

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ И НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ЗАКАРСТОВАННЫХ РАЙОНОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

Копылов И.С.¹, Наумов В.А.¹, Спасский Б.А.², Маклашин А.В.²

¹Естественно-научный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь, Россия (614990, г. Пермь, ул. Генделя, 4), georif@yandex.ru.

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия (614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15), igeon@psu.ru

Проведен геоэкологический анализ Среднего Урала в Кизеловско-Губахинском и Лысьвинско-Чусовском промышленно-экономических районах Пермского края. Установлено, что в формировании геоэкологических условий региона ведущую роль играют геодинамическая активность, карст и техногенез (освоение угольных и нефтегазовых месторождений и промышленность). Закартированы крупные аномальные геохимические (Cu, Be, Pb, Zn, Mn, Cr, Zr, Ti, Ga, Ni, Cd, V, Ba) и гидрогеохимические (B, Br, Mn, Ti, Pb, Ba, Ni, Sr, V, Be, Cr, Sr, F) зоны преимущественно природного происхождения и локальные аномалии техногенного (Fe, Al, Mn, Li, Pb, Ni, Cd, Be, Cr, Zn, P) происхождения. Оценка геоэкологического состояния природной среды территории произведена на основании анализа критериев: загрязнения почв, грунтов, донных осадков, подземных и поверхностных вод; естественной и техногенной радиоактивности; степени развития экзогенных и эндогенных геологических процессов; состояния современных ландшафтов. Территория ранжирована на 5 классов геоэкологического состояния: с благоприятной (площадь 3%), удовлетворительной (7%), напряжённой (75%), кризисной (10%) и катастрофической (5%) экологическими обстановками.

Ключевые слова: геоэкология, геологическая среда, геологические процессы, техногенез, геохимические аномальные зоны, комплексная геоэкологическая оценка.

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF KARST MINING-INDUSTRIAL AND OIL AREAS OF THE MIDDLE URALS

Kopylov I.S.¹, Naumov V.A.¹, Spassky B.A.², Maklashin A.V.²

¹Natural Science Institute of the Perm State National Research University, Perm, Russia (614990, Perm, Gencelya st., 4), georif@yandex.ru

²Perm State University, Russia (614990, Perm, Bukireva street, 15), igeon@psu.ru

Geoecological analysis of the Middle Urals in Kizel-Gubakha and, Lysva-Chusovoy industrial-economic districts of Permsky Krai is conducted. Geodynamic activity, karst and technogenesis (development of coal, oil and gas fields and industry) play a leading role in the formation of the geoecological conditions of the region Large anomalous geochemical (Cu, Be, Pb, Zn, Mn, Cr, Zr, Ti, Ga, Ni, Cd, V, VA) and hydrogeochemical (B, Br, Mn, Ti, Pb, Ba, Ni, Sr, V, Be, Cr, Sr, F) zones, predominantly of natural origin and local technogenic anomalies (Fe, Al, Mn, Li, Pb, Ni, Cd, Be, Cr, Zn, P) origin are installed. Evaluation of geoecological state of the natural environment in the area is produced on the basis of the analysis criteria: soil contamination, rock, sediment, groundwater and surface water; natural and man-made radioactivity, the degree of development of exogenous and endogenous geological processes, the state of modern landscapes. Territory ranked into 5 classes geoecological condition: with favorable (area 3%); satisfactory (7%); tense (75%); crisis 10%) and catastrophic (5%) environmental conditions.

Keywords: geoecology, geological environment, geological processes, technogenesis, geochemical anomalous zones, complex geoecological estimation.

Экологические проблемы в горно-промышленных и нефтедобывающих районах Среднего Урала обусловлены специфическими особенностями техногенеза и природными, в первую очередь – опасными геологическими процессами, в результате которых происходит интенсивная трансформация природно-геологической среды. На рассматриваемой территории расположены 2 промышленно-экономических района Пермского края: Кизеловско-Губахинский и Лысьвинско-Чусовской, экологические проблемы их связаны с

освоением Кизеловского угольного бассейна (КУБ), нефтегазовых месторождений, индустриальным развитием. Одной из важнейших геоэкологических задач является комплексная геоэкологическая оценка и геоинформационное картографирование территории, необходимые для разработки управленческих решений по всем экологическим проблемам.

Методика и материалы

Геоэкологический анализ Среднего Урала сделан на основе материалов геоэкологического картографирования территории Пермского края масштаба 1:500 000 и геологического доизучения листов О-40-Х и О-40-ХVI масштаба 1:200 000, выполненных ФГУП «Геокарта-Пермь» с участием ПГНИУ, при проведении которых один из авторов данной статьи был ответственным исполнителем по геоэкологическим, гидрогеологическим, геоморфологическим исследованиям. Комплексная оценка эколого-геологической опасности рассматриваемой территории выполнена в соответствии с «Инструкцией по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты РФ масштаба 1:200 000 (Роскомнедра)» (М.: ВСЕГЕИ, 1995), с учетом рекомендаций по оценочным критериям [3-5].

Результаты исследований и их обсуждение

Основные техногенные факторы и их воздействие на окружающую среду

Кизеловско-Губахинский промышленно-экономический район расположен на территории листа О-40-Х (и частично – О-40-ХVI в Гремячинском районе). Территория насыщена шахтерскими городами и поселками, всего 79 населенных пунктов, крупнейшие из них – гг. Кизел, Губаха, Александровск, Гремячинск, пгт. Рудничный, Северный Коспашский, Центральный Коспашский, Южный Коспашский, Шахта, Нагорнский, Углеуральский, Шахтный. Угледобывающая промышленность развивалась до 1997 г., уголь добывался на 16 шахтах – добыча осуществлялась ОАО «Кизелуголь». В настоящее время все шахты законсервированы и закрыты. Ведущими отраслями являются машиностроение, черная металлургия, лесозаготовительная отрасль, промышленность строительных материалов. Район относится к территориям с очень высоким уровнем накопления отходов – примерно 2000 тыс. т/год, модуль техногенной нагрузки (по количеству отходов на 1 км² площади) составляет 15-22 т/ км² (г. Александровск - до 387 т/ км²). По антропогенной нагрузке на атмосферный воздух район относится к умеренному и высокому (г. Губаха) уровням, модуль атмотехногенной нагрузки по району составляет 3-4 т год/км². Сброс сточных вод в водные объекты значительный, составляет в целом 544-549 млн м³ в год.

Основные экологические проблемы связаны с освоением КУБ, эксплуатация которого осуществлялась 200 лет. В настоящее время в большей части района сложилась катастрофическая ситуация. Наиболее существенное воздействие на геологическую среду оказывают отходы угледобычи и углеобогащения, складированные в отвалы и шахтные воды, сбрасываемые в речную сеть. Отмечаются различные виды природно-техногенных процессов:

горные удары, землетрясения, изменения гидрогеологических условий, активизация карста, изменение рельефа, загрязнения подземных и поверхностных вод, почв и грунтов [1]. Длительная эксплуатация КУБ привела к формированию нескольких депрессионных воронок в надугольном карбонатном водоносном комплексе с понижением уровня подземных вод от 50 до 150 м за счет шахтного водоотлива. По данным МНИИЭКО ТЭК наблюдается 13 постоянно действующих изливов шахтных вод с общим годовым объемом 14-15 млн м³. Приоритетными загрязняющими веществами (ЗВ) в подземных, поверхностных и шахтных водах являются Fe, Al, Mn, Li, Pb, Ni, Cd, сульфаты и др. (концентрации по Fe достигают 2000 ПДК, по Al – до 70 ПДК).

