

И.В.Абатурова, И.Г.Петрова

**К МЕТОДИКЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ
СЛАБОУСВОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
(на примере Полярного Урала)**

Проведение геологических съемок в настоящий момент сопровождается геоэкологическими исследованиями. Планируемое освоение территории Полярного Урала, разведка и разработка ряда месторождений (Центральное, Западное и др.) приведут к ухудшению экологической ситуации района, и в этой связи необходимо изучить экологическую обстановку на настоящий момент и спрогнозировать возможные ее изменения [3].

Научно-методической основой геоэкологического картографирования является требование одновременного отображения:

- природно-геологических закономерностей;
- источников и характера антропогенных воздействий на геологическую среду;
- реакции геологической среды на эти воздействия;
- оценки и прогноза суммарного воздействия природных и антропогенных факторов на экологическое состояние почв и зоны аэрации, подземных вод, горных пород и геологической среды в целом как развивающейся природно-техногенной системы.

Важнейшая методическая задача геоэкологического картирования - разработка критериев оценки экологической ситуации и содержания геоэкологических карт. Экологическая оценка состояния территории может быть дана на основе трех различных подходов:

- на базе эколого-геологических исследований;
- с помощью медико-биологических нормативов;
- на основе социально-экономических критериев.

Существует множество методик геоэкологического районирования. Наиболее часто исследователи используют следующие:

- по степени нарушенности в системах, подверженных антропогенному воздействию;
- по степени благоприятности приповерхностной части литосферы для ее хозяйственного освоения;
- по степени устойчивости геологической среды к антропогенному воздействию.

Первая и вторая методики используются в пределах площадей городских агломераций, промышленных зон при условии высокой степени изученности геологических условий. Учитывая это в пределах Полярного Урала, где антропогенная нагрузка распространена локально для районирования и прогнозирования геоэкологических условий, применима третья методика на основе построения аналитических карт-фактов. Выбор этой методики обусловлен также слабой степенью изученности территории и, как следствие, недостаточностью обеспечения фондовыми материалами.

Понятие «устойчивость геологической среды» рассматривалось в работах А.Д. Арманд, В.Ф. Котлова, М.Д. Гродзенского, Г.А. Голодковской, В.Т. Трофимова [4, 5].

Арманд А.Д. рассматривает «устойчивость» как способность системы сохранять данный объект в течение некоторого времени; способность восстанавливать прежнее состояние после возмущения, адаптироваться к изменившимся условиям; переход в новое состояние равновесия; гомеостаз; способность гасить внешний сигнал, многократно передавая его от одного элемента к другому и др.

Гродзинский М.Д. и др. считают, что «устойчивость» геосистем имеет смысл рассматривать лишь при конкретном воздействии. Бондарик Г.К., Голодковская Г.А. рассматривают «устойчивость» как внутреннее свойство системы. И в данном случае к понятию «устойчивость» близки по смыслу термины «адаптация», «инертность», «упругость».

В нашем понимании устойчивость определяется свойствами самих геосистем, следовательно, она индивидуальна для различных типов среды. Любая геосистема обладает свойствами избирательной реакции на различные внешние воздействия: физические, геодинамические, механические, геохимические и др.

При комплексном воздействии техногенных факторов обычно применяется обобщенная качественная оценка устойчивости геосреды, которая основывается, главным образом, на экспертных оценках влияния ведущих негативных факторов. Из-за многообразия и разнохарактерности воздействия техногенных факторов, а также отсутствия унифицированной оценочной шкалы их влияния в различных геологических условиях в настоящее время нет единой типизации геологических условий по степени устойчивости. Обоснованный выбор характеристик, используемых для оценок устойчивости, имеет важное значение, и поэтому они должны отражать их наиболее характерные особенности, быть легко определяемыми и, по возможности, выражаться в количественной форме. Общее число, детальность и точность таких характеристик (оценок) также зависят от задач исследований и масштабов изучаемых геосистем [2].

Метод тематического картографирования является традиционным, широко применяемым и наглядным. Картографические модели служат достаточно точной и объективной основой для накопления, обобщения и анализа фактических данных с целью прогноза устойчивости геологической среды при различных видах антропогенного воздействия.

