

УДК 504.0624.36:004.4

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ
ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

М. Б. Бубнова, Ю. А. Озарян

*Институт горного дела ДВО РАН,
E-mail: ozaryanigd@gmail.com,
ул. Тургенева, 51, 680000, г. Хабаровск, Россия*

Представлены новые данные комплексной оценки экологического воздействия на окружающую среду в результате деятельности горнопромышленного комплекса южных регионов Дальнего Востока. Они базируются на использовании: материалов дистанционного зондирования Земли; нормализованного относительного индекса растительности для природно-горнотехнических систем; совмещения результатов расчета вегетационного индекса и цифровой модели рельефа для отдельной оценки техногенного влияния и естественных природных факторов; сопряженного анализа техногенного воздействия по средствам спутникового мониторинга и полевых работ; расчета эколого-экономического ущерба.

Природно-горнотехнические системы, спутниковый мониторинг, экологические ущербы, комплексная оценка

Основные источники нарушения и загрязнения различных компонентов природной среды — техногенные массивы в районе расположения предприятий по добыче и переработке минерального сырья. Существуют различные методические подходы к изучению площадного воздействия горнопромышленного комплекса на экосистемы [1–4].

Одним из экспрессных и перспективных направлений исследований в области обнаружения и предупреждения экологических рисков является применение методов анализа информации, полученной с помощью данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [5–7]. В настоящее время методы дистанционного зондирования Земли широко распространены, поскольку развитие техники привело к возможности получать высококачественные снимки земной поверхности с высоким разрешением и в различных спектральных диапазонах.

При исследовании воздействия горнопромышленного комплекса на экосистемы использование спутниковых снимков открывает возможности, связанные с выявлением и картографированием зон техногенного воздействия, его мониторингом и оценкой экологических рисков. Кроме того, ДЗЗ возможно объединять с другими картографическими источниками, главным образом топографическими картами и обширным материалом, собранным в процессе полевых изысканий.

Применение данных ДЗЗ при оценке категорий экологического риска позволяет решать следующие проблемы: локализация площадей антропогенного воздействия, т. е. выделение объектов, связанных с выемкой и перемещением почвогрунтов, горной массы (карьеро-, отвалообразование и т. п.); воздействие на русла водотоков, создание искусственных водоемов и

ликвидация естественных; выявление площадей (ареалов) загрязнения пылевыми выбросами и химическими веществами; отслеживание указанных процессов во времени (мониторинг); создание на основе этих материалов картографической базы данных, которая является ядром геоинформационной системы.

Цель настоящего исследования — совершенствование методики комплексной оценки техногенного воздействия горнодобывающих предприятий по данным дистанционного зондирования Земли южных регионов ДВО. Оценка проведена на примере Солнечного горнорудного района, Райчихинского и Бикинского угледобывающих предприятий.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

В соответствии с *методикой расчета нормализованного относительного индекса растительности (NDVI)* осуществлялся мониторинг техногенного воздействия горных предприятий на качество растительного покрова. Характерным признаком растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими различиями в отражении излучения разных длин электромагнитных волн. Знания о связи структуры и состояния растительности с ее отражательными способностями позволяют использовать космические снимки для идентификации видового состава растительности и ее качества.

Наиболее популярный и часто используемый вегетационный индекс — NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который для растительности принимает положительные значения: чем больше зеленая фитомасса, тем он выше [7, 8]. Плотность растительности в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на их сумму. Эта величина непосредственно зависит от фотосинтетической активности растительности и вычисляется по формуле

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

где NIR — отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED — отражение в красной области спектра.

Расчет индекса (1) проведен с помощью программы QGIS по многоканальному спутниковому снимку Landsat 8 для территории Комсомольского рудного района Хабаровского края (на 09.07.2013 г.). На рис. 1 представлен результат расчета NDVI с использованием цветовой шкалы, где значения индекса 0.6–0.8 — густая растительность, 0.50 и ниже — разреженная растительность.

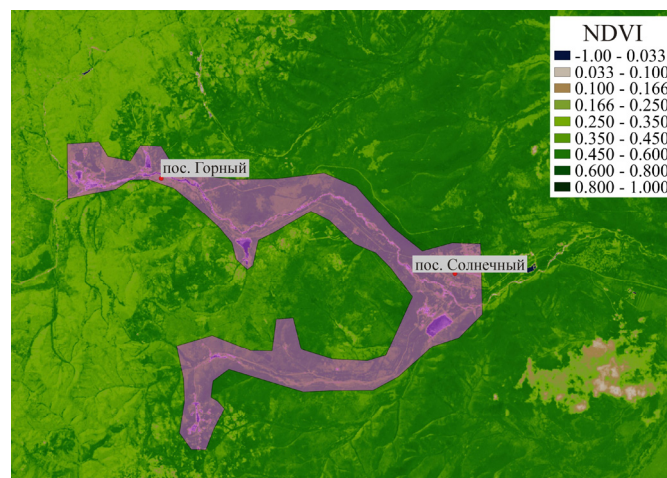


Рис. 1. NDVI для Комсомольского рудного района

По самой светлой тональной окраске отмечено угнетение растительности в непосредственной близости от населенных пунктов Горный и Солнечный. Аналогичная ситуация наблюдается в районе месторождений Солнечного, Придорожного, Фестивального, Перевального. Выделена зона, на которой, по нашему мнению, влияние на NDVI оказывает именно деятельность горнопромышленного комплекса. На рис. 1 эта территория отмечена лиловым цветом, общая площадь ее составляет 71 312 км².

Результаты анализа многолетнего мониторинга динамики NDVI исследуемой территории представлены на рис. 2, из которого видно, что в период 2001–2013 гг. происходили колебания показателя в пределах 0.74–0.8, что характеризовало стабильно хорошее качество биоты, однако в 2013 г. произошел резкий спад до значения 0.72. Стоит отметить, что значения индекса 0.6–0.8 соответствуют густой растительности. Исходя из этого, отмеченные изменения можно считать допустимыми при условии отсутствия отрицательной динамики в последующие годы.

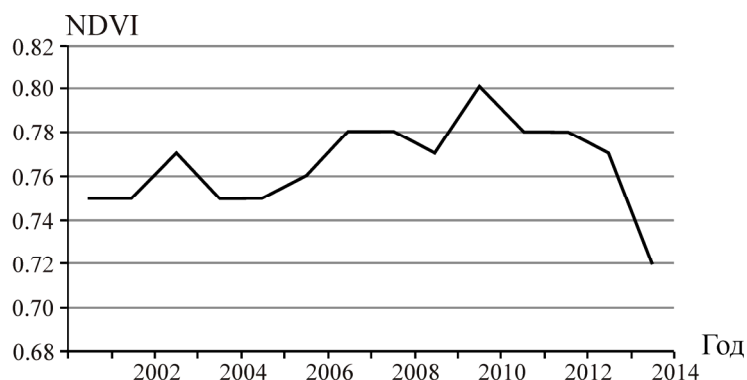


Рис. 2. Среднее многолетнее значение NDVI для Комсомольского оловорудного района

В полевых условиях опробована территория вокруг центральной обогатительной фабрики (ЦОФ) и Молодежного рудника. Методом атомно-абсорбционной спектроскопии выполнен химический анализ растительности на содержание Mn, Co, Cu, Zn, Cd, Sb, W, Hg, Pb. Суммарный показатель загрязнения Z_c рассчитан по формуле [7]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n Kc_i - (n - 1), \quad (2)$$

где Kc — коэффициент концентрации i -го химического элемента; n — число, равное количеству элементов, входящих в геохимическую ассоциацию:

$$Kc_i = \frac{C_i}{C_{\text{фон}}}, \quad (3)$$

здесь C_i — фактическое содержание элемента в пробах, мг/кг; $C_{\text{фон}}$ — фоновое содержание элемента в пробах, мг/кг.

Наименьший показатель суммарного загрязнения почв отмечен в “фоновой точке”, заложенной вблизи оз. Амут, что характеризует экологическую обстановку здесь как благоприятную. В остальных точках он колеблется от 40.75 до 115.75, что свидетельствует об опасном уровне химического загрязнения окружающей среды.

Отмеченное подтверждается и значениями показателя NDVI: в рассматриваемых точках они колеблются от 0.37 до 0.42, указывая на угнетенное состояние растительности. В связи с тем что одним из факторов, влияющих на величину индекса, является влажность почв, можно предположить, что она была недостаточной для развития фитомассы хорошего качества. При проведенном натурном обследовании выявлено угнетение древостоя лиственных пород, в том

числе ивы, ольхи пушистой, тополя душистого. Установлено, что изучаемые образцы практически засохли, несмотря на то, что влаги в данных точках на момент проведения опробования было достаточно [9, 10]. Сопоставление материалов натурального геоботанического обследования и результатов расчета NDVI позволило сделать вывод, что естественное восстановление нарушенных территорий здесь происходит только фрагментарно.

Содержание тяжелых металлов в почвах всегда больше, чем в растительности, так как растения избирательно поглощают эти элементы. Интенсивность поглощения характеризуется отношением количества химического элемента в золе растений к его количеству в почве или горной породе. Это качество химических элементов определено в [11] как биофильность, значение которой выражается в виде отношения кларка концентрации элемента в живом веществе к его кларку в литосфере.

Коэффициент биологического накопления (КБН), рассчитанный для подвижных форм тяжелых металлов (ТМ) в почве и растениях в зоне воздействия Солнечного ГОКа, свидетельствует о том, что от наличия подвижных форм в почвенном растворе зависит их содержание в растительности. Например, для свинца, цинка и меди он варьирует от 0.45 до 17.76 [12].

Таким образом, анализ данных, полученных с помощью ДЗЗ, и результатов полевых работ позволяет сделать вывод о том, что рассматриваемая территория Солнечного горнопромышленного района относится к наивысшей категории экологического риска.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА ЭТАЛОННЫХ ПЛОЩАДЯХ НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ И МОРФОМЕТРИИ РