

Научная статья

Original article

УДК 631.95, 504.06

DOI 10.55186/25876740_2022_6_6_34

ГЕОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ
IMPORT SUBSTITUTION IN THE CONTEXT OF HARMONIZATION
GEOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT IN LAND USE



Чинь Куок Винь, аспирант Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина (119296 Россия, г. Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1), тел. 79681676868, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6644-6537>, Vinhtq95@gmail.com

Якуцени Сергей Павлович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геоэкологии Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина (119296 Россия, г. Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3757-3542>, spyakutseni@gmail.com

Chin Quoc Vinh, graduate student, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (119296 Russia, Moscow, Leninsky prospekt, 65, building 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6644-6537>, Vinhtq95@gmail.com

Yakutseni Sergey Pavlovich, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor of the Department of Geoecology (119296 Russia, Moscow, Leninsky prospekt, 65, building 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3757-3542>, spyakutseni@gmail.com

Аннотация. Геохимические изменения на планете приводят к негативным последствиям, как например, попадание токсических веществ в почву или ископаемые. Это вызывает необходимость проведения геотоксикологической оценки воздействия геологических процессов на окружающую среду.

В статье рассмотрено понятие, цели геотоксикологии как науки о воздействии геологических процессов на окружающую среду. Представлены основные варианты и этапы проведения, исследованы различные методы проведения геотоксикологической оценки. Определено, что геотоксикологическая оценка в землепользовании осуществляется в четыре этапа: определение литолого-геохимических особенностей состава и свойств осадочного покрова; трассирование техногенных ореолов и потоков рассеяния от источников геохимических аномалий до зон повышенной токсичности; оценка влияния геолого-геоморфологических и геохимических процессов на техногенную трансформацию среды жизнеобитания; прогноз динамики техногенных нарушений, разработка рекомендаций, организацию геотоксикологического мониторинга.

Было отмечено, что геотоксикологическая оценка может осуществляться тремя различными способами, включающими определенные типы работ: методика биогеохимических исследований, методика биотестирования, анализ сопряженности техногенных аномалий вместе с полями, содержащими токсический риск.

На разных этапах проведения геотоксикологической оценки применяются различные методы. Применяя методы проведения лабораторных опытов, при проведении геотоксикологической оценки используется метод эксперимента. Проблемы реализации экспериментального метода на практике привели к тому, что в геотоксикологии распространился метод актуализма (актуалистический метод). Также был рассмотрен такой метод проведения геотоксикологической оценки как наблюдение. После проведения этапа наблюдения и сбора фактического материала применяются методы обобщения. Метод газовой съемки активно применяется при исследовании загрязнений подземных вод. В

дальнейшем для геотоксикологической оценки отложений в подземных водах используют три основных метода: анализы всего осадка, тесты на фракцию, вымытую органическим растворителем, испытания с использованием поровой воды, содержащейся в отложениях.

Abstract. Geochemical changes on the planet lead to negative consequences, such as the ingress of toxic substances into the soil or fossils. This makes it necessary to conduct a geotoxicological assessment of the impact of geological processes on the environment.

The article discusses the concept and goals of geotoxicology as the science of the impact of geological processes on the environment. The main options and stages of carrying out are presented, various methods of carrying out geotoxicological assessment are investigated. It is determined that geotoxicological assessment in land use is carried out in four stages: determination of lithological and geochemical features of the composition and properties of sedimentary cover; tracing of technogenic halos and scattering flows from sources of geochemical anomalies to zones of increased toxicity; assessment of the impact of geological, geomorphological and geochemical processes on the technogenic transformation of the habitat; forecast of the dynamics of technogenic disturbances, development of recommendations, organization of geotoxicological monitoring.

It was noted that geotoxicological assessment can be carried out in three different ways, including certain types of work: methods of biogeochemical studies, methods of biotesting, analysis of the conjugacy of technogenic anomalies together with fields containing toxic risk.

Different methods are used at different stages of the geotoxicological assessment. Applying the methods of conducting laboratory experiments, the experimental method is used when conducting a geotoxicological assessment. The problems of implementing the experimental method in practice have led to the fact that the method of actualism (the actualistic method) has spread in geotoxicology. Such a method of conducting a geotoxicological assessment as observation was also considered. After the observation stage and the collection of factual material, generalization methods are applied. The gas

survey method is actively used in the study of groundwater pollution. In the future, three main methods are used for geotoxicological assessment of sediments in groundwater: analyses of the entire sediment, tests for the fraction washed with an organic solvent, tests using pore water contained in sediments.

Ключевые слова: *геохимические изменения, геотоксикология, геотоксикологическая оценка, загрязнение окружающей среды, экология, экологические риски*

Keywords: *geochemical changes, geotoxicology, geotoxicological assessment, environmental pollution, ecology, environmental risks*

Введение

Геологические знания являются важным направлением в экологических токсикологических исследованиях, поскольку они необходимы для изучения химического поведения и качества геоматериалов, которые вызывают токсичность в окружающей среде и здоровье организма.

В переводе с греческого слово «геотоксикология» означает («ге» - земля, «токсикос» - яд, «логос» - наука) – наука о воздействии геологических процессов на окружающую среду. Термин «токсичный» или «опасный» подразумевает химический смысл, поскольку неблагоприятное воздействие на здоровье становится более заметным по сравнению с термином «загрязнение» с точки зрения смертности или серьезного заболевания или представляющего значительную опасность состояния вещества.

В результате воздействием внутренних сил, обусловленных связью с различными источниками энергии из недр земли, а также внешних сил, связанных получаемой землей солнечной энергией, земная кора и планета в целом постоянно изменяются, что происходит по определенным стадиям развития [7].

Методы или методология проведения исследования

Для проведения данного исследования применялись общенаучные методы (описание, сравнение, обобщение, классификация, анализ), а также специальные методы: контент-анализ научной литературы, технологических и аналитических

данных по исследуемой теме.

Экспериментальная база

Для проведения исследования был осуществлен контент-анализ источников в области проведения геотоксикологической оценки, принадлежащих авторам разных стран. Статья базируется на практических исследованиях в области проведения геотоксикологической оценки в землепользовании. Опыт ученых разных стран выявил различные подходы к проведению геотоксикологической оценки.

Ход исследования

Целью геотоксикология является исследование воздействия геологических процессов земли на окружающую среду с помощью изучения ее вещественного состава, структуры и процессов, которые меняют геосферное состояние: внутреннее (барисферу, литосферу, гидросферу) и внешние (атмосферу, магнитосферу, космосферу). Оценка геотоксикологического риска требует информации из исследований химии окружающей среды (для оценки воздействия на конкретные организмы), токсикологии (для определения прямых токсических эффектов воздействия на конкретные организмы) и экология (для учета последствий как прямого, так и косвенного воздействия гербицидов и проецирования их на экосистемный уровень) [9].

По мнению О.П. Кравчука, В.П. Пунько, В.Н. Кадурина, И.А. Сучкова, геотоксикологическая оценка может осуществляться тремя различными вариантами, включающими определенные типы работ (рис. 1).

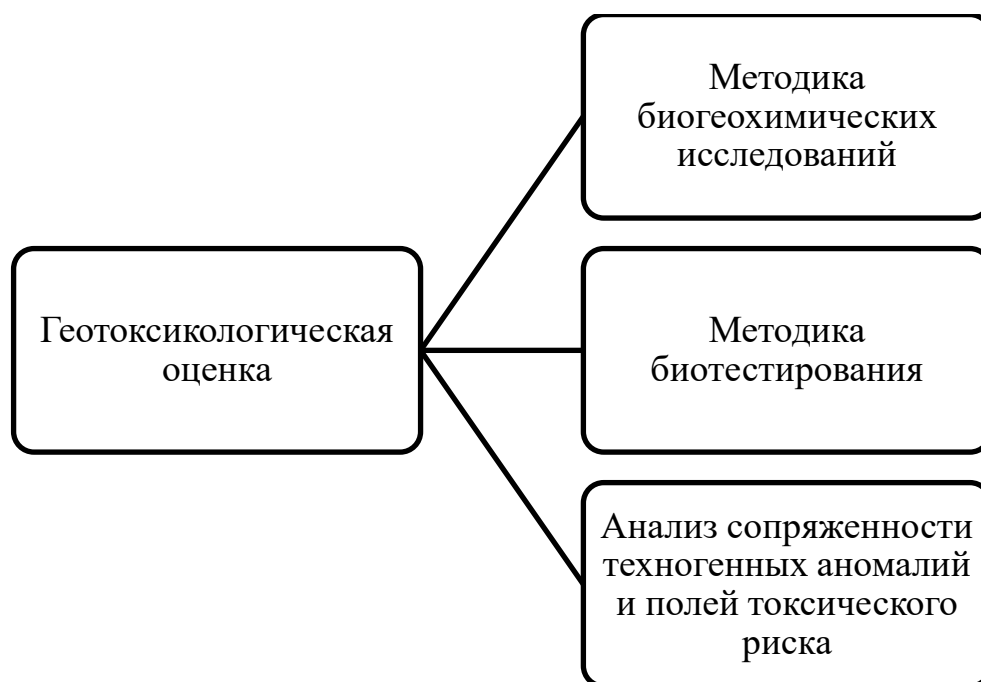


Рисунок 1 – Варианты проведения геотоксикологической оценки

Источник: составлено автором по данным [2]

1. Методика биогеохимических исследований используется с целью выявления наличия техногенных аномалий, а также потенциальных источников различных загрязнений и мест концентрирования токсических веществ.

2. Методика биотестирования позволяет восполнять пробелы в перечне исследуемых токсических веществ, давая возможность объективно обнаружить вероятность токсического влияния и оценить его силу.

3. Анализ сопряженности техногенных аномалий вместе с полями, содержащими токсический риск, является ключевым моментом проведения геотоксикологической оценки. Он предполагает установление определенных связей, уточнение перечня токсических компонентов, характеристику источников токсических компонентов и их форму, направления движения и уровень биоопасности [2].

Биогеохимический контроль экологии окружающего мира из всех методов имеет более полноценное обоснование, потому что основано на принципах существующих геохимических аномалий, а также большом опыте осуществления поисково-съёмочных работ, выполняемых геологическими службами. С помощью

данной методики оценивается существующий уровень химического загрязнения, а также отклонения от нормативов, что обусловлено техногенными влияниями и аномалиями. Главную часть аналитических данных формируют из результатов измерений общего содержания в окружающей среде химических веществ (атомная абсорбция, рентген-флуоресцентный и др. методы). Далее оценка характеристик геохимического фона, а также соответствия минимальным нормам содержания каждого из исследуемых веществ осуществляется на однозначно незагрязненной территории. Это позволяет выявить отклонения от норм и оценить экологические риски [7].

Авторы [2] предлагают следующие этапы проведения геотоксикологической оценки (рис. 2).

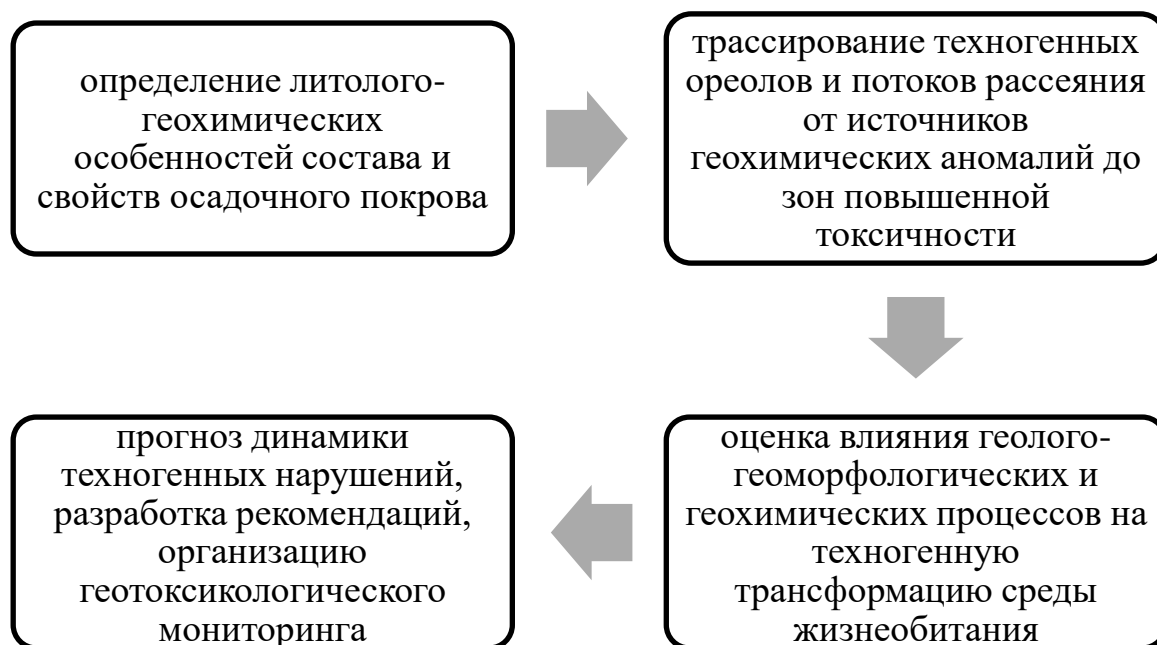


Рисунок 2 – Последовательность проведения геотоксикологической оценки

Источник: составлено автором по данным [2]

Данные этапы отражаются в общем виде в процессе формирования геотоксикологической карты, где выделяют выявленные в процессе исследования техногенные аномалии (так называемый «резерв токсичности»), а также поля, имеющие повышенную токсичность (так называемые «зоны экологического риска»).

Особенностью данной методики геотоксикологической оценки является то,

что она позволяет не только выявлять источники загрязнения, но также их последствия. Причем последствия геотоксикологического загрязнения могут быть территориально разбросаны.

Результаты и обсуждение

На разных этапах проведения геотоксикологической оценки применяются различные методы. Предварительные выводы об информации местонахождения тех или иных ингредиентов делаются на основе химического фазового анализа, который предполагает выявление водорастворимых, сорбированных, а также кристаллических фаз на основе стандартных методик.

Принимая во внимание соотношение разной химической нагрузки у разных фаз, в данном случае необходимо выборочное исследование нескольких из наиболее активных токсичных веществ. Для этого осуществляется фракционирование по размерным классам разных веществ, примерам минеральных составляющих (например, глинистая составляющая или карбонаты и т.д.). Вместе с тем, исследование сорбционных взаимодействий, а также изоморфных замещений осуществляется с помощью минералогических и химических методов [2, 10].

Применяя методы проведения лабораторных опытов, при проведении геотоксикологической оценки используется метод эксперимента, о чем свидетельствует прикладной характер геотоксикологии. Главная проблема, с которой сталкиваются ученые при проведении эксперимента в рамках геотоксикологической оценки, состоит в соизмеримости параметров и масштабов времени осуществления всех геологических процессов.

Речь идет о невозможности ученого воспроизвести все временные параметры при проведении эксперимента, так как процессы в геологии длятся миллионы и миллиарды лет. Воспроизведение эффектов геологических временных процессов в лаборатории является весьма трудозатратным либо невозможным.

Проблемы реализации экспериментального метода на практике привели к тому, что в геотоксикологии распространился метод актуализма

(актуалистический метод), что означает понимание каких-то параметров прошлого через исследование настоящего. Указанный метод дает возможность подтверждать информацию о том, что определенные физико-химические условия на планете, ее климат и состав атмосферы, а также соленость морей и океанов вместе с органическим миром постоянно изменялись, развиваясь в процессе эволюции. Следовательно, осуществление геологических процессов нельзя проектировать на прошлые эпохи механическим путем, без учета эволюции. С целью проведения геотоксикологической оценки достаточно активно применяется актуалистический метод.

Кроме того, необходимо отметить такой метод проведения геотоксикологической оценки как наблюдение. Данный метод применяется для наблюдения за геологическими процессами и идентификации параметров влияния наблюдаемого геологического процесса на окружающую среду, а также выявления степени его влияния. Осуществляя сбор фактической информации об объекте исследования при проведении геотоксикологической оценки, могут применяться также методы из смежных наук: химии, математики, астрономии, геодезии, гидравлики, метеорологии, физики, сопротивления материалов и т.д. В геотоксикологической оценке все большее распространение получают физические и химические методы изучения.

После проведения этапа наблюдения и сбора фактического материала применяются методы обобщения. При проведении геотоксикологической оценки на данном этапе устанавливаются выявленные закономерности, строятся научные теории и выдвигаются гипотезы [10].

Метод постановки гипотез используется только на базе фактического материала и определенного количества и качества наблюдений. Гипотеза может содержать предположения о существовании закономерных связей, которые выходят за рамки исследуемых процессов. При проведении геотоксикологической оценки с целью проверки гипотез не может быть использован метод эксперимента, как это делается в других науках (физике, химии и т.д.). Поэтому для данных целей применяется повторное наблюдение.

Реализация геотоксикологического контроля в рамках экологических рисков осуществляется на основе биотестирования, которое дает возможность комплексно оценить текущее и будущее состояние среды. При использовании биотестирования формируется конкретная региональная привязка уровней устойчивости жизненно важных функций и выживаемости индикаторных групп организмов [2].

Когда речь идет о биологических нарушениях, выявляются фактически действующие факторы и оценивается степени их влияния. При этом в качестве критериев для оценки токсичности применяются разнообразные биологические и физиолого-биохимические показатели, которые играют роль своеобразных индикаторов при проведении оценки и выявлении нарушений биогеохимического характера геотоксикологической оценки.

Метод газовой съемки активно применяется при исследовании загрязнений подземных вод. Он основан на выявлении в подземных водах и на их поверхности различных загрязненных мест углеводородным сырьем и примесями.

Газовая съемка представляет собой комплекс газовой, почвенно-грунтовой и специализированной гидрохимической съемки газового пятна, возникающего над зараженными подземными водами. Вместе с тем, зачастую используются методы полевых и лабораторных газохроматографических и люминесцентно-битуминологических исследований. По результатам проведения газовой съемки формируется карта, помогающая в дальнейшем отслеживать экологический риск [3].

В дальнейшем для геотоксикологической оценки отложений в подземных водах используют три основных метода:

- анализы всего осадка [6, 8];
- тесты на фракцию, вымытую органическим растворителем (с использованием ацетона, ДМСО и других растворителей) [12];
- испытания с использованием поровой воды, содержащейся в отложениях [8, 11].

Использование как тестов поровой воды, так и тестов всего донного осадка

для комплексной оценки токсичности донных отложений важно из-за различных способов воздействия на экосистемные организмы, таких как:

- прямой контакт с текущими грунтовыми водами;
- прямой контакт с загрязненными отложениями;
- прямой контакт с частицами осадка, присутствующими в надосадочной воде;
- переваривание загрязненных отложений;
- потребление высшими организмами (птицами, млекопитающими) [8].

Тестирование поровой воды при оценке качества донных отложений имеет ряд преимуществ, в том числе короткое время воздействия по сравнению с испытаниями целых отложений, низкие затраты на завершение тестирования, поровые воды представляют собой основной путь воздействия загрязнения для большинства организмов.

Однако извлечение поровой воды из отложений часто является трудоемким процессом. Это создает проблему при получении объемов, достаточных для геотоксикологических тестов и химических анализов [5].

Эффективность проведения геотоксикологической оценки обусловлена успешным решением таких задач на практике как прогноз съемки, разведка месторождений, а также идентификация влияния токсических элементов на геологическую среду и других. Однако геотоксикологическая оценка не ограничивается данными аспектами, а направлена на решение практических проблем в разных направлениях, не создавая ограничений для дальнейших исследований в рамках влияния геологических процессов на окружающую человека среду.

Область применения результатов

Результатом геотоксикологической оценки является итоговое заключение, которое составляется, согласно следующим параметрам (рис. 3).

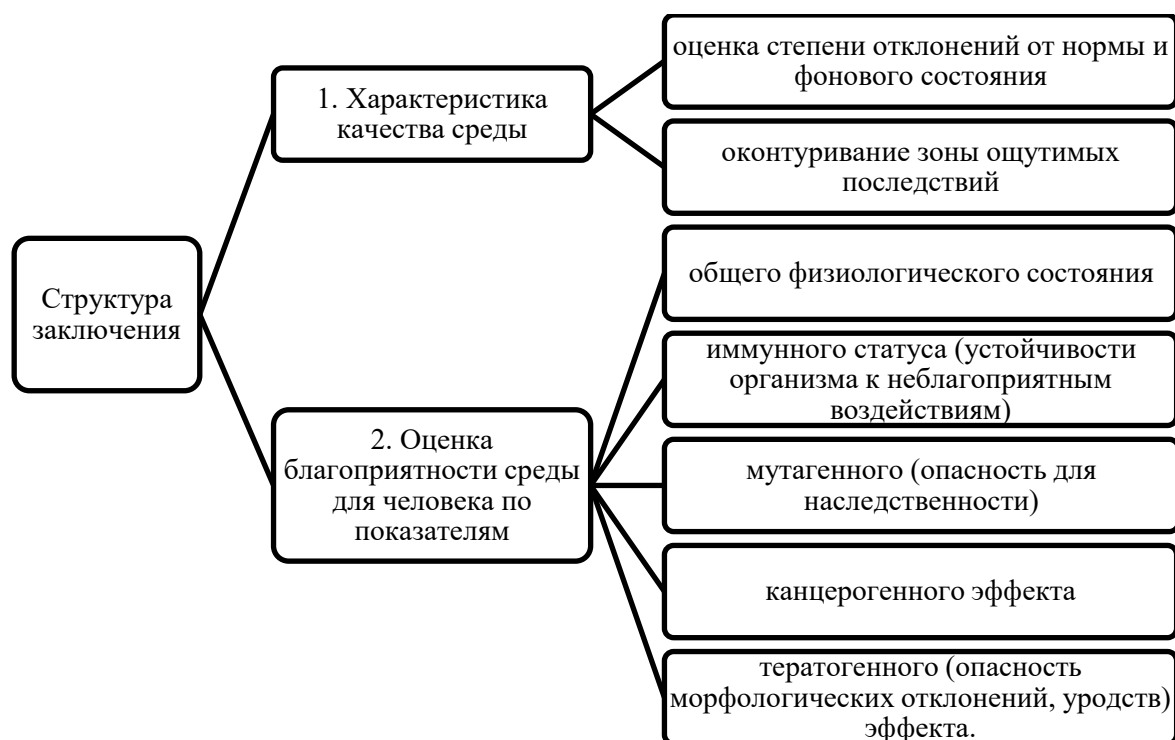


Рисунок 3 – Структура заключения геотоксикологической оценки в 2011-2021 гг.

Источник: составлено по данным [1]

Следовательно, главная задача последнего этапа геотоксикологической оценки заключается в выявлении действующих агентов в области экологических нарушений. При этом миграционноспособные элементы исследуемых объектов необходимо выявлять именно на этапе статистического анализа и интерпретации аналитических данных (проведение факторного анализа).

Выводы

Таким образом, было рассмотрено понятие, цели геотоксикологии как науки о воздействии геологических процессов на окружающую среду. Представлены основные варианты и этапы проведения, исследованы различные методы проведения геотоксикологической оценки. Целью геотоксикология является исследование воздействия геологических процессов земли на окружающую среду с помощью изучения ее вещественного состава, структуры и процессов. Геотоксикологическая оценка может осуществляться тремя различными вариантами, включающими определенные типы работ: методика биогеохимических исследований, методика биотестирования, анализ

сопряженности техногенных аномалий вместе с полями, содержащими токсический риск. Результатом геотоксикологической оценки является итоговое заключение. На разных этапах проведения геотоксикологической оценки применяются различные методы. Применяя методы проведения лабораторных опытов, при проведении геотоксикологической оценки используется метод эксперимента. Проблемы реализации экспериментального метода на практике привели к тому, что в геотоксикологии распространился метод актуализма (актуалистический метод). Кроме того, необходимо отметить такой метод проведения геотоксикологической оценки как наблюдение. После проведения этапа наблюдения и сбора фактического материала применяются методы обобщения. При проведении геотоксикологической оценки на данном этапе устанавливаются выявленные закономерности, строятся научные теории и выдвигаются гипотезы. Метод газовой съемки активно применяется при исследовании загрязнений подземных вод. В дальнейшем для геотоксикологической оценки отложений в подземных водах используют три основных метода: анализы всего осадка, тесты на фракцию, вымытую органическим растворителем (с использованием ацетона, ДМСО и других растворителей), испытания с использованием поровой воды, содержащейся в отложениях.

Литература

1. Захаров В.М., Кларк Д.М. Биотест. М.: РАН. 1993. 68 с.
2. Кравчук О.П., Пунько В.П., Кадурич В.Н., Сучков И.А. Методическая основа и концептуальная схема геотоксикологических исследований морской среды // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2017. №1. С. 65-77.
3. Круподеров И.В. Методика выявления и оценки нефтепродуктового загрязнения геологической среды // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. №2. С. 384-391.
4. Якуцени С.П. Распространенность углеводородного сырья, обогащенного тяжелыми элементами-примесями. Оценка экологических рисков / С. П. Якуцени. - Санкт-Петербург: Недра, 2005. 370 с.

5. Adams W.J., Berry W.J., Burton G.A., Ho K., Macdonald D., Scroggins R., Winger P.V. (2001). *Summary of a SETAC Technical Workshop Porewater Toxicity Testing: Biological, Chemical, and Ecological Considerations with a Review of Methods and Applications, and Recommendations for Future Areas of Research*. 29 p.
6. Belgis C.Z., Persoone G., Blaise C. (2003). *Cyst-based toxicity tests XVI – sensitivity comparison of the solid phase *Heterocypris incongruens* microbiotest with the *Hyalella azteca* and *Chironomus riparius* contact assays on freshwater sediments from Peninsula Harbour (Ontario, Canada)*. *Chemosphere*, 95 p.
7. Hickey G.L. (2010). *Ecotoxicological Risk Assessment: Developments in PNEC Estimation*. Department of Mathematical Sciences University of Durham England, 260 p.
8. Kalinowski R., Zaleska-Radziwll M. (2011). Ecotoxicological Assessment of Freshwater Sediments. *Journal of Environmental Studies.*, no 20, pp. 1181-1191.
9. Norris A. I. (1983). *Use, Ecotoxicology, and Risk Assessment of Herbicides in the Forest*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Corvallis, pp. 381-393.
10. Olaquer E. (2016). *Atmospheric Impacts of the Oil and Gas Industry*. Amsterdam: Elsevier. 170 p.
11. Thomas K.V., Barnard N., Collins K., Eggleton J. (2003). Toxicity characterisation of sediment porewaters collected from UK estuaries using a *Tisbe battagliai* bioassay. *Chemosphere*, no 53, pp. 1005-1011.
12. Viganò L. (2000). Assessment of the toxicity of River Po sediments with *Ceriodaphnia dubia*. *Aquat. Toxicol*, no 47, pp. 191-199.
13. Piet G.J., Knights A.M., Jongbloed R.H., Tamis J.E., de Vries P., Robinson L.A. (2017). Ecological risk assessments to guide decision-making: Methodology matters. *Environmental Science and Policy*, vol. 68, pp. 1-9.

References

1. Zakharov V.M., Klark D.M. (1993). *Biotest* [Biotest]. Moskva: RAN. 68 p.
2. Kravchuk, O.P., Pun'ko V.P., Kadurin V.N., Suchkov I.A. (2017). Metodicheskaya osnova i kontseptual'naya skhema geotoksikologicheskikh issledovaniy

morskoi sredy [Methodological basis and conceptual scheme of geotoxicological studies of the marine environment]. *Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana*, no 1, pp. 65-77.

3. Krupoderov, I.V. (2013) Metodika vyyavleniya i otsenki nefteproduktovogo zagryazneniya geologicheskoi sredy [Methodology of detection and assessment of oil product pollution of the geological environment]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*, no 2, pp.. 384-391.

4. Yakutseni, S.P. (2005) *Rasprostranennost' uglevodorodnogo syr'ya, obogashchennogo tyazhelymi ehlementami-primesyami. Otsenka ehkologicheskikh riskov* [The prevalence of hydrocarbon raw materials enriched with heavy elements-impurities. Environmental risk assessment]. Sankt-Peterburg: Nedra, 370 p.

5. Adams, W.J., Berry W.J., Burton G.A., Ho K., Macdonald D., Scroggins R., Winger P.V. (2001). *Summary of a SETAC Technical Workshop Porewater Toxicity Testing: Biological, Chemical, and Ecological Considerations with a Review of Methods and Applications, and Recommendations for Future Areas of Research*. 29 p.

6. Belgis, C.Z., Persoone G., Blaise C. (2003). *Cyst-based toxicity tests XVI – sensitivity comparison of the solid phase Heterocypris incongruens microbiotest with the Hyalella azteca and Chironomus riparius contact assays on freshwater sediments from Peninsula Harbour (Ontario, Canada)*. Chemosphere, 95 p.

7. Hickey, G.L. (2010). *Ecotoxicological Risk Assessment: Developments in PNEC Estimation*. Department of Mathematical Sciences University of Durham England, 260 p.

8. Kalinowski, R., Zaleska-Radziwill M. (2011). Ecotoxicological Assessment of Freshwater Sediments. *Journal of Environmental Studies.*, no 20, pp. 1181-1191.

9. Norris, A. I. (1983). *Use, Ecotoxicology, and Risk Assessment of Herbicides in the Forest*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Corvallis, pp. 381-393.

10. Olaquer, E. (2016). *Atmospheric Impacts of the Oil and Gas Industry*. Amsterdam: Elsevier. 170 p.

11. Thomas, K.V., Barnard N., Collins K., Eggleton J. (2003). Toxicity

characterisation of sediment porewaters collected from UK estuaries using a *Tisbe battagliai* bioassay. *Chemosphere*, no 53, pp. 1005-1011.

12. Viganò, L. (2000). Assessment of the toxicity of River Po sediments with *Ceriodaphnia dubia*. *Aquat. Toxicol*, no 47, pp. 191-199.

13. Piet, G.J., Knights A.M., Jongbloed R.H., Tamis J.E., de Vries P., Robinson L.A. (2017). Ecological risk assessments to guide decision-making: Methodology matters. *Environmental Science and Policy*, vol. 68, pp. 1-9.

© Чинь К.В., Якуцени С.П., 2022. *International agricultural journal*, 2022, № 6, 1186-1201.

Для цитирования: Чинь К.В., Якуцени С.П. ГЕОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ // *International agricultural journal*. 2022. № 6, 1186-1201.