На Полярном Урале в большей степени изменяются показатели геохимической и геодинамической устойчивости. Под геодинамической устойчивостью понимается способность ландшафтов противодействовать физико-механическим нагрузкам и восстанавливать свои прежние функции после снятия нагрузок. Геохимическая устойчивость – это способность ландшафтов освобождаться от загрязняющих веществ, а также восстанавливать свои прежние геохимические свойства.

Методика прогнозного геоэкологического районирования рассматривается на примере территории Полярного Урала.

Исследуемая территория расположена в пределах Ямало-Ненецкого национального округа. Географическое положение определяется координатами $66^{\circ}40' - 67^{\circ}20'$ с.ш и $65^{\circ}00' - 66^{\circ}00'$ в.д.

Центральная и северо-западная части территории представлены холмистой тундрой с абсолютными отметками, колеблющимися от 77 до 320 м. На крайнем юго-востоке – невысокие покрытые тайгой предгорья с абсолютными отметками 67-250 м. Остальная часть территории представляет собой альпийскую горную область, лишённую, исключая долины крупных рек (Бол. Пайпудын, Сось и др.), древесной растительности. Абсолютные отметки колеблются от 200 до 1200 м.

В целом структурно-тектонические условия территории определяются каледонско-герцинской складчатостью. Глубинный Хараматалоуский разлом разделяет участок на эвгеосинклинальную (на востоке), многоэосинклинальную (на западе) области.

В геологическом строении территории принимают участие образования байкальского (протерозойско-кембрийского), каледонско-герцинского (ордовикско-пермского) и перекрывающего их эпигерцинского структурных этажей. По литологическому составу протерозойско-кембрийские образования представлены амфиболитами, гнейсами, песчаниками, сланцами и др. породами. Разрез каледонско-герцинского структурного этажа представлен карбонатными отложениями, содержащими обильную фауну, с переслаиванием терригенных пород.

Протерозойские и палеозойские образования повсеместно перекрываются горизонтально залегающими четвертичными отложениями. Они представлены ледниково-морскими,

ледниковыми, межледниковыми и послеледниковыми отложениями среднечетвертичного, верхнечетвертичного и современного отделов. Их мощность изменяется от 2,0-5,0 до 30,0-45,0 м. Отложения имеют различный генезис (ледниковый, флювиогляциальный, аллювиальный, пролювиальный, коллювиальный и др.) и представлены обломочным материалом с различным размером частиц и степенью окатанности. Значительная расчлененность рельефа, наличие большого количества тектонических нарушений и связанных с ними трещин приводят к ослаблению массива скальных пород. Развитие морозного выветривания приводит к формированию значительных по масштабам гравитационных процессов (осыпей, обвалов, оползней, конусов выносов, курумов).

Исследуемая территория располагается в зоне развития сплошной и островной мерзлоты. Мощность многолетнемерзлых пород (ММП) изменяется от 5-100 м на юге территории до 1000 м на севере. В межгорных депрессиях мерзлые породы распространены спорадически, мощность их измеряется первыми метрами. Для территории характерно развитие криогенных процессов: солифлюкции, бугров пучения, термокарста.

Методика составления карты

Первоначально определяются факторы, влияющие на устойчивость геологической среды:

- геологические – возраст и генезис пород, условия залегания, состав, структура, текстура;
- структурные – тектоника, слоистость, магматизм, метаморфизм;
- морфологические – энергия рельефа, его расчлененность, крутизна и экспозиция склонов;
- потенциальная реактивность геологической среды – подверженность экзогенным

процессам, наличие многолетней мерзлоты.

Для получения данной информации проводятся полевые исследования, изучаются фондовые и литературные материалы и результаты отображаются на картах территории Полярного Урала листа Q-41-XII Госгеолкарты. В состав комплекта карт вошли:

1. Геологическая карта.
2. Карта инженерно-геологических условий.
3. Карта природных и геохимических ландшафтов.
4. Карта инженерно-экологического районирования по степени устойчивости.

Проведение количественной оценки устойчивости данной территории в настоящий момент не представляется возможным, но, используя картографический материал и результаты дешифрирования МАКС, можно провести оценку на качественном уровне. За основу принимаем методику Глазовской М.А. [1].

Основной оцениваемой единицей местности принимаем природно-территориальный комплекс (ПТК) - понятие, близкое к набору морфологических признаков, но с определенными свойствами структуры комплекса, которые сохраняются на протяжении более или менее длительного отрезка времени. При формировании ПТК обособляются составные части (морфологические единицы). Внутри них идет отбор биологических компонентов, соответствующих данной климатической, геологической, экологической и другим обстановкам. В зависимости от свойств составных частей и слагающих компонентов ПТК определяются процессы как внутри морфологической единицы (ПТК), так и между ними. На данной площади в конкретной ситуации выделяется восемь типов природных комплексов, характеризующихся различным макрорельефом, литологией коренных пород, четвертичных отложений, растительностью, почвами. Инженерно-экологическая карта по степени устойчивости носит преимущественно оценочный характер (см. рисунок).

Методика оценки ПТК

Выбирается набор критериев геодинамической и геохимической устойчивости, для каждого критерия определяется единица измерения и относительное значение, характеризующее условия.

В пределах каждого ПТК выбираются ключевые участки с характерными геологическими, структурными и геоморфологическими особенностями данного комплекса и наибольшей степенью изученности.

Согласно нормативным документам, на площади выбранного ключевого участка определяется степень площадной пораженности территории природными процессами. Суммарное значение пораженности криогенными (солифлюкция, пучение, полигонально-жильная тундра, заболоченность, термокарст) и экзогенными инженерно-геологическими (осыпи, обвалы, оползни, курумы, конуса выноса) процессами заносится в результирующую таблицу (табл.1). Чем выше степень пораженности, тем ниже оценка геодинамической устойчивости. Для данной территории авторами принято относительно устойчивыми считать комплексы, где суммарная пораженность не превышает 50-55 % площади ключевого участка.

На основе принципов аналогии качественная оценка устойчивости переносится с ключевого участка на весь природный комплекс, схожий с ключевым участком по геологическим, геоморфологическим, климатическим, гидрогеологическим, криогенным условиям.

Геодинамическая устойчивость на карте показывается вертикальной штриховкой, геохимическая – горизонтальной, плотность которой увеличивается от более устойчивых к менее устойчивым ПТК.

Раскраска при построении карты ведется по принципу "светофора", от зеленого (относительно высокая степень устойчивости) до красного (низкая степень устойчивости) (см.рисунок).

К карте прилагаются экспликации, в которых дается подробное описание выбранных критериев и указываются их значения (табл.1 и 2).

Таблица 1

Критерии оценки устойчивости природно-территориальных комплексов Полярного Урала

ПТК	Критерии оценки геодинамической устойчивости						
	пораженность криогенными процессами, %	Пораженность инженерно-геологическими процессами, %	инженерно-геологическая группа по ГОСТ 25100-95	крутизна склона, град.	мощность деятельного слоя, м	закрепленность поверхности растительностью	Степень геодинамической устойчивости
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Межгорные долины	90	5	Дисперсные несвязные	0	1,2-2,0	Средняя	Низкая
2. Плоская равнина с низкими сопками	80	5	Дисперсные связные	0-5	1,2-1,5	-а-	Средняя
3. Низкогорный рельеф с вытянутыми сопками	30	20	Дисперсные несвязные	До 20	1,5	-в-	-в-

1	2	3	4	5	6	7	8
4. Сильно расчлененный среднегорный рельеф	10	70	Дисперсные несвязные	20-75	0,5-1,0	Низкая	-«-
5. Сильно расчлененный среднегорный рельеф	10	70	-«-	20-75	0,3-0,8	-«-	-«-
6. Среднегорный платообразный рельеф с крупными сопками	5	50	Скальные	45-90	0,5	-«-	Высокая
7. Средне-низкогорный сильно расчлененный рельеф	30	60	Дисперсные связанные	20-75	0,8-1,7	-«-	Низкая
8. Низкогорный, почти равнинный рельеф с перепадом высот до 100 м	50	5	Дисперсные несвязные	0-5	2,0-2,5	Высокая	Средняя

Критерии оценки геохимической устойчивости					Степень геохимической устойчивости	Оценка устойчивости ПТК
тип геохимического ландшафта	мех. состав и мощность покровных отложений, м	сорбционная способность пород	тип водообмена грунтовых вод с атмосферой*	мощность деятельного слоя, м		
9	10	11	12	13	14	15
Трансупер-аквальный	Песчано-гравийно-галечный 2,0-50,0	Средняя	Испарительн., $K_u=0,33$	1,5-2,0	Низкая	Низкая
Супераквальный	Щебенистые с суглинистым заполнителем 15,0	Высокая	То же	1,2-1,5	-«-	-«-
Трансэлювиальный	Щебенисто-глыбовые 0,6-16,0	Средняя	Инфильтрац-спарительн., $K_u=1,0-0,33$	1,5	Средняя	Средняя
-«-	Крупнообломочные 0,5-20,0	-«-	То же	0,5-1,0	-«-	Низкая
-«-	Щебенисто-глыбовые, до 5,0	-«-	-«-	0,3-0,8	-«-	-«-
-«-	Щебенистые 0,2-5,0	Низкая	Инфильтрац $K_u=1,0$	0,5	Высокая	Высокая
-«-	Галечниковые с суглинистым заполнителем, до 15,0	Высокая	Инфильтрац-спарительн., $K_u=1,0-0,33$	0,8-1,7	Низкая	Низкая
Супераквальный	Древяно-щебенистые, 25,0-30,0	Средняя	Испарительн., $K_u=0,33$	2,0-2,5	Средняя	Средняя

* K_u – коэффициент увлажненности

Оценка устойчивости

Оценка устойчивости природно- территориальных комплексов		ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ						
		низкая		средняя		высокая		
ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ	низкая							
	средняя							
	высокая							



Карта экологического районирования (по степени устойчивости).
Масштаб 1:500 000

Выводы

Анализ карт, построенных по данной методике, показал:

К наименее устойчивым относятся:

1. Межгорные речные долины и плоские равнины на терригенно-карбонатных породах. Межгорные долины распространены повсеместно и занимают порядка 20 % территории. Плоские равнины имеют локальное распространение. Низкая устойчивость данных комплексов обусловлена высокой степенью пораженности (80-90 %) криогенными процессами, заболоченностью (25-40 %), термокарст (20-30 %) и низкой способностью ландшафта к самоочищению, что связано с наличием испарительного типа водообмена.

2. Природные комплексы среднегорного сильнорасчлененного рельефа, имеющие широкое распространение и занимающие порядка 50 % территории. Для данных комплексов характерна низкая геодинамическая устойчивость, что объясняется низкой степенью закрепленности поверхности растительностью и высокой пораженностью гравитационными процессами (60-70 %). Геохимическая устойчивость трансэлювиального ландшафта данных комплексов характеризуется средней способностью к самоочищению. Общая устойчивость принимается по наимудшим условиям.

К территориям со средней степенью устойчивости относится ПТК низкогорного почти равнинного рельефа, для которого характерны средние (40-50 %) значения пораженности территории инженерно-геологическими процессами, а также средней сорбционной способностью пород и инфильтрационно-испарительным типом водообмена грунтовых вод с атмосферой.

Высокая устойчивость наблюдается только на территории ультраосновного массива Рай-Из с платообразным рельефом, характеризующимся широким распространением скальных пород, низкой сорбционной емкостью в сочетании с инфильтрационным типом водообмена.

В целом территория Полярного Урала слабо устойчива к антропогенной нагрузке, что связано с распространением многолетнемерзлых пород и приуроченностью района к открытой структуре горно-складчатого Урала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. - М.: Высш. шк., 1988. - 328 с.
2. Гольдберг В. М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. - М.: Недра, 1984.
3. Ершов Э.Д., Чижов А. А. Геоэкологические условия криолитозоны// Инж. Геология. - 1990. - №3. - С.8-15.
4. Теория и методология экологической геологии /Под ред.В. Т. Трофимова. - М.: Изд-во МГУ, 1997. - 368 с.
5. Трофимов В. Т., Герасимова А. С. Устойчивость геологической среды и факторы, ее определяющие// Геоэкология. - 1994. - №2. - С.18-27.