов при авариях на буровых платформах, сопровождавшихся выбросами природного газа, в Азовском море (в 1982 и 1985 годах) [16].

Проблемы, связанные с деградацией газогидратов в Арктической зоне РФ комплексны, весьма сложны, ведь процессы, связанные с вышеуказанным явлением, обладают синергетическими эффектами. Они угрожают как природным, так и антропогенным экосистемам.

Чтобы минимизировать риски катастроф и ущерба от них, необходима разработка специальных мероприятий по их предотвращению. Например, в местах эманации метана, для сохранения жизни гидробионтов, возможно аэрирование, проводимое специализированными судами (насыщение воды кислородом усилит окислительные процессы, позволит снизить в ней концентрации метана и ускорить его выход в атмосферу), также, возможно внесение в виде гранул специальных реагентов, или препаратов потребляющих углеводороды бактерий (для биохимической дегазации).

Актуализируются угрозы эпизоотий и пандемий, вследствие высвобождения при таянии многолетнемерзлых пород болезнетворных микроорганизмов, что потребует большего контроля со стороны соответствующих служб, по их предотвращению.

В целом же, возможна коренная перестройка сложившихся природно-хозяйственных систем, что будет весьма болезненным процессом. В частности, традиционный уклад жизни коренных народов Севера РФ может прекратить свое существование.

#### Литература:

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год. – М., 2022. – 104 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.meteorf.gov.ru/images/news/20220324/4/Doklad.pdf> (дата обращения: 10.01.2023).
2. Paull C.K., Dallimore S.R., Jin Y.K., Caress D.W., Lundsten E., Gwiazda R., Melling H. Rapid seafloor changes associated with the degradation of Arctic submarine permafrost // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2022. – vol. 119. – №. 12. [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.2119105119> (дата обращения: 10.01.2023).
3. Chuvilin E, Ekimova V, Davletshina D, Sokolova N, Bukhanov B. Evidence of Gas Emissions from Permafrost in the Russian Arctic // *Geosciences*. – 2020. – vol. 10. – №10. [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.3390/geosciences10100383> (дата обращения: 20.02.2023).
4. Lobkovsky L.I., Baranov A.A., Ramazanov M.M., Vladimirova I.S., Gabsatarov Y.V., Semiletoy I.P., Alekseev D.A. Trigger Mechanisms of Gas Hydrate Decomposition, Methane Emissions, and Glacier Breakups in Polar Regions as a Result of Tectonic Wave Deformation. // *Geosciences*. – 2022; – vol. 12. – №10. [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.3390/geosciences12100372> (дата обращения: 20.02.2023).
5. Klein F., Grozeva N. G., Seewald J. S. Abiotic methane synthesis and serpentinization in olivine-hosted fluid inclusions // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2019. – vol. 116. – №. 36. [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.1907871116> (дата обращения 20.02. 2023).
6. Воробьев А.Е., Болатова, А.Б., Молдабаева Г.Ж., Чекушина Е. В. Экспертная оценка современных мировых запасов аквальных залежей газогидратов // *Бурение и нефть*. – 2011. – №. 12. – С. 3-6.
7. Глобальные выбросы метана и возможности их снижения. Доклад Агентства по охране окружающей среды США. Глобальные антропогенные выбросы парниковых газов, не содержащих CO<sub>2</sub>: 1990–2020. Сентябрь 2008. [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.globalmethane.org/documents/methane\\_analysis\\_fs\\_rus.pdf](https://www.globalmethane.org/documents/methane_analysis_fs_rus.pdf) (дата обращения: 10.02.2023).
8. Oppo D., De Siena L., Kemp D. B. A record of seafloor methane seepage across the last 150 million years // *Scientific Reports*. – 2020. – vol. 10. – №. 1. [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59431-3> (дата обращения: 10.02.2023).
9. Global Gas Flaring Reduction Partnership (GGFR) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/about> (дата обращения: 10.02.2023).
10. Сравнительная таблица теплотворности некоторых видов топлива [Электронный ресурс]. – URL: <https://a-invest.com.ua/aktualno/tablitza-teplotvornosti.html> (дата обращения: 10.02.2023).
11. Ученые оценили предстоящие экономические потери РФ из-за таяния льдов // *Арктика в зеркале СМИ*. Информационно-аналитический центр Государственной комиссии по вопросам развития Арктики. Дайджест. 19/04/2021. – С. 33-34.
12. Judd A. G. Pockmarks in the UK sector of the North Sea // *UK Department of Trade and Industry Strategic Environmental Assessment Technical Report*. – 2001. [Электронный ресурс]. – URL: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/197337/TR\\_S\\_EA2\\_Pockmarks\\_Dist.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/197337/TR_S_EA2_Pockmarks_Dist.pdf) (дата обращения: 10.02.2023).
13. Шнюков Е. Ф., Маслаков Н. А. Потенциальная опасность грязевого вулканизма для судоходства // *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. – 2009. – №. 2. – С. 81-91.

14. Elder, Steven J. (Tucson, AZ, US) Dupont, James H. (Bowie, AZ, US) Bubble weapon system and methods for inhibiting movement and disrupting operations of vessels. United States Patent 8371204. Assignee: Raytheon Company (Waltham, MA, US). Application Number: 12/770890. Publication Date: 02/12/2013.

15. ФГКОУ ВО Пограничная академия ФСБ РФ. Мобильная газогенераторная установка для нелетального противодействия нарушителям границ морских пространств. Патент на изобретение RU 2786124 С 1. Опублик. 19.12.2022, бюл. № 35.

16. Patin S. Environmental Impact of the Offshore Oil and Gas Industry. Eco Monitor Publishing. – New York, 1999. – 425 p.

## УДК 911.6

### ТИПОЛОГИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА ВОЛГО-ВЯТСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА ПО УРОВНЮ РАЗВИТИЯ

**Пурисенко А.И.**

*(МГУ им. Н.П. Огарёва, Г. Саранск, Россия)*

Растениеводство - это отрасль сельского хозяйства, основной задачей которой является выращивание растений для производства продуктов питания для потребления человеком, кормов для животных и сырья для перерабатывающей промышленности.

Нами была проведена типология растениеводства Волго-Вятского экономического района, исходя из совокупности методик балльно-рейтинговой системы и суммы мест. Основа исследования представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Соотношение культур в посевных площадях в регионах Волго-Вятского экономического района на 2022 г. [1]

| Культура, га    | Республика Мордовия | Республика Марий Эл | Республика Чувашия | Кировская область | Нижегородская область |
|-----------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Всего пашни     | 366702              | 342749              | 139499             | 464528            | 948188                |
| Озимая пшеница  | 59074               | 20078               | 17936              | 16140             | 169055                |
| Озимый ячмень   | 3500                | 739                 | 30                 | –                 | 20                    |
| Яровая пшеница  | 14008               | 43667               | 7976               | 45774             | 75100                 |
| Яровой ячмень   | 55285               | 35927               | 13977              | 53579             | 89605                 |
| Сахарная свекла | 3260                | 208                 | 300                | 3460              | 3672                  |
| Картофель       | 907                 | 729                 | 4524               | 2158              | 3781                  |
| Овощи           | 636                 | 467                 | 92                 | 2                 | 1029                  |

\* «←» – нет данных

Методика заключается в следующем: каждому показателю присваивается балл от 1 до 5 (исходя из количества регионов), чем выше балл, тем больше посевная площадь, результат представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Балльно-рейтинговая оценка соотношения культур в посевных площадях в регионах Волго-Вятского экономического района на 2022 г. [1]

| Культура, га | Республика Мордовия | Республика Марий Эл | Республика Чувашия | Кировская область | Нижегородская область |
|--------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|
| Всего пашни  | 3                   | 2                   | 1                  | 4                 | 5                     |