

# НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 550.502.7:528.9

DOI 10.21440/2307-2091-2017-4-7-13

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ОСВОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

О. Н. Грязнов, И. Г. Петрова, Л. А. Стороженко

### Geoecological zoning of developed territories

O. N. Gryaznov, I. G. Petrova, L. A. Storozhenko

The article contains information on methods of geoecological zoning carried out based on the assessment of cartographic material using geoinformation technologies for the analysis of factographic cartographic material. The proposed methodology complements the existing methodological recommendations on geological and environmental research, developed by VSEGINGEO. The paper reflects the basic principles of obtaining the initial environmental information for creation of a map evaluation model of the Salekhard Area, and the rationale for selecting factors and numerical criteria for an integrated environmental assessment of the territory, taking into account the specifics of nature-technogenic conditions of the Severnoye Priobye region (West Siberia). The article briefly describes the main natural factors of the region of research, including landscape, geological, radiation, engineering-geological, geocryological, hydrogeological factors. Separate block describes the objects of technogenic load, including technogeneally-transformed landscapes in residential areas, corridors of transport communications, industrial and energy zones, and local ecologically significant objects. Ecological significance of natural and technogenic factors affected conducted ranking of their numerical parameters of the evaluation criteria. The article shows the application of a method of expert scoring for obtaining an integral assessment of the ecological state of the geological environment and creating a map of the regionalization of the Salekhard Area. Based on obtained cartographic model, a brief analysis of the existing ecological situation in the Salekhard Area shows the territories of favorable, satisfactory, tense, and crisis ecological states. The geoinformation-integrated model serves as the basis for determination of ecologically significant factors at the points of mapping the state of the geological environment, which allows for the further development of the territory to take into account possible environmental risks and make competent design decisions.

**Keywords:** geoecological zoning; technogenic load; ecological map; natural conditions of Severnoye Priobye area; integral assessment of ecological state; geological environment.

В статье приведены сведения о методах геоэкологического районирования, выполняемого на основе оценки картографического материала с использованием геоинформационных технологий при анализе фактографического картографического материала. Предложенная методика дополняет существующие методические рекомендации по геолого-экологическим исследованиям, разработанные ВСЕГИНГЕО. В работе отражены основные принципы получения исходной экологической информации для создания картографической оценочной модели Салехардской площади, и выполнено обоснование выбора факторов и численных критериев для комплексной экологической оценки территории с учетом специфики природно-техногенных условий Северного Приобья. В статье кратко приводится описание основных природных факторов региона исследований, включая ландшафтные, геологические, радиационные, инженерно-геологические, геокриологические, гидрогеологические. В отдельном блоке отражены объекты техногенной нагрузки, в том числе техногенно трансформированные ландшафты в селитебных зонах, коридорах транспортных коммуникаций, зонах промышленности и энергетики и локальные экологически значимые объекты. Ранжирование численных параметров оценочных критериев природных и техногенных факторов выполнено с учетом их экологической значимости. Для получения интегральной оценки экологического состояния ГС и создания карты районирования Салехардской площади применен метод экспертных балльных оценок. На основании полученной картографической модели представлен краткий анализ сложившейся экологической ситуации Салехардской площади выделены территории благоприятного, удовлетворительного, напряженного, кризисного экологического состояния. На основе геоинформационной интегральной модели определяются экологически значимые факторы в точках картирования состояния геологической среды, что позволяет при дальнейшем освоении территории учитывать возможные экологические риски и принимать грамотные проектные решения.

**Ключевые слова:** геоэкологическое районирование; техногенная нагрузка; экологическая карта; природные условия Северного Приобья; интегральная оценка экологического состояния; геологическая среда.

**Введение**  
Объективным методом оценки техногенного воздействия на геологическую среду освоенных территорий является геоэкологическое картирование: изучение и оценка состояния, состава и свойств геологической среды, сопряженных с ней приземной атмосферы и поверхностной гидросферы. Использование результатов комплексной эколого-геологической съемки и систематических наблюдений за компонентами геологической среды позволяет выполнять геоэкологическое районирование с применением геоинформационных технологий с по-

следующим прогнозированием и моделированием возможных трансформаций под воздействием природных и техногенных процессов.

#### Основные принципы и методы геоэкологического районирования

Геоэкологическое районирование освоенных территорий – заключительная процедура эколого-геологического изучения. Оно базируется на интегральной оценке состояния геологической среды (ГС) с учетом максимального числа факторов, определяющих трансформацию геологической среды и связанных с ней компонентов окружающей среды. Совокупность анализируемых факторов и их оценочные критерии определяются спецификой природных условий, а также отраслевой специализацией исследуемого региона и могут быть унифицированы. Вариативность оценочных параметров зависит от наличия факторов, осложняющих объективную комплексную экологическую оценку территории. К числу ключевых и наиболее часто используемых факторов относятся: характеристики ландшафтных условий; техногенная нагрузка и нарушенность территории; характеристики водоносных горизонтов, включая их защищенность от загрязнения, а также их химический состав и степень загрязнения; загрязнение приземной атмосферы (через состояние снегового покрова); загрязнение поверхностных вод, почв, грунтов и донных отложений; развитие эндогенных, экзогенных и инженерно-геологических процессов и связанных с ними явлений и др. Все карты составляются в принятой системе условных обозначений без введения балльной оценки экологической роли факторов. При этом объективность и достоверность районирования во многом зависят от количества и качества картографических материалов, отражающих пространственное распределение факторов [1, 2].

Унифицированная методика, утвержденная нормативными документами, или государственная инструкция по геоэкологическому картированию с применением интегральной оценки экологического состояния геологической среды отсутствуют. Пионером в этом вопросе явилось Министерство геологии СССР (ныне его правопреемник – Министерство природных ресурсов

и экологии РФ), предложившее силами Всероссийского научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО) методические документы по эколого-геологическому изучению урбанизированных территорий.

ВСЕГИНГЕО разработаны требования по эколого-геологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:50 000–1:25 000 (1990) [3] и Методические рекомендации по составлению эколого-геологических карт масштаба 1:200 000–1:100 000 (1996) [4]. Это обстоятельные документы, регламентирующие проведение эколого-геологического изучения территорий в системе Минприроды РФ. По результатам геоэкологических съемок названных масштабов в документе рекомендуется составление комплектов обязательных (2–6) и вспомогательных (8–16) карт по отдельным классам информации, касающейся экологического состояния компонентов геологической среды. Карты составляются в балльной системе оценок *экологической роли факторов*. Основными являются «Эколого-геологическая карта» и «Карта оценки экологического состояния среды».

Наряду с несомненными достоинствами предложенные методики отличаются рядом существенных неудобств, затрудняющих их широкое использование: сложной системой оценок отдельных показателей; условностью численной градации оценок показателей по категориям загрязнения; «разноразмерностью» балльной оценки различных показателей, характеризующих состояние отдельных сред (интегральный критерий оценки состояния ГС заменен средними значениями, что не отражает суммарного воздействия факторов на состояние ГС); информационной перегруженностью результирующих карт (эколого-геологической и оценки экологического состояния), их затрудненным восприятием.

В дополнение к рассмотренным методикам может быть предложена методика, позволяющая провести геоэкологическое районирование территории как по результатам специализированных съемочных работ, так и с использованием материалов геологоразведочных работ по более простой схеме. Методика геоэкологического районирования освоенных территорий была разработана на кафедре гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Уральского государственного горного университета.

Предложенная методика была апробирована при проведении комплексных оценок экологического состояния ГС территорий разной степени освоенности, а именно территории г. Екатеринбург и Песчанско-Воронцовского рудного поля в 1998–2002 гг. [1]. В 2002–2003 гг. методический подход был несколько трансформирован для территорий, находящихся на ранней стадии урбанизации, и использован для геоэкологического картирования Собско-Райизской площади Полярного Урала [5]. В 2004–2008 гг. по материалам комплексных (геологической, гидрогеологической, инженерно-геологической и геоэкологической) съемок масштаба 1:50 000 Салехардской и Надымской площадей ЯНАО методика геоэкологического районирования была унифицирована с применением ГИС-технологий [6, 7].

Предлагаемая методика базируется на следующих принципах:

- максимальный учет природных и техногенных факторов, определяющих состояние ГС;
- картографическое отражение площадного распространения всех классов факторов в их реальном выражении (принятой легенде условных знаков) без «ранжирования» по степени *экологического воздействия* (фактографический принцип); комплект аналитических карт зависит от числа факторов, определяющих геоэкологическую обстановку изучаемой территории; результирующими являются эколого-геологическая карта и карта геоэкологического районирования территорий;
- принцип экспертных оценок экологической роли факторов; предлагается 10-балльная шкала оценки факторов по их негативному воздействию на состояние ГС (принцип негативности отрицательной роли факторов); это позволяет оценить любую информацию (факторы всех классов) с одних позиций; достоверность субъективных оценок определяется квалификацией и числом экспертов;
- принцип равномерности оценки информации (геоэкологической роли факторов); с этой целью все частные карты (по

всем классам факторов) составляются в одних границах (листов соответствующего масштаба или обусловленных границах прямоугольных планшетов); площадь каждой карты разбивается на квадраты со сторонами 1–2 см в зависимости от размеров площади и сложности природных и техногенных условий территории; среднеарифметическая (или средневзвешенная по площади) оценка в баллах по факторам каждого класса привязывается к центру квадрата;

– принцип интегральной оценки информации при составлении карты геоэкологического районирования; в каждой точке оцениваются все проявленные факторы; средние баллы суммируются; максимальная сумма баллов в каждой точке:  $B = 10 \cdot n$ , где  $n$  – количество классов информации (классов факторов). Геоэкологическое состояние территорий в зависимости от суммы баллов может быть оценено по следующей шкале: (1–2) $n$  – благоприятное, (2–4) $n$  – удовлетворительное, (4–6) $n$  – напряженное, (6–8) $n$  – кризисное, (8–10) $n$  – чрезвычайное (катастрофическое).