Лысьвинско-Чусовской промышленно-экономический район расположен на территории листа О-40-XVI. Селитебные зоны представляют 161 населенный пункт, крупнейшие из них – гг. Чусовой, Лысьва, пгт. Верхнечусовские Городки, Комарихинский, Калино, Лямино, Скальный и др. Ведущими отраслями являются черная металлургия, машиностроение, металлообработка, промышленность стройматериалов, легкая и пищевая промышленность. Район относится к территориям с очень высоким уровнем антропогенной нагрузки, объем отходов составляет 948-1028 тыс. т/год, модуль техногенной нагрузки – 137-149 т/ км². По уровню антропогенной нагрузки на атмосферный воздух район относится к высокому уровню. Сброс сточных вод в водные объекты по объему сточных вод значительный, составляет в целом более 50 млн м³ в год с массой ЗВ – 14-15 тыс. т.

Рассматриваемая территория является нефтегазоносной. На площади листа О-40-X, в основном в его западной части, пробурено более 300 структурных и нефтепоисковых скважин и несколько сотен углеразведочных скважин, открыто 6 месторождений нефти и газа, 4 из которых – Сибирское, Ульяновское и Крутовское (принадлежащие ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь») и Таборковское (принадлежащий ООО «Урал-Ойл») находятся в разработке. На площади листа О-40-XVI пробурено более 500 структурных и нефтепоисковых скважин, открыто 5 месторождений нефти – Бормосское, Луживское, Копальнинское, Верхне-Чусовское, Селинское, Лысьвинское и одно месторождение газа – Комарихинское. Инфраструктура нефтегазовой отрасли района оказывает серьезное влияние на состояние окружающей среды, особенно на ландшафты, почвы и природные воды [13].

Геодинамическая активность. Территория по общему сейсмическому районированию (ОСР-97-С) относится к территориям 7-балльной сейсмической опасности, но не исключается проявление природно-техногенной сейсмичности до 8 баллов. Значительную часть территории занимает Чусовская геодинамическая активная зона (ГАЗ) регионального уровня [9] на стыке Предуральского краевого прогиба и Западно-Уральской зоной складчатости. Пространственно она ориентирована в субмеридиональном направлении, пересекается несколькими глубинными разломами. Имеет сложное строение гравиметрического поля – с

преимущественно отрицательными значениями и аномалиями силы тяжести в северной и южной части, и преимущественно положительными аномалиями силы тяжести в центральной части. По данным аэрокосмогеологических исследований [11], эту зону пересекает несколько крупных тектонических линеаментов, формирующих участки высокой плотности трещиноватости пород [16], а сама Чусовская ГАЗ «разбивается» на 5 ГАЗ зонального уровня с площадями 100-600 км² и несколько десятков локальных ГАЗ. Большинство крупных ГАЗ пространственно совпадают с геохимическими и гидрогеохимическими аномалиями и водообильными зонами с высокодебитными родниками, в их пределах концентрируются геологические процессы, ухудшаются физико-механические свойства грунтов [10; 12].

Экзогенные геологические процессы (ЭГП). Наибольшее распространение на рассматриваемой территории получили: просадки, связанные с карстовыми и суффозионными процессами, оползневые и эрозионные процессы. Наиболее опасный процесс, имеющий катастрофические последствия – карст. Территория расположена в пределах Уральской карстовой страны; занимает часть Предуральской и Западно-Предуральской карстовых провинций, находится в пределах Чусовского района карбонатного карста [15]. Наиболее закарстованы доломиты верхнего девона, химически чистые визейские известняки, затем известняки верхов среднего карбона, менее верхнекаменноугольные. Карстовые формы приурочены к эрозионным формам, зонам тектонических нарушений и контактов пород. Наиболее характерными карстовыми формами являются воронки, суходолы, исчезающие реки, мощные родники и пещеры. Наиболее распространены воронки, которые встречаются по всему району в полях распространения карбонатных пород. Плотность их в пределах до 10-20 шт/км². Подземные формы представлены пещерами, каналами, кавернами. Известны 220 пещер, из них 5 протяженностью более 1000 м (Кизеловская Вишерская – 7600 м, Геологов-2 – 4000 м, Темная – 1750 м, Геологов-3 – 1700 м, Мариинская – 1000 м). Отмечается проявление техногенного карста. Данный процесс малоизучен, специфика этой разновидности карста – его развитие в зоне непосредственного воздействия технической деятельности. Происходят процессы оседания земной поверхности над отработанными горными выработками.

Эколого-гидрогеологические условия. На территории расположены три крупные гидрогеохимические аномальные зоны (АЗ): Яйвинская, Косьвинская и Чусовская. Яйвинская АЗ расположена в бассейне рр. Яйвы, Глухой Вильвы [6]. Изоминеры 0,2-0,3 г/дм³. Площадными являются аномалии по В (до 32 ПДК), Вг (до 19 ПДК), Мп (до 6 ПДК); точечные аномалии: по Сd (до 20 ПДК), Тi и Рb (до 13,5 ПДК), Ва и Ni (до 6 ПДК), Sr (до 3 ПДК), V (до 2 ПДК), F (до 1,3 ПДК). Косьвинская АЗ расположена в бассейне рек Косьвы и Усьвы. Изоминеры 0,2-0,5 г/дм³. Выделены площадные аномалии по Мп (до 3 ПДК); в основном АЗ сформирована точечными аномалиями: Ве (до 13 ПДК), Сd и Ni (до 8 ПДК), Cr (до 3 ПДК), Рb

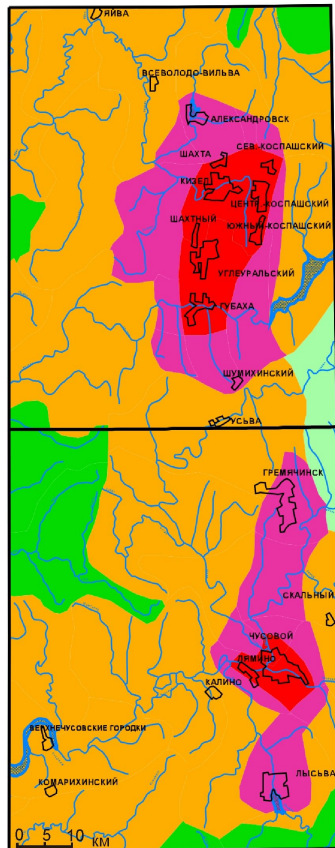
(до 2 ПДК). Чусовская гидрогеохимическая АЗ расположена в низовье р. Чусовой. Изоминеры от 0,2 до 2,0 г/дм³. Выделена в основном по Ti (до 20 ПДК), другие аномалии являются точечными: Vg и V (до 8 ПДК), Ba и Sr (до 3 ПДК), Mn и Cr (до 2 ПДК).

Эколого-геохимические условия. На рассматриваемой территории расположены две крупные геохимические аномальные зоны в бассейнах среднего течения р. Косьвы и нижнего течения р. Яйвы: Косьвинская и Среднечусовская АЗ [8]. Генетическая природа их в основном комплексная с различной долей двух групп факторов – природной и техногенной [2; 7]. Выделяются как площадные аномалии с содержанием: Cu, Be (до 10 ПДК), Pb (до 7 ПДК), Zn, Mn (до 6 ПДК), Cr, Zr (до 5 ПДК), Ti, Ga (до 2 ПДК), Ni (до 1,5 ПДК), с локальным распространением Cd (до 80 ПДК), V (до 5 ПДК), Ba (до 1,5 ПДК). Собственно техногенные аномалии имеют в плане локальный мозаичный характер, к ним относятся техногенные загрязненные участки в пределах любых территорий и зон. Наиболее опасными химическими элементами, формирующими техногенные аномалии, являются: Cd (до 50 ПДК), Be, Cr (до 5 ПДК), Pb, P (до 4 ПДК), Zn (до 2 ПДК).

Радиационная обстановка территории преимущественно спокойная. Величина экспозиционной дозы (МЭД) редко превышает 15 мкР/час. По данным ГПП «Зеленогорскгеология» (1996ф), по материалам гамма-каротажа на глубинах 381-2232 м в нижнекаменноугольных и нижнепермских отложениях была выявлена Чусовская аномальная зона (площадь 1800 км², радиоактивность 102-170 мкР/час) с полигенным урановым оруденением.

Комплексная оценка эколого-геологического состояния и опасности

Оценка геоэкологического состояния природной среды территории произведена на основании анализа критериев: загрязнения почв, грунтов, донных осадков, подземных и поверхностных вод; естественной и техногенной радиоактивности, степени развития экзогенных и эндогенных геологических процессов, состояния современных ландшафтов. Интенсивность влияния того или иного фактора оценена в баллах. Критерием оценки территорий по степени эколого-геологической опасности служит суммарный балл. Участки, в пределах которых суммарная величина опасностей не превышает 3 баллов, отнесены к категории территорий с благоприятной обстановкой; 4-7 баллов – удовлетворительной; 8-12 – напряжённой; 13-18 – кризисной и более 18 – катастрофической (рис. 1).



Критерии оценки экологического состояния геологической среды и ее компонентов

№№ критериев	Наименование критериев	Показатель	Оценка показателя	Вес в баллах
1	Загрязнение почво-грунтов, дождевых осадков	Химическое загрязнение	0 - 1 ПДК	0
			1 - 8 ПДК	2
			8 - 16 ПДК	4
			Более 16 ПДК	5
2	Загрязнение поверхностных и подземных вод	Химическое загрязнение	0 - 1 ПДК	0
			1 - 8 ПДК	2
			8 - 16 ПДК	4
3	Экзогенные и эндогенные процессы	Карст, боковая эрозия, заболачивание, денудация, разломы, сейсмичность и др.	Отсутствие всех	0
			Наличие 1 - 2	2
4	Техногенная нагрузка	Изменение природной среды вследствие деятельности человека	Неизменяемые	0
			Селитренные зоны, старые вырубки, покосы, выгоны скота	1
			Зоны газо- и нефтепроводов, транспортных магистралей	3
			Промышленные зоны, отработанные россыпи	4
			Терриконы, свалки, карьеры, отвалы	5

Суммарная оценка эколого-геологической опасности

0 - 3	4 - 7	8 - 12	13-18	более 18
Благоприятная	Удовлетворительная	Напряженная	Кризисная	Катастрофическая

Рис. 1. Комплексная оценка эколого-геологического состояния и опасности.

Территории с благоприятными геоэкологическими условиями (площадь около 3%) выделены локально в восточной части площади. Характеризуются редким развитием слабых по интенсивности и локальных по распространенности природных (в основном это – заболоченности) процессов; геохимические аномалии либо отсутствуют, либо локальны, характеризуются допустимой степенью загрязнения и не превышают ПДК. Территории с удовлетворительными геоэкологическими условиями (площадь до 7%) выделены фрагментарно, характеризуются природными и слабоизмененными ландшафтами и незначительной поражённостью ЭГП. Геохимические аномалии, незначительно превышающие ПДК, имеют локальный характер, техногенная нагрузка незначительна. Наибольшее распространение (75%) имеют территории с напряжённой степенью геолого-экологической опасности. Определяющими ЭГП являются карст, заболачивание, овражная эрозия. Отмечается загрязнение почвогрунтов и подземных и поверхностных вод до уровня 8 ПДК, реже – выше. Участки с кризисными геоэкологическими условиями (площадь до 10%) приурочены главным образом к территориям, где развиты различные промышленные комплексы, а в т.ч. - связанные с разведкой, добычей и транспортировкой нефти и газа; а также селитренные ландшафты, занятые обслуживанием железнодорожных магистралей. Для них характерно значительное изменение природных ландшафтов, а также механическое и химическое загрязнение естественной среды. Выделены 2 участка с катастрофическими геоэкологическими условиями (площадь 5%): Кизеловско-Губахинский промузел и район

