

# ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ



**Н. В. КРУТСКИХ,**

старший научный сотрудник, канд. геогр. наук,  
natkrut@gmail.com

Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Россия

## Введение

Работа горнодобывающего предприятия неизменно приводит к изменению качества компонентов природной среды. В первую очередь это выражается в преобразовании природных ландшафтов, рельефа, водного режима, а также загрязнении почв, воздуха, подземных и поверхностных вод, также существенно увеличивается шумовое и вибрационное воздействие на организм человека. Вопросы воздействия горнодобывающего комплекса на компоненты природной среды рассмотрены достаточно широко [1, 2]. В основном это касается комплексной оценки территорий развития рудных месторождений [3–8], в меньшей степени добычи нерудного строительного сырья [9–11]. При этом наибольшей популярностью пользуются геохимические методы исследования. Геодинамические параметры изменения в аспекте воздействия горнодобывающих предприятий рассматриваются в комплексе с химическими и описывают качественные изменения рельефа, гидрогеологических и гидродинамических обстановок [12]. Вопросам изучения пылевого загрязнения от карьеров уделяется меньше внимание, несмотря на то, что распространение карьерной пыли зависит от множества факторов [13, 14].

Согласно «Стратегии социально-экономического развития Республики Карелия до 2020 года», горнопромышленный комплекс является одним из важнейших секторов экономики региона. Возрастает доля предприятий по производству строительных материалов, преимущественно щебня. В связи со сложившейся транспортной инфраструктурой горнодобывающие предприятия расположены вблизи населенных пунктов, что определяет экологическую значимость и актуальность изучения качественного изменения компонентов природной среды.

В связи с этим основная цель работы – изучить пространственно-временные изменения природной среды в пределах воздействия предприятий по добыче щебня.

## Объекты и методика исследования

В качестве тестовых объектов рассматривают территории, испытывающие воздействие от карьеров по добыче щебня

*Рассмотрены вопросы изменения состояния компонентов природной среды в пределах влияния карьеров по добыче щебня на основе анализа полевых исследований и данных, полученных по космоснимкам высокого разрешения.*

**Ключевые слова:** геоэкологическая оценка, мониторинг, техногенное воздействие, дистанционное зондирование Земли, горнодобывающие территории, добыча щебня.

**DOI:** 10.17580/gzh.2019.03.17

и расположенные вокруг поселков Рыбрека, Другая Река (Карелия) и Щелейки (Ленинградская обл.). Цепочка этих карьеров вытянута в субмеридиональном направлении вдоль ропручейского силла, представленного габбро-долеритами, долеритами, габбро. Данная поздневепсийская интрузия прорывает отложения вепсийского горизонта шокшинской свиты, сложенной песчаниками, алевролитами. В настоящее время карьеры в поселках Щелейки, Каскесручей, Другая Река вскрывают горизонты габбро-долеритового комплекса. Рыборецкий карьер до недавнего времени работал в слоях песчаников и кварцитопесчаников, на данный момент здесь вскрываются породы силла.

Полевое эколого-геохимическое обследование почв и техногенных грунтов проведено в 2012 г., снеговой покров изучали в марте 2013 г. Пробы почв и снега отбирали по стандартным методикам [15], затем были проанализированы в аналитической лаборатории Института геологии КарНЦ РАН. Химический состав определяли методом индуктивно связанной плазмы ICP-MS. Анализ геохимических данных проведен на основе факторного анализа – метод главных компонент, который позволяет из всего многообразия признаков выявить наиболее важные. Метод является эффективным способом улучшить понимание геохимических характеристик области исследования [16].

Совместно с данными, полученными при наземном обследовании, используют материалы дистанционного зондирования Земли [17–19]. Это позволяет дать комплексную оценку территории, выявить изменения состояния природной среды и ее компонентов за период эксплуатации карьеров. С помощью изучения спектральных свойств летней и зимней поверхности в пределах воздействия добывающего комплекса выделяют основные типы ландшафтов. Оценка качественных изменений компонентов природной среды в зонах воздействия карьеров возможна при изучении разновременных данных, полученных при обработке мультиспектральных космоснимков. Изменения фиксируются путем использования функции «калькулятор растра» в геоинформационных программных продуктах ArcGIS, QGIS.

Съемочные системы спутников серии Landsat 5 используют тематический картограф Thematic Mapper (TM), который сканирует Землю в семи спектральных зонах – в видимом, ближнем и двух средних инфракрасных зонах (пространственное разрешение 30 м) и в тепловом диапазоне (разрешение 120 м). Спутник Landsat 8 благодаря оперативному картографу Земли (OLI) позволяет дополнительно получать снимки по глубокому синему каналу и дополнительному инфракрасному каналу (разрешение 30 м), панхроматическому каналу (разрешение 15 м), а также инструмент TIRS покрывает тепловой диапазон с разделением на два канала. В качестве исходного материала данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) используют безоблачные снимки Landsat 5 от 17.07.2003, 16.03.2005 и Landsat 8 от 19.08.2015, 17.02.2015.

Использование зимних снимков связано с тем, что снеговой покров отражает состояние приземной атмосферы. Применение данных дистанционного зондирования Земли для мониторинга уровня трансформации снежного покрова в пределах урбанизированных территорий рассмотрено в работе [20]. Использование этой методики возможно и на территориях воздействия горнодобывающих комплексов. Показателем снежного покрова является нормализованный индекс снега NDSI, который рассчитывается как отношение яркости в зеленом (0,544–0,565 нм) и среднем инфракрасном (1,628–1,652 нм) каналах [21]. Снежные поверхности имеют  $NDSI > 0,4$ . Индекс NDSI используется и как критерий оценки качества снежного покрова, так как метеорологические условия, по данным архива погоды, к моменту получения снимка позволяют говорить о возможности снеготаяния, интенсивность которого находится в прямой зависимости от количества пылевых частиц [22]. В качестве основного критерия рассматривается индекс загрязненности снежного покрова ИЗС [20]:

$$ИЗС = \frac{Swir1 + Nir}{Green},$$

где Swir1, Nir, Green – коэффициенты отражения в среднем инфракрасном, ближнем инфракрасном и зеленом каналах.

В связи с тем, что не вся территория покрыта снегом (дороги, зеленые участки), наблюдение за изменением уровня загрязнения лучше проводить на полигонах мониторинга. На открытых участках с обильным снегонакоплением и удовлетворяющим условиям сохранения естественного состояния в течение всего зимнего периода заложены площадки диаметром 30 м. По данным зимних снимков для каждого полигона вычислены показатели NDSI и ИЗС.

Обработка летних снимков включает: расчет спектральных индексов; температуру подстилающей поверхности; анализ главных компонент; неконтролируемую классификацию. По снимкам в тепловом инфракрасном диапазоне определяют температуру поверхности. В связи с испарением влаги с поверхности листьев и, соответственно, снижением интенсивности теплового излучения растительность хорошо дешифрируется. Техногенные объекты, напротив, показывают повышенную температуру поверхности по сравнению с температурой природного окружения. В связи с межгодовыми изменениями и различиями атмосферных условий для сравнения разновременных данных температуры поверхности был осуществлен метод нормализации [23]:

$$T_n = (T - T_{cp})/SD,$$

где  $T$  – температура поверхности Земли;  $T_{cp}$  – среднее значение температуры поверхности;  $SD$  – стандартное отклонение.

Изучение состояния растительности и влажности в растительности проводят с использованием нормализованного вегетационного индекса (NDVI) и стандартизованного индекса увлажненности (NDMI). Расчет NDVI основан на контрасте характеристик красного канала, где происходит поглощение хлорофилла, и инфракрасного канала, где наблюдается высокая отражательная способность растительности. NDMI использует отношения в ближнем и среднем инфракрасных каналах.

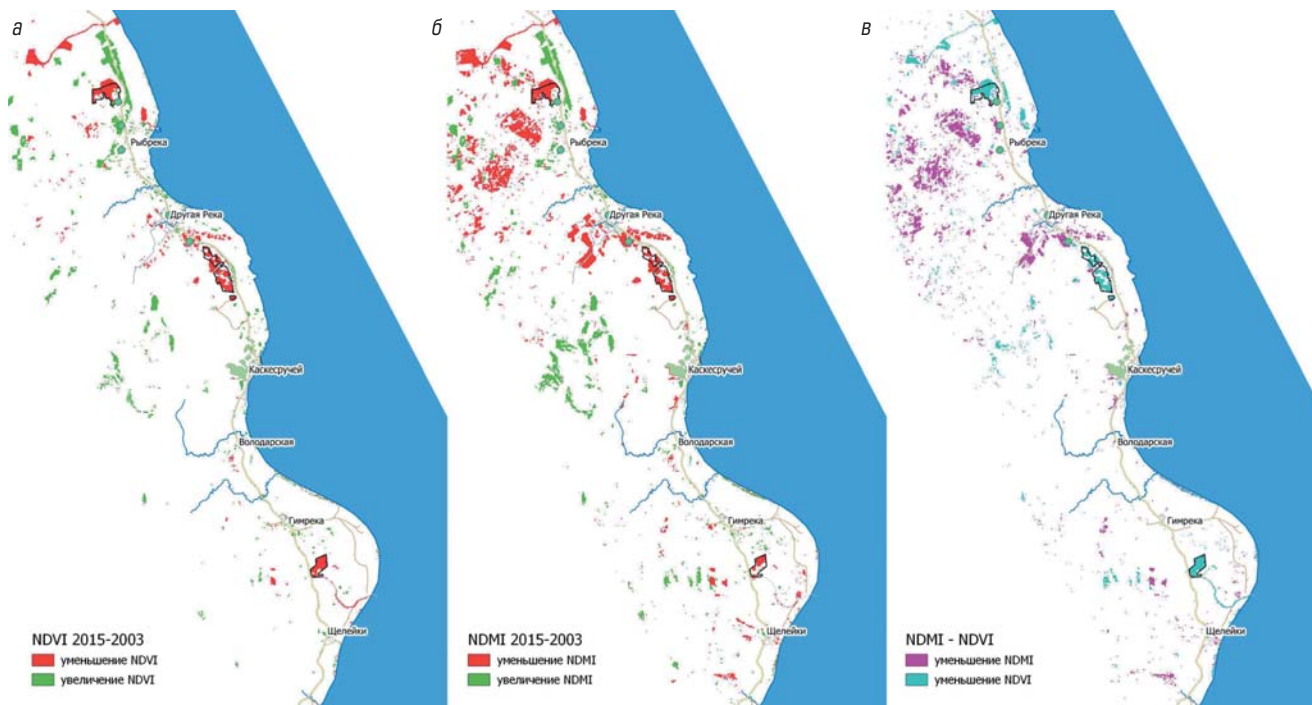
На основании результатов анализа главных компонент, позволяющего описывать объекты меньшим числом показателей, проведена неконтролируемая классификация методом Isodata. При классификации в один класс объединяются пиксели, значения яркости которых наиболее близки в пространстве спектральных признаков [24]. Использование в работе неконтролируемой классификации основано на необязательном условии о наличии информации о свойствах дешифрируемой местности, также здесь выявлена меньшая зависимость от человеческого фактора [25, 26].

Сравнение данных, полученных при обработке разновременных снимков, позволяет выявить изменения, произошедшие на территории за отрезок времени [25].

### Результаты исследования

Факторный анализ, проведенный по геохимическим данным почвенного покрова, выявил 3 фактора. Их суммарный вклад составляет 62 % общей дисперсии исходных данных. Первый фактор объединяет такие элементы, как V, Co, Ni, Cu, Sc. Его факторная нагрузка составляет 38,9 %. Положительные значения фактора локализуются преимущественно в районе карьеров пос. Другая Река. Единичные точки обнаружены в северной части пос. Рыбрека, однако пробы у карьеров показывают отрицательные значения фактора. Данный фактор формируется за счет наследования химического состава почв от габбро-долеритового силла. Второй фактор (факторная нагрузка 17,9 %) включает Ba, Sn, (–Cd). Наибольших положительных значений этот фактор достигает в районе пос. Щелейки. Также положительные значения этого фактора выявлены вдоль дороги, по которой происходит транспортирование щебня к причалу пос. Рыбрека. Повышенные содержания Cd характерны для точек вблизи карьеров Рыбрека и Другая Река. Ассоциация элементов Pb, Sb, Zn включают в третий фактор с нагрузкой 14,7 %. Повышенные содержания этих элементов типичны для селитебных территорий. Максимальные значения фактора выявлены вдоль автодороги в поселках Рыбрека и Другая Река. Анализ факторов и пространственное распределение факторных нагрузок показывает, что первые два фактора формируются за счет природного геохимического фона, а также связаны с попаданием в почвы материала с карьеров.

Оценка атмосферного разноса химических элементов с пылевыми частицами возможна при исследовании химического состава снежного покрова. Так, по результатам факторного анализа снега подтверждена ассоциация элементов V, Cr, Co, Ni, Sc – фактор 1, его нагрузка составляет 42,3 %. Высокие концентрации данных



**Рис. 1. Изменение спектральных индексов с 2003 по 2015 г.:**  
 а – NDVI; б – NDMI; в – разница индексов NDMI и NDVI

элементов выявлены в непосредственной близости от Рыбрецкого карьера, при этом их содержание в снеге угасает с удалением от него. Максимальные значения факторов группы элементов – Cu, Cr (–Ba, –Sn) обнаружены непосредственно в снеге рядом с карьером. Группа Zn, Sb, Cd максимально проявлена в жилой зоне в пос. Другая Река.

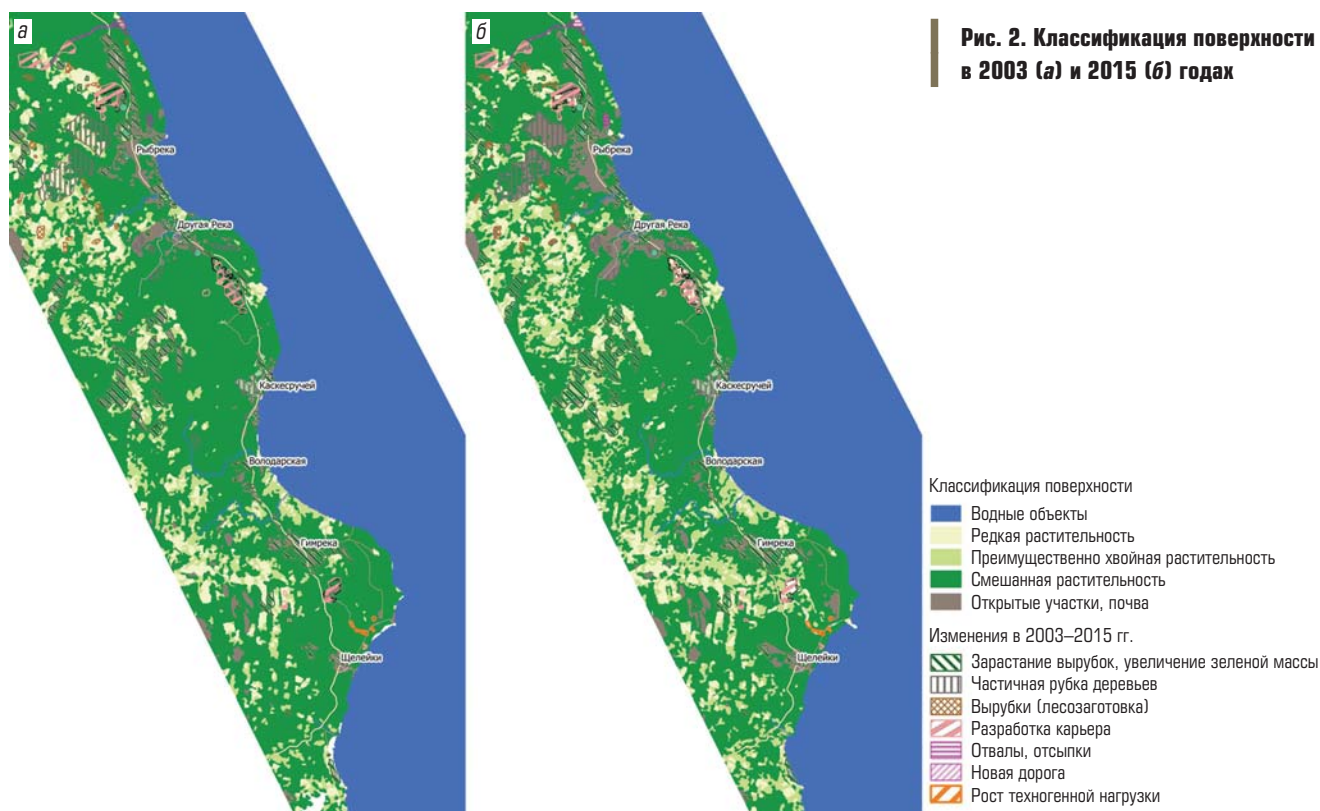
Таким образом, опираясь на данные факторного анализа, можно утверждать, что ассоциации элементов, содержащиеся в коренных породах, обнаруживаются и в снежном покрове, преимущественно вблизи карьеров.

Изменения снежного покрова проанализированы с использованием данных дистанционного зондирования. По данным зимних снимков для каждого полигона вычислены показатели ИЗС. Необходимо отметить, что средние значения ИЗС для 2005 и 2015 гг. отличаются (1,34 и 1,28 соответственно). Также в 2015 г. наблюдается больший разброс значений, коэффициент вариации равен 11 %, для значений 2003 г. – 4 %. Это может быть связано с климатическими особенностями сравниваемых дат. Так, по данным архива погоды с сайта [gr5.ru](http://gr5.ru), средняя температура воздуха за неделю до съемки в 2015 г. составляла –4 °С, а в 2005 г. –10 °С. То есть на дату съемки в 2015 г. выше возможность начала снеготаяния. Несмотря на различия, наибольшие значения индекса загрязнения снежного покрова (на 2003 и 2015 гг.) фиксируются в северной части пос. Рыбрека, вокруг Другорецкого карьера, в зоне влияния карьера пос. Щелейки. Анализ пространственного распределения значения ИЗС за 2003 и 2015 гг. выявил примерно 1–1,5-километровую зону влияния карьера. Динамика временного изменения ИЗС (с учетом фоновой разницы) показывает, что увеличение загрязнения характерно для территорий, приближенных к карьерам. При этом для Рыбрецкого

карьера характерно снижение уровня загрязнения. Для карьеров в поселках Другая Река и Щелейки заметно увеличение индекса относительно среднего фона. Зона влияния карьеров в значительной мере зависит от рельефа и ветрового режима.

Изучение динамики температуры подстилающей поверхности позволяет выявить функциональные изменения, произошедшие на территории. Так, наибольшие температуры фиксируются в пределах населенных пунктов, самих карьеров, а также участков с разреженной растительностью (вырубки). При сравнении разновременных данных выявлена положительная динамика изменения температурного режима на территориях, вновь вовлеченных в хозяйственную деятельность или испытывающих увеличение техногенной нагрузки. Так, например, отмечается рост температуры с 2003 по 2015 г. по мере продвижения карьера в пос. Рыбрека, а также карьеров в поселках Другая Река, Щелейки. Остывание поверхности характерно для территорий лесовосстановления, а также заметно для населенных пунктов Рыбрека, Гимрека, что скорее всего связано с оттоком населения и уменьшением антропогенной деятельности в этих поселениях.

Анализ изменения растительности фиксируется по двум спектральным индексам: вегетационному (NDVI) и индексу увлажнения (NDMI). Уменьшение биомассы и увлажненности растительного покрова в большей степени связано с рубкой леса под развитие карьеров, лесозаготовкой и на приусадебных территориях. Более тонкие преобразования растительности можно выявить при сравнении уровня изменений NDVI и NDMI. Так, сплошная рубка и продвижение карьеров в большей мере отражается в уменьшении вегетационного индекса, а усыхание растительности фиксируется преобладающим уменьшением индекса NDMI. Подобные изменения зафиксированы вокруг карьеров поселков



**Рис. 2. Классификация поверхности в 2003 (а) и 2015 (б) годах**

Рыбрека, Каскесручей к северу от Другорецкого карьера. Снижение увлажненности растительного покрова может быть связано с понижением уровня грунтовых вод и увеличением депрессионной воронки вокруг карьеров (рис. 1).

При проведении классификации обнаруживается несколько классов поверхности (рис. 2). Территории внутри выделенных классов характеризуются схожими индексными значениями (см. таблицу), что позволяет интерпретировать результаты классификации.

Комплексный подход и оценка различных параметров с использованием дистанционных методов позволили выявить изменения нагрузки на ландшафты, произошедшие за истекший период на исследуемой территории. Разработана классификация таких изменений, где с учетом их воздействия выделяют два блока:

- изменения, направленные на восстановление ландшафтов; такие изменения включают территории лесовосстановления, зарастание лесных вырубок;

- негативные изменения ландшафтов: уменьшение зеленой биомассы за счет частичной или полной рубки деревьев; освоение территорий под разработку и развитие карьеров; изменение статуса территорий за счет отвалов и отсыпок технологических продуктов добычи; строительство линейных дорожных путей;

#### Показатели классов земной поверхности

№ класса	NDMI 2003	NDMI 2015	NDVI 2003	NDVI 2015	Температура 2003 г.	Температура 2015 г.	Описание класса
1	0,74	0,59	0,44	0,41	17,02	13,59	Водные поверхности
2	0,41	0,42	0,81	0,85	19,43	14,22	Редкие насаждения
3	0,40	0,43	0,82	0,88	19,35	14,20	Хвойные леса
4	0,41	0,42	0,85	0,88	19,28	14,15	Смешанные леса
5	0,23	0,29	0,68	0,79	21,72	15,24	Открытые участки

рост техногенного воздействия без изменения статуса территории.

Все изменения в виде полигональных объектов нанесены на карту местности. Выявлено, что площадь всех произошедших изменений составляет 22 км<sup>2</sup>. При этом доли положительной и негативной динамики равны. Изменения, связанные с работой карьеров и другими технологическими процессами добычи щебня, составляют около 26 % преобразований, негативно изменяющих ландшафты.

#### Рекомендации по охране окружающей среды

Наибольшее воздействие на экосистемы в пределах карьеров по добыче щебня проявляется за счет процесса пыления. Производство щебня состоит из добычи исходного сырья и его переработки на дробильно-сортировочном комплексе. При этом главными источниками пылевыведения являются объекты дробильно-сортировочного комплекса: дробилки (максимальный разовый выброс пыли – 5 г/с), грохот (0,3 г/с), конвейеры (0,03 г/с) [27]. В связи с этим основные природоохранные мероприятия должны быть направлены на уменьшение разноса пыли. Наиболее приемлемым способом борьбы с пылью при размещении дробильно-сортировочных установок непосредственно в карьере

является устройство герметизированных укрытий и отсос запыленного воздуха с последующей очисткой в пылеуловителях.

На карьерах необходимо также предусмотреть гидрообеспыливание: регулярный полив площадок и оборудования, увлажнение перерабатываемого материала и использование методики «мокрого грохочения».

### Выводы

1. Сочетание полевых и дистанционных методов исследования позволяют более полно описывать состояние природных сред и их трансформацию за некоторый временной отрезок. Дистанционные методы дают дополнительную информацию при мониторинге окружающей среды в пределах зон воздействия добывающего комплекса.

2. Использование факторного анализа при изучении геохимических особенностей территории позволяет выявить факторы,

оказывающие влияние на накопление элементов в компонентах природной среды, определить геохимические ассоциации и оценить их пространственное распределение.

3. При анализе изменений природной среды в пределах горнодобывающих территорий существенным источником данных являются результаты дистанционного зондирования Земли. В связи с высоким пространственным разрешением (15–30 м) миссия Landsat хорошо подходит для решения этих вопросов. Возможность сравнения разновременных данных, полученная при использовании ДЗЗ, позволяет изучать пространственно-временную динамику трансформации природой среды.

4. В качестве природоохранных мероприятий на карьерах рекомендуется применение систем очистки воздуха от образующейся пыли путем применения различных систем аспирации. К ним могут быть отнесены укрытия, изолирующие очаг пылеобразования, а также различные системы пылеподавления.

### Библиографический список

1. Буторина И. В., Буторина М. В. Обзор технологий утилизации отходов горно-металлургической отрасли // Черные металлы. 2018. № 12. С. 44–49.
2. Turgunova K. K., Sultamurat G. I., Boranbaeva B. M. Kazakhstan republic legislation law as a way to reduce negative impact on environment // CIS Iron and Steel Review. 2016. Vol. 11. P. 9–15. DOI: 10.17580/cisist.2016.01.02
3. Беляев А. М. Оценка эколого-геохимической опасности месторождений полезных ископаемых // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. Геология. География. 2011. № 3. С. 43–48.
4. Гаев А. Я., Альбакасов Д. А., Гацков В. Г., Блинов С. М., Михайлов Ю. В. и др. Геоэкологические задачи в горнодобывающих районах (на примере Оренбуржья) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. № 6-2. С. 94–101.
5. Пузанов А. В., Бабошкина С. В., Робертус Ю. В., Горбачев И. В., Любимов Р. В. Формирование техногенных ландшафтов и загрязнение окружающей среды под влиянием горнодобывающих и горно-перерабатывающих предприятий Алтая // Мир науки, культуры, образования. 2007. № 1(4). С. 5–10.
6. Шайхиев И. Р., Рихванов Л. П. Эколого-геохимические исследования природных сред района Бакчарского железорудного месторождения (Томская область) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326. № 5. С. 62–78.
7. Зеньков И. В. Обзор зарубежных исследований в области экологии горнодобывающего производства // Горный журнал. 2016. № 10. С. 96–99. DOI: 10.17580/gzh.2016.10.20
8. Cheskidov V. V., Lipina A. V., Melnichenko I. A. Integrated monitoring of engineering structures in mining // Eurasian Mining. 2018. No. 2. P. 18–21. DOI: 10.17580/em.2018.02.05
9. Фурманова Т. Н., Белоусова Л. И., Ибрагимова Л. У. Разработка системы комплексного геоэкологического мониторинга горнопромышленных комплексов по добыче общераспространенных полезных ископаемых // VI Семеновские чтения: наследие П. П. Семенова-Тян-Шанского и современная наука: матер. Междунар. науч. конф. – Липецк: ЛГПУ имени П. П. Семенова-Тян-Шанского, 2017. С. 74–77.
10. Баранова М. Н., Чумаченко Н. Г., Тюриков В. В. Геоэкологические проблемы при карьерной добыче минерального сырья для производства строительных материалов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. № 1(14). С. 80–85.
11. Зеньков И. В., Нефедов Б. Н., Барадулин И. М., Сибирякова О. В., Киришина Е. В., Вокин В. Н. Тенденции формирования ландшафтной архитектуры и рекультивации в карьерах по производству щебня // Экология и промышленность России. 2014. № 1. С. 34–37.
12. Гледко Ю. А., Антипин Е. Б. Геоэкологические последствия горнодобывающей деятельности в Белорусском Полесье // Вестник Белорусского государственного университета. Сер. 2. Химия. Биология. География. 2003. № 1. С. 69–78.
13. Bluvshstein N., Mahrer Y., Sandler A., Rytwo G. Evaluating the impact of a limestone quarry on suspended and accumulated dust // Atmospheric Environment. 2011. Vol. 45. Iss. 9. P. 1732–1739.
14. Тимофеева С. С., Шешуков Ю. В. Совершенствование аспирационного обеспыливания воздуха при производстве нерудных строительных материалов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2003. № 2(14). С. 27–31.
15. Ревич Б. А., Саев Ю. Е., Смирнова Р. С., Сорокина Е. П. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 112 с.
16. Wang J., Zuo R., Caers J. Discovering geochemical patterns by factor-based cluster analysis // Journal of Geochemical Exploration. 2017. Vol. 181. P. 106–115.
17. Abdullah M. M., Feagin R. A., Musawi L., Whisenant S., Popescu S. The use of remote sensing to develop a site history for restoration planning in an arid landscape // Restoration Ecology. 2016. Vol. 24. No. 1. P. 91–99.
18. Zweig C. L., Newman S. Using landscape context to map invasive species with medium-resolution satellite imagery // Restoration Ecology. 2015. Vol. 23. No. 5. P. 524–530.
19. Зеньков И. В., Юронен Ю. П., Нефедов Б. Н., Вокин В. Н. Мониторинг формирования экосистемы в карьерах и на породных отвалах при разработке Баженовского месторождения асбеста с использованием дистанционного зондирования // Горный журнал. 2017. № 3. С. 81–85. DOI: 10.17580/gzh.2017.03.15
20. Крутских Н. В., Кравченко И. Ю. Использование космоснимков Landsat для геоэкологического мониторинга урбанизированных территорий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 159–168.
21. Сухинин А. И., Воробьева М. В., Охоткина Е. А. Космический мониторинг снегового покрова Сибири по данным радиометра MODIS // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева. 2011. № 4(37). С. 90–96.
22. Дмитриев А. В., Дмитриев В. В. Корреляция динамики снеготаяния и содержания пылевых веществ в снегу вокруг г. Омска // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Т. 5. № 1. С. 84–91.
23. Ahmed S. Assessment of urban heat islands and impact of climate change on socioeconomic over Suez Governorate using remote sensing and GIS techniques // The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. 2018. Vol. 21. Iss. 1. P. 15–25.
24. Phiri D., Morgenroth J., Xu C., Hermosilla T. Effects of pre-processing methods on Landsat OLI-8 land cover classification using OBIA and random forests classifier // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2018. Vol. 73. P. 170–178.
25. Зубков И. А., Скрипачев В. О. Применение алгоритмов неконтролируемой классификации при обработке данных ДЗЗ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Т. 4. № 1. С. 57–62.
26. Xuecao Li, Yuyu Zhou, Zhengyuan Zhu, Lu Liang, Bailang Yu, Wenting Cao. Mapping annual urban dynamics (1985–2015) using time series of Landsat data // Remote Sensing of Environment. 2018. Vol. 216. P. 674–683.
27. Кузнецов В. С., Ковшов С. В. Определение параметров аэротехногенного влияния площадных источников на рабочее пространство карьеров при применении различных способов пылеподавления // ГИАБ. 2012. № 3. С. 132–139. **ГЖ**

«GORNYI ZHURNAL», 2019, № 3, pp. 88–93  
DOI: 10.17580/gzh.2019.03.17

#### Assessment of nature transformation in the mining influence zone by earth remote sensing data

##### Information about author

**N. V. Krutskikh**<sup>1</sup>, Senior Researcher, Candidate of Geographical Sciences, natkrut@gmail.com

<sup>1</sup>Institute of Geology, Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

##### Abstract

The issues of changing the state of the components of the environment within the influence of quarries for the extraction of rubble are considered on the basis of the analysis of field studies and satellite imagery data. The factor analysis was carried out according to the results of a geochemical study of the soil cover and snow cover. For soils and snow, a factor was found that combines the distribution of the association of elements, including V, Co, Ni, Cu, Sc. These elements have high concentrations for the gabbro-dolerite complex. Breeds of the complex are developed in the studied quarries. The distribution of factor loads in space shows the radius of influence of career dust on the composition of the components of the environment. The level of snow contamination was analyzed using remote sensing methods. Spectral indices help identify the spread of aerogenic pollution. The nature of changes in the properties of the underlying surface in the territory is studied using the multi-temporal data on temperature, the vegetative index (NDVI) and the wetting index (NDMI). A joint analysis of the properties and results of an uncontrolled classification in the zone of influence of quarries reveals and interprets qualitative changes in the landscape over a period of time. A classification of landscape changes is developed. Changes show the restoration of landscapes and negative modifications of landscapes.

**Keywords:** geoecological assessment, monitoring, technogenic impact, remote sensing of the Earth, mining areas, gravel mining.

##### References

- Butorina I. V., Butorina M. V. Review of wastes utilization technologies in mining and metallurgical industry. *Chernye Metally*. 2018. No. 12. pp. 44–49.
- Turgunova K. K., Sultamurat G. I., Boranbaeva B. M. Kazakhstan republic legislation law as a way to reduce negative impact on environment. *CIS Iron and Steel Review*. 2016. Vol. 11. pp. 9–15. DOI: 10.17580/cisr.2016.01.02
- Belyaev A. M. Ecological-geochemical estimate of danger from mineral deposits. *Vestnik Sankt-Petersburgskogo Universiteta. Ser. Geologiya. Geografiya*. 2011. No. 3. pp. 43–48.
- Gaev A. Ya., Albakasov D. A., Gatskov V. G., Blinov S. M., Mikhailov Yu. V. et al. Geoecological tasks at mining regions (On the examples of Orenburg region). *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2006. No. 6-2. pp. 94–101.
- Puzanov A. V., Baboshkina S. V., Robertus J. V., Gorbachev I. V., Lyubimov R. V. Formation of technically polluted landscapes and environmental contamination under influence mining also is mountain – processing the enterprises of Altai. *Mir nauki, kultury, obrazovaniya*. 2007. No. 1(4). pp. 5–10.
- Shaykhiev I. R., Rikhvanov L. P. Ecological and geochemical research of natural environment in Bakchar iron-ore deposit area (Tomsk region). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2015. Vol. 326, No. 5. pp. 62–78.
- Zenkov I. V. Review of foreign researches in the field of mining ecology. *Gornyi Zhurnal*. 2016. No. 10. pp. 96–99. DOI: 10.17580/gzh.2016.10.20
- Cheskidov V. V., Lipina A. V., Melnichenko I. A. Integrated monitoring of engineering structures in mining. *Eurasian Mining*. 2018. No. 2. pp. 18–21. DOI: 10.17580/em.2018.02.05
- Furmanova T. N., Belousova L. I., Ibragimova L. U. Development of integrated geoecological monitoring of common mineral mining areas. *IV Semenov's Lectures: P. P. Semenov-Tien Shan Heritage and Modern Science. International Conference Proceedings*. Lipetsk : LGPU im. Semenova-Tayn-Shanskogo, 2017. pp. 74–77.
- Baranova M. N., Chumachenko N. G., Tyurnikov V. V. Geoenvironmental problems in quarrying of mineral raw materials for building materials production. *Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura*. 2014. No. 1(14). pp. 80–85.
- Zenkov I. V., Nefedov B. N., Baradulin I. M., Sibiriyakova O. V., Kiryushina E. V., Vokin V. N. Trends of Landscaping Formation and Recultivation in Quarries for Breakstone Manufacturing. *Ekologiya i promyshlennost Rossii*. 2014. No. 1. pp. 34–37.
- Gledko Yu. A., Antipin E. B. Geoecological consequences mining activity in the Belorussian Polesie. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 2. Khimiya. Biologiya. Geografiya*. 2003. No. 1. pp. 69–78.
- Bluvshstein N., Mahrer Y., Sandler A., Rytwo G. Evaluating the impact of a limestone quarry on suspended and accumulated dust. *Atmospheric Environment*. 2011. Vol. 45, Iss. 9. pp. 1732–1739.
- Timofeeva S. S., Sheshukov Yu. V. Improvement of aspiration air dedusting in production of nonmetallic building materials. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2003. No. 2(14). pp. 27–31.
- Revich B. A., Saet Yu. E., Smirnova R. S., Sorokina E. P. Instructional guidelines on geochemical assessment of urban territory contamination with chemical elements. Moscow : IMGRE, 1982. 112 p.
- Wang J., Zuo R., Caers J. Discovering geochemical patterns by factor-based cluster analysis. *Journal of Geochemical Exploration*. 2017. Vol. 181. pp. 106–115.
- Abdullah M. M., Feagin R. A., Musawi L., Whisenant S., Popescu S. The use of remote sensing to develop a site history for restoration planning in an arid landscape. *Restoration Ecology*. 2016. Vol. 24, No. 1. pp. 91–99.
- Zweig C. L., Newman S. Using landscape context to map invasive species with medium-resolution satellite imagery. *Restoration Ecology*. 2015. Vol. 23, No. 5. pp. 524–530.
- Zenkov I. V., Yuronen Yu. P., Nefedov B. N., Vokin V. N. Monitoring of ecosystem formation at open pit mines and waste dumps in the area of Bazhenovsky asbestos deposit by means of the earth remote sensing. *Gornyi Zhurnal*. 2017. No. 3. pp. 81–85. DOI: 10.17580/gzh.2017.03.15
- Krutskikh N. V., Kravchenko I. Yu. The use of Landsat satellite images for geoecological monitoring of urbanized areas. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2018. Vol. 15, No. 2. pp. 159–168.
- Sukhinin A. I., Vorobieva M. V., Okhotkina E. A. Space monitoring of snow cover in Siberian by MODIS radiometer data. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika M. F. Reshetneva*. 2011. No. 4(37). pp. 90–96.
- Dmitriev A. V., Dmitriev V. V. Correlation of snow melting dynamics and dust content of snow around the city of Omsk. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2008. Vol. 5, No. 1. pp. 84–91.
- Ahmed S. Assessment of urban heat islands and impact of climate change on socioeconomic over Suez Governorate using remote sensing and GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 2018. Vol. 21, Iss. 1. pp. 15–25.
- Phiri D., Morgenroth J., Xu C., Hermosilla T. Effects of pre-processing methods on Landsat OLI-8 land cover classification using OBIA and random forests classifier. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2018. Vol. 73. pp. 170–178.
- Zubkov I. A., Skripachev V. O. Uncontrollable classification algorithms in earth remote sensing data processing. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2007. Vol. 4, No. 1. pp. 57–62.
- Xuecao Li, Yuyu Zhou, Zhengyuan Zhu, Lu Liang, Bailang Yu, Wenting Cao. Mapping annual urban dynamics (1985–2015) using time series of Landsat data. *Remote Sensing of Environment*. 2018. Vol. 216. pp. 674–683.
- Kuznetsov V. S., Kovshov S. V. Parameters definition of aerotechnogenic influence of the areal sources on open-cast mines headroom at application of dust suppression various ways. *GIAB*. 2012. No. 3. pp. 132–139.