#### Геоэкологическое районирование Салехардской площади

Проиллюстрируем применение методики на примере Салехардской площади Северного Приобья.

Район характеризуется суровыми климатическими условиями на широте Северного Полярного круга, проходящего через г. Салехард. Низкие среднегодовые температуры, отрицательный радиационный тепловой баланс, сильные ветры предопределили современное существование многолетнемерзлых пород, влагообеспеченность территории и особенности почвенного и растительного покровов. Территория Северного Приобья находится в переходной зоне тундр и лесотундры. Условия существования и миграции загрязняющих веществ, их накопление обусловлены приуроченностью площади к бореально-субарктической ландшафтной зоне и наличием разных типов элементарных ландшафтов (элювиальных, трансэлювиальных, супераквальных и др.).

Породы геологического основания (литогенная основа ландшафтов) является источником поступления химических веществ в аэрогенную и гидрогенную среды. В основании разреза залегают отложения неогеновой системы плиоценового возраста, сложенные породами новопортовской, мыскаменской толщ и тиутейхской свиты. Это ледниково-морские, аллювиальные и аллювиально-морские отложения глинистого, супесчаного-суглинистого, песчаного состава с гравийно-галечниковым материалом. Выше залегают отложения четвертичной системы, представленные осадками эоплейстоцена, неоплейстоцена и голоцена.

Для оценки экологического состояния геологической среды наибольший интерес представляют делювиально-солифлюкционные, аллювиальные отложения I надпойменной террасы и поймы, а также озерно-болотные, озерно-аллювиальные отложения голоцена, залегающие с поверхности и являющиеся почвообразующими породами в границах элементарных ландшафтов.

Характерная черта территории – приуроченность ее к зоне сплошного развития эпигенетически промерзших пород с островами талых. Вертикальное строение мерзлых толщ сложное. Здесь выделяются многолетнемерзлые породы (ММП) однослойного и двухслойного строения с развитием современных и реликтовых толщ. Таликовые зоны представлены сквозными таликами под руслами р. Обь, Полуй, а также несквозными подрусловыми таликами малых рек и щелевидными тальми зонами водораздельных пространств. Глубина залегания кровли многолетнемерзлых пород с поверхности либо с глубины 2–10 м, в целом же для территории характерно неравномерное распределение мерзлых пород как по площади, так и по глубине [8].

Температурный режим пород характеризуется довольно мягкими значениями температур от  $-3^{\circ}\text{C}$  до  $+1,5^{\circ}\text{C}$ , что способствует быстрому переходу пород в талое состояние и негативно сказывается на геоэкологических условиях Северного Приобья.

Недостаточная теплообеспеченность, избыточное увлажнение, наличие многолетнемерзлых пород создают благоприятную обстановку для развития широкого ряда экзогенных процессов и явлений.

Выделены следующие доминирующие группы экзогенных геологических процессов с основными формами проявления этих процессов в рельефе:

– криогенные, обусловленные годовыми и многолетними колебаниями теплообмена на земной поверхности: морозобойное и диагенетическое растрескивание, термокарст, морозное пучение;

– флювиальные, абразионные и водно-балансовые, обусловленные тепловым и механическим воздействием водных масс на оттаивающие и мерзлые породы, годовыми колебаниями теплообмена на поверхности, колебаниями водного баланса поверхности: заболачивание, речная и овражная эрозии;

– гравитационные процессы, обусловленные гравитацией, поверхностным и внутригрунтовым стоком вод, годовыми колебаниями теплообмена на поверхности: осыпи, оползни, солифлюкции [9].

В качестве критерия оценки развития и масштабности экзогенных геологических процессов используется коэффициент пораженности территории.

Четвертичные отложения изучаемой территории являются основными водовмещающими породами. По положению водовмещающих пород относительно многолетнемерзлых пород в районе исследований выделяют следующие типы подземных вод в четвертичных отложениях: подземные воды сквозных таликов; надмерзлотные подземные воды несквозных таликов; надмерзлотные подземные воды присклоновых таликов; межмерзлотные подземные воды; подмерзлотные подземные воды.

Все горизонты и комплексы плиоцен-четвертичных отложений относят к криогенно-таликовым, а водоносный комплекс, связанный с рекой Обь, является таликовым.

Для всех водоносных горизонтов и комплексов характерно совпадение областей питания и распространения. Питание в основном происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, сезонного протаивания многолетнемерзлых пород, перетекания подземных вод соседних горизонтов через проницаемые «окна» в литологических и криогенных водоупорах. Основное направление разгрузки подземных вод – р. Обь и ее притоки.

Подземные воды в районе исследований пресные, минерализация в основном не превышает 0,5 г/дм<sup>3</sup>, по составу преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, магниевые. В целом для региона характерно повышенное содержание в подземных водах железа и марганца, кремниесодержащие, иногда нефтепродуктов.

В настоящее время в районе исследований действуют водозаборы подземных вод, эксплуатирующие подземные воды нескольких водоносных горизонтов и комплексов. В целом анализ гидрогеологических условий позволяет говорить о недостаточной обеспеченности района подземными водами, и при сценарии дальнейшего интенсивного освоения будет наблюдаться значительный их дефицит.

Основные виды воздействия на компоненты природной среды Северного Приобья связаны с наличием техногенных объектов и выражаются в механических нарушениях и химическом загрязнении почв, грунтов, донных отложений, поверхностных и подземных вод. Механические нарушения земель обусловлены необходимостью проведения вертикальной перепланировки местности и перемещения почв и грунтов, а также подсыпкой или их срезкой. Загрязнение компонентов геологической среды происходит почти при любой хозяйственной деятельности и выражается повышенными по отношению к фону концентрациями химических элементов и соединений. В совокупности с инженерными объектами данные преобразования ГС приводят к формированию техногенных и техногенно трансформированных природных ландшафтов.

Анализ экологических условий территории позволил выполнить функциональное зонирование территории и выделить техногенные объекты и комплексы, которые негативно влияют на состояние окружающей среды: селитебный комплекс, промышленно-эксплуатационный комплекс, транспортный комплекс, сельскохозяйственный комплекс, топливно-энергетический комплекс, которые на территории сосредоточены локально.

Интегральная эколого-геологическая оценка Салехардской площади базировалась на результатах анализа природных условий и техногенной нагрузки. При выборе критериев эколого-геологической оценки учитывались приуроченность территории

к интразональной ландшафтной области долинного комплекса Оби, широкое развитие многолетнемерзлых пород и экзогенных геологических процессов. В качестве критериев оценки экологического состояния ГС использовались следующие классы информации:

– ландшафтный, определяющий условия миграции и накопления элементов, критерием оценки которых являются типы геохимических ландшафтов;

– геохимический – показателем является химическое и минеральное загрязнение почв, пород зоны аэрации и донных отложений, выраженное через суммарный показатель химического загрязнения  $Z_c$ , химическое загрязнение природных вод нефтяными углеводородами и соединениями азота, нормированные через ПДК [10];

– радиоактивность и радиоактивные элементы, оцениваемые через показатель гамма-активности пород и по содержанию техногенных радионуклидов Cs-137, Sr-90 в различных средах;

– экзогенные геологические процессы – критерием оценки является коэффициент пространственной пораженности, оцениваемый в долях единицы и равный отношению площади пораженной части ландшафта к площади территории (по материалам дешифрирования);

– защищенность подземных вод от загрязнения, критерий оценки – наличие криогенного водоупора, в таликовой области – наличие водоупоров и коэффициент фильтрации пород зоны аэрации [11];

– техногенная нагрузка, оцениваемая экспертно по условиям современного преобразования ландшафтов и наличию инженерных сооружений.

Согласно анализу ландшафтно-геологической приуроченности участков различной степени антропогенной трансформации и на основании дифференцированного подхода выполнена интегральная оценка экологического состояния ГС, результаты которой представляют картографическую модель. Таким образом, карта является синтезом оценки систематизированной на аналитических картах информации с ранжированием ее на классы состояний. По каждому из перечисленных классов факторов составлены соответствующие аналитические карты.

Для получения интегральной оценки экологического состояния ГС и создания карты районирования Салехардской площади применен метод экспертных балльных оценок. Суть данного метода заключается в использовании для получения значения интегрального показателя мнения экспертов – квалифицированных специалистов, привлекаемых для оценки всех факторов. В качестве основного методического приема для получения балльных оценок используется индивидуальная экспертиза влияния природных факторов на формирование экологической обстановки. Результатом экспертизы экологической роли факторов явилось создание таблицы, в которой приведены критерии оценки экологического состояния геологической среды Салехардской площади, численные показатели каждого критерия и вес каждого показателя в баллах (таблица). По каждому классу факторов рассчитывается среднеарифметическая оценка.

В качестве основы принята 10-балльная шкала, и все используемые критерии ранжируются по ней. Таким образом, качественные показатели преобразуются в количественные с учетом веса каждого фактора, определяющего современное состояние ГС.

Построение карты геоэкологического районирования Салехардской площади осуществлено путем подсчета суммы баллов по средним значениям по точкам «сетки-грида» [12, 13]. При этом произведено ранжирование экологической роли каждого класса факторов в точке подсчета путем последовательного расположения номеров классов по их значению (от большего к меньшему).

При  $n = 6$  классах факторов, определяющих экологическое состояние ГС Салехардской площади, максимальное значение интегрального показателя  $N$  негативного (катастрофического) состояния среды будет составлять  $10n = 60$  баллов. Благоприятное экологическое состояние ГС определяется значением показателя  $N \leq 12$ , удовлетворительное  $12 < N \leq 24$ , напряженное  $24 < N \leq 36$ , кризисное  $36 < N \leq 48$  и катастрофическое (чрезвычайное)  $48 < N \leq 60$ .

**Факторы и критерии оценки экологического состояния геологической среды Салехардской площади.**

Классы факторов	Индекс фактора на карте	Фактор и критерий его оценки	Интегральная оценка экологического состояния ГС				
			Численные оценки критерия (в скобках баллы – оценки экологического состояния)				
			Благоприятное	Удовлетворительное	Напряженное	Кризисное	Чрезвычайное
Ландшафтный	1	Ландшафт элементарный (по баллам экологического состояния)	Элювиальный (преобладает вынос) (2)	Трансэлювиальный (транзитный) (4)	Супераквальный (привнос–вынос) (6)	Аквальный (привнос–вынос) (8)	Субаквальный Суперсубаквальный (преобладает привнос) (10)
		Химическое и минеральное загрязнение почв грунтов и донных отложений (по $Z_c$ )	$0 < Z_c \leq 8$ (2)	$8 < Z_c \leq 16$ (4)	$16 < Z_c \leq 32$ (6)	$32 < Z_c \leq 64$ (8)	$64 < Z_c \leq 128$ (10)
Геохимический	2	Химическая загрязненность природных вод нефтепродуктами, $NO_2$ , $NO_3$ , $NH_4$	$C_i < 1$ ПДК (2)	$C_i = (1 - 2)$ ПДК (4)	$C_i = (3 - 4)$ ПДК (6)	$C_i = (5 - 6)$ ПДК (8)	$C_i > 6$ ПДК (10)
		Радиоактивность по показателю $\gamma$ -активности пород $R$ , мкР/ч	$0 < R \leq 10$ (2)	$10 < R \leq 20$ (4)	$20 < R \leq 30$ (6)	$30 < R \leq 40$ (8)	$R > 40$ (10)
Радиоактивные и радиоактивные элементы	3	Радионуклиды Cs-137, Sr-90 (по сопоставлению с фоном $C_\phi$ )	$C_i \leq C_\phi$ (2)	$C_i = (1 - 15) C_\phi$ (4)	$C_i = (15 - 30) C_\phi$ (6)	$C_i = (30 - 45) C_\phi$ (8)	$C_i > 45 C_\phi$ (10)
		Распространенность экзогенных геологических процессов (по коэффициенту площадной пораженности)	$0 < K_n \leq 0,1$ (2)	$0,1 < K_n \leq 0,2$ (4)	$0,2 < K_n \leq 0,3$ (6)	$0,3 < K_n \leq 0,4$ (8)	$K_n > 0,4$ (10)
Экзогенные геологические процессы	4	Распространение ММП по площади и в разрезе (в баллах экологического состояния)	Криогенный водоупор (2)	Несквозные присклоновые талики мощностью талой части 2–50 м (4)	Несквозные талики с мало-мощными линзами ММП, мощность талой части более 50 м (6)	Сквозные талики (8–10)	
		Наличие водоупорных горизонтов в таликовых зонах (в баллах экологического состояния)	Алевриты и глины $K_\phi < 0,001$ (2)	Суглинки легкие $0,001 < K_\phi \leq 0,01$ (4)	Супеси $0,01 < K_\phi \leq 0,1$ (6)	Пески $K_\phi > 0,1$ (8–10)	
Защищенность подземных вод	5	Техногенные ландшафты (в баллах экологического состояния): - сельскохозяйственный - селитебный - промышленный	(2)	(4) <sup>1)</sup>	(6) <sup>2)</sup>	(8)	(10)
		Трансформированные ландшафты и коридоры коммуникаций (в баллах экологического состояния) Инженерные сооружения вне техногенных ландшафтов и экологически опасные объекты (в баллах)	(2)	(4)	(6)	(8)	
Техногенная нагрузка	6	Техногенные ландшафты (в баллах экологического состояния): - сельскохозяйственный - селитебный - промышленный	(2)	(4) <sup>3)</sup>	(6) <sup>4)</sup>	(8) <sup>5)</sup>	(10) <sup>6)</sup>
		Трансформированные ландшафты и коридоры коммуникаций (в баллах экологического состояния) Инженерные сооружения вне техногенных ландшафтов и экологически опасные объекты (в баллах)	(2)	(4)	(6)	(8)	
<b>Сумма баллов</b>			12	24	36	48	60

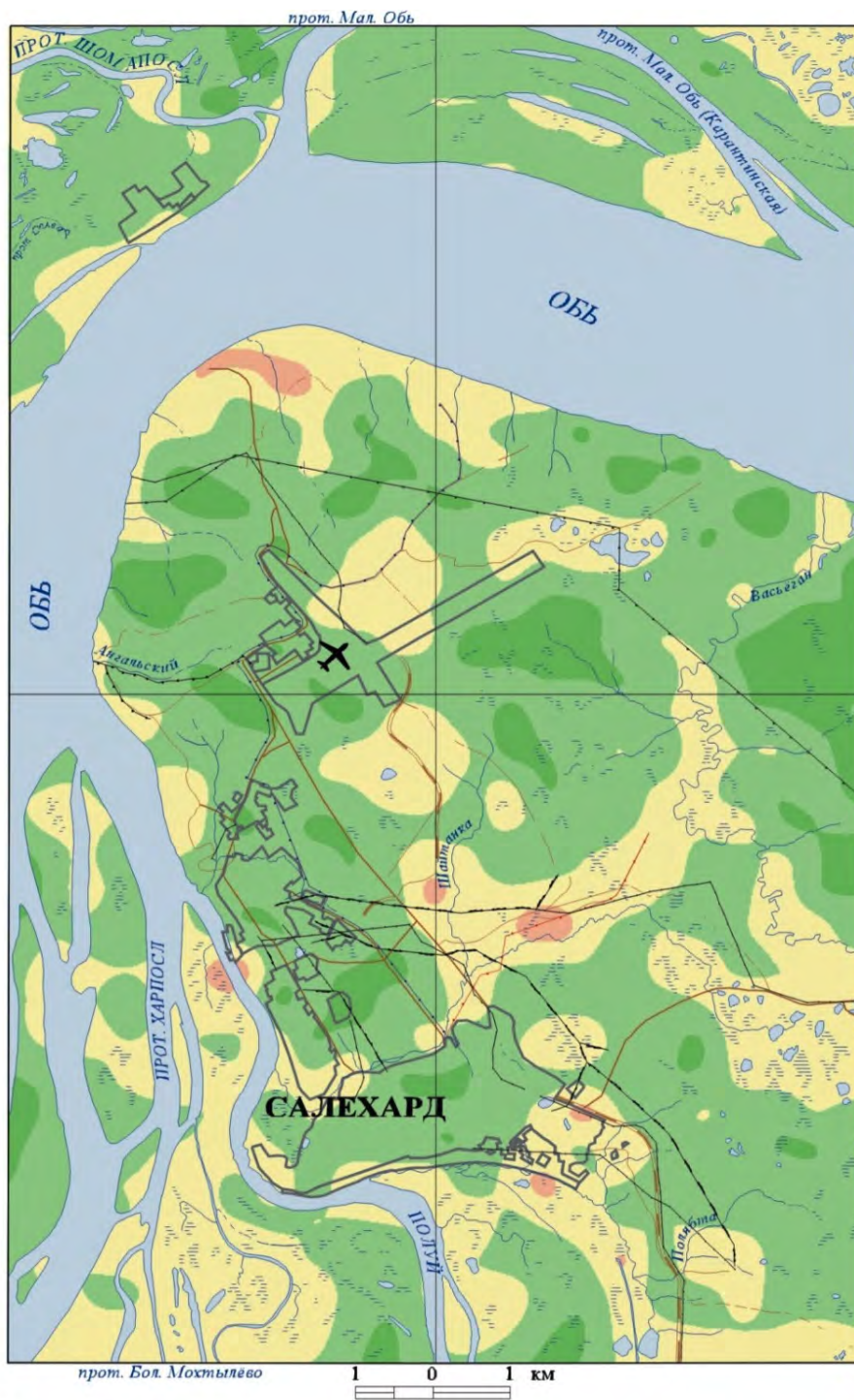
<sup>1)</sup>Огороды, приусадебные участки; <sup>2)</sup>сельхозопытная станция, молочно-товарная ферма, звероферма; <sup>3)</sup>водозабор, метеостанция; <sup>4)</sup>карьер, кладбище, газовая ТЭС, свалки, металлолома, затопленные теплотходы, баржи, катера; водозабор с загрязненными подземными водами; <sup>5)</sup>котельные на жидком топливе, переведенные на газ; асфальтобетонные автомобильные дороги; <sup>6)</sup>городские очистные сооружения, нефтебазы, АЗС, асфальтобетонный завод, нефтепродукты, причалы перегрузки нефтепродуктов.

Карта геоэкологического районирования Салехардской площади представлена на рис. 1. Чтобы «вспомогательная» информация не мешала восприятию геоэкологического районирования площади, точки подсчета с ранжированием экологического значения факторов вынесены на отдельный планшет (рис. 2).

**Выводы**

Анализ экологической ситуации, отображенной на карте, свидетельствует о следующем.

1. Большая часть площади характеризуется благоприятным и удовлетворительным экологическим состоянием ГС. Это северная и западная части площади, включая склоны возвышенности Ангальского мыса с лесным ландшафтом, преобладающая часть городской территории вплоть до р. Полябта, правый борт долины р. Оби от водозабора до устья р. Васьеган, часть водораздела р. Шайтанка–Васьеган, междуречье р. Шайтанка–Полябта, Шайтанка–Хасьрей, верховье р. Полябты, левый берег р. Обь,



Сумма баллов	12	24	36	48	60
Цвет на карте					
Интегральная оценка экологического состояния ГС	благоприятная (норма)	удовлетворительная (умеренно благоприятная)	напряженная (умеренно неблагоприятная)	кризисная (неблагоприятная)	катастрофическая (чрезвычайная)

Рисунок 1. Карта геоэкологического районирования Салехардской площади Северного Приобья.



Рисунок 2. Фрагмент карты геоэкологического районирования Салехардской площади (вне масштаба). Ранжирование факторов экологической оценки в точках арида (индекс по таблице).

острова Карантинский, Савва-Пугол и др. При различной роли факторов в ареалах благоприятного и удовлетворительного состояния их интегральное воздействие не влечет негативных преобразований ГС.

2. Напряженная экологическая обстановка, связанная с недостаточной защищенностью подземных вод, развитием экзогенных геологических процессов (эрозионных, криогенных, заболачивания), загрязнением почв, грунтов, горных пород и донных отложений, интенсивной техногенной нагрузкой, сложилась в береговой зоне р. Оби, в долинах Васьегана, Шайтанки, Полябты, в урочище Хасырей, в ряде участков междуречья Обь–Полуй, в районе Аэропорта, в таликовой зоне на продолжении взлетно-посадочной полосы и коридоре газопровода, в промышленной, сельскохозяйственной и отчасти жилой зонах юго-восточного сектора г. Салехарда.

3. Кризисная экологическая ситуация выявлена в районе паромной переправы мыса Корчаги, в районе старого карьера строительных песков и остатков 501 стройки железной дороги на правом берегу р. Шайтанки, на путях транспортировки канализационных отходов в районе очистных сооружений в пределах урочища Хасырей, на территории, подверженной трансформации ГС под воздействием хозяйственной деятельности населения, в зоне влияния региональной сельскохозяйственной опытной станции в долине р. Полябта, в районе станции водоподготовки в северо-восточной окраине города, в районе нефтехранилища и месте захоронения судов и барж на левом берегу р. Полуй. Основными факторами, определяющими кризисную обстановку на данных территориях, являются: интенсивная и плотная техногенная нагрузка, а также приуроченность территории к зоне распространения сквозных таликов и, следовательно, характеризующихся низкой степенью защищенности подземных вод от проникновения загрязняющих компонентов. На локальных участках с кризисной экологической обстановкой основной вклад в общую негативную ситуацию вносят наличие природных и техногенных геохимических аномалий в почвах и грунтах, а также высокие значения коэффициента пораженности экзогенными геологическими процессами.

4. Результаты геоэкологического районирования Салехардской площади могут быть использованы для принятия управленческих решений при планировании городской застройки, размещении предприятий промышленного, транспортного,

сельскохозяйственного, коммунально-бытового комплексов, выборе и оборудовании рекреационных зон, анализа региональных экологических условий северных территорий Ямало-Ненецкого автономного округа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грязнов О. Н., Брусницын В. Д., Бордокова В. Г. Методические основы геоэкологического районирования урбанизированных территорий (на примере Воронцовского рудного поля, Сев. Урал) // Изв. УГГУ. Сер. «Геология и геофизика». 2002. Вып. 15. С. 243–252.
2. Стурман В. И. Экологическое картографирование. М. Аспект-Пресс, 2003. 251 с.
3. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1:50 000–1:25 000 / М. С. Галицын [и др.]. М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. 127 с.
4. Островский В. Н., Островский Л. А. Методические рекомендации по составлению эколого-геологических карт масштаба 1:20 000–1:100 000. М.: ВСЕГИНГЕО, 1996. 61 с.
5. Петрова И. Г. Оценка экологического состояния геологической среды Собско-Райизской площади Полярного Урала на ранней стадии урбанизации: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2004. 17 с.
6. Отчет по комплексной гидрогеологической, инженерно-геологической и геоэкологической съемке масштаба 1:50 000 листа Q-42-50-A (Салехард) / О. Н. Грязнов [и др.]. Екатеринбург, 2004.
7. Сторозhenko Л. А. Геоэкологическое районирование Северного Приобья с применением компьютерных технологий: автореф. ... дис. канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2008. 18 с.
8. Грязнов О. Н., Абатурова И. В. и др. Инженерно-геологические условия долинных областей криолитозоны Ямало-Ненецкого автономного округа и их трансформация под воздействием техногенеза. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. 198 с.
9. Абатурова И. В., Storozhenko Л. А., Петрова И. Г., Савинцев И. А. Строение и закономерности распространения многолетнемерзлых пород в северной геокриологической зоне (на примере г. Салехард) // Сергеевские чтения: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. М.: Изд-во РУДН, 2016. Вып. 18. С. 531–536.
10. Критерии оценки экологической обстановки территории для выявления зон чрезвычайно экологической ситуации и зон экологического бедствия. М.: Минприроды РФ, 1992. 37 с.
11. Гольдберг В. М., Газа С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. М.: Недра, 1984. 262 с.
12. Кошкарёв А. В., Каракин В. П. Региональные геоинформационные системы. М.: Наука, 1987. 126 с.
13. Pereira P., Brevik E., Muñoz-Rojas M., Miller B. Soil Mapping and Process Modeling for Sustainable Land Use Management. Elsevier, 2017. 398 p.

#### REFERENCES

1. Gryaznov O. N., Brusnitsyn V. D., Bordokova V. G. 2002, *Metodicheskie osnovy geoekologicheskogo rayonirovaniya urbanizirovannykh territoriy (na prim-*

- ere Vorontsovskogo rudnogo polya, Severnyi Ural) [Methodical basis of geoecological zoning of urbanized territories (on the example of the Vorontsov ore field, North Ural)]. *Izv. UGGU. Seriya «Geologiya i geofizika»* [News of the Ural State Mining University. Series "Geology and Geophysics"], no. 15, pp. 243–252.
2. Sturman V. I. 2003, *Ekologicheskoe kartografirovaniye* [Ecological mapping], Moscow, 251 p.
3. Galitsyn M. S. et al. 1990, *Trebovaniya k geologo-ekologicheskim issledovaniyam i kartografirovaniyu masshtaba 1:50 000–1:25 000* [Requirements for geological and ecological research and mapping at a scale of 1:50 000-1: 25 000], Moscow, 127 p.
4. Ostrovskiy V. N., Ostrovskiy L. A. 1996, *Metodicheskie rekomendatsii po sostavleniyu ekologo-geologicheskikh kart masshtaba 1:20 000–1:100 000* [Methodological recommendations for compiling ecological-geological maps at a scale of 1:20 000-1: 100 000], Moscow, 61 p.
5. Petrova I. G. 2004, *Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya geologicheskoy sredy Sobsko-Rayizskoy ploshchadi Polyarnogo Urala na ranney stadii urbanizatsii: avtoref. dis. ... kand. geol.-mineral. nauk* [Assessment of the ecological state of the geological environment of the Sobsko-Rayizsky area of the Polar Urals in the early stage of urbanization: dissertation of the candidate of geological-mineralogical sciences], Ekaterinburg, 17 p.
6. Gryaznov O. N. et al. 2004, *Otchet po kompleksnoy gidrogeologicheskoy, inzhenerno-geologicheskoy i geoekologicheskoy s'emke masshtaba 1:50 000 lista Q-42-50-A (Salekhard)* [Report on the integrated hydrogeological, geotechnical and geoecological survey at a scale of 1:50 000 sheets K-42-50-A (Salekhard)], Ekaterinburg.
7. Storozhenko L. A. 2008, *Geoekologicheskoe rayonirovaniye Severnogo Priob'ya s primeneniem komp'yuternykh tekhnologiy: dis. ... kand. geol.-mineral. nauk* [Geoecological zoning of the Severnoye Priobye region with the use of computer technologies: the dissertation of the candidate of geological-mineralogical sciences], Ekaterinburg, 18 p.
8. Gryaznov O. N., Abaturova I. V. et al. 2014, *Inzhenerno-geologicheskije usloviya dolinnykh oblastey kriolitozony Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga i ikh transformatsiya pod vozdeystviem tekhnogeneza* [Engineering-geological conditions of valley regions of the permafrost zone of the Yamal-Nenets Autonomous District and their transformation under the influence of technogenesis], Ekaterinburg, 198 p.
9. Abaturova I. V., Storozhenko L. A., Petrova I. G., Savintsev I. A. 2016, *Stroeniye i zakonemernosti rasprostraneniya mnogoletnemerzlykh porod v severnoy geokriologicheskoy zone (na primere goroda Salekhard)* [Structure and regularities of the distribution of permafrost rocks in the northern geocryological zone (on the example of Salekhard)]. *Sergeevskie chteniya: materialy godichnoy sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geoekologii, inzhenernoy geologii i gidrogeologii* [Sergeevsky readings: materials of the annual session of the Scientific Council of the Russian Academy of Sciences on the problems of geoecology, engineering geology and hydrogeology], Moscow, no.18, pp. 531–536.
10. 1992, *Kriterii otsenki ekologicheskoy obstanovki territorii dlya vyyavleniya zon chrezvychayno ekologicheskoy situatsii i zon ekologicheskogo bedstviya* [Criteria for assessing the ecological situation of the territories for identifying zones of emergency ecological situation and zones of ecological disaster], Moscow, 37 p.
11. Gol'dberg V. M., Gazda S. 1984, *Gidrogeologicheskije osnovy okhrany podzemnykh vod ot zagryazneniya* [Hydrogeological basis of protection of groundwater from pollution], Moscow, 262 p.
12. Koshkarev A. V., Karakin V. P. 1987, *Regional'nye geoinformatsionnye sistemy* [Regional Geoinformation Systems], Moscow, 126 p.
13. Pereira P., Brevik E., Muñoz-Rojas M., Miller B. 2017, *Soil Mapping and Process Modeling for Sustainable Land Use Management*, Elsevier, 398 p.

**Олег Николаевич Грязнов,**

Gryaznov.O@ursmu.ru

**Ирина Геннадьевна Петрова,**

Igp05@mail.ru

**Любовь Александровна Стороженко,**

Stor\_Luba@mail.ru

Уральский государственный горный университет

Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

**Oleg Nikolaevich Gryaznov,**

Gryaznov.O@ursmu.ru

**Irina Gennad'evna Petrova,**

Igp05@mail.ru

**Lyubov' Aleksandrovna Storozhenko,**

Stor\_Luba@mail.ru

Ural State Mining University

Ekaterinburg, Russia