г. Чусового. В этих районах сказывается влияние всех факторов с явным преобладанием техногенного. Установлены обширные геохимические аномалии по всем средам с ореолами и потоками с чрезвычайно опасной степенью загрязнений, до 32 и более ПДК. Здесь отмечается самый высокий уровень заболеваемости населения. Потенциальными зонами экологического риска следует считать участки, прилегающие к трассам нефте- и газопроводов [14], высокая степень изношенности которых приводит к частым авариям с тяжелейшими экологическими последствиями.

Заключение. Установлено, что в формировании геоэкологических и инженерно-геологических условий района ведущую роль играют геодинамическая активность, карст, горно-промышленный, индустриальный и нефтегазовый техногенез. В настоящее время достаточно сложно оценить региональную направленность изменения природно-геологической среды. Достоверность этой оценки должна основываться на длительных мониторинговых и режимных наблюдениях по всем компонентам природной среды. Необходима постановка комплексного мониторинга состояния недр и крупномасштабного геоэкологического картографирования в районах с кризисными и катастрофическими геоэкологическими условиями.

Статья составлена в рамках мероприятий ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 гг.»

Список литературы

1. Бачурин Б.А. Экологические проблемы горнопромышленных районов Пермского края // Экология и промышленность России. – 2006. - № 4. – С. 32–35.
2. Грязнов О.Н. Природные источники загрязнения природной и окружающей среды // Известия Уральского государственного горного университета. – 2014. - № 2 (34). – С. 11-18.
3. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. – 2011. - № 6.
4. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. – 2011. - № 23. – С. 126-129.
5. Копылов И.С., Карасева Т.В., Гершанок В.А. Комплексная геоэкологическая оценка горнопромышленных районов Северного Урала // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. - № 84. – С. 113-122.
6. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья //

Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – 2012. - № 12. – С. 145-149.

7. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми как проявления факторов геодинамики и техногенеза // *Фундаментальные исследования*. – 2013. - № 1-2. – С. 335-339.

8. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования*. – 2013. - №. 4.

9. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // *Успехи современного естествознания*. – 2014. - № 4. – С. 69-74.

10. Копылов И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон // *Успехи современного естествознания*. – 2014. - № 5-2. – С. 110-114.

11. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // *Современные наукоемкие технологии*. – 2014. - № 6. – С. 14-19.

12. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2014. - № 7. – С. 67-71.

13. Лейбович Л.О., Середин В.В., Пушкарева М.В., Чиркова А.А., Копылов И.С. Экологическая оценка территорий месторождений углеводородного сырья для определения возможности размещения объектов нефтедобычи // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*. – 2012. - № 12. – С. 13-16.

14. Михалев В.В., Копылов И.С., Аристов Е.А., Коноплев А.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья // *Трубопроводный транспорт: теория и практика*. – 2005. - № 1. – С. 75-77.

15. Назаров Н.Н. Карст Прикамья. Физико-географические (геоморфологические) аспекты : учебное пособие. – Пермь, 1996. – 93 с.

16. Seredin V.V., Kopylov I.S., Khrulev A.S., Leibovich L.O., Pushkareva M.V. Evolution of fracture surface morphology in rocks // *Journal of Mining Science*. – 2013. Т. 49. - № 3. – С. 409-412.

Рецензенты:

Середин В.В., д.г.-м.н., профессор, зав. кафедрой инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.

Осовецкий Б.М., д.г.-м.н., профессор, профессор кафедры минералогии и петрографии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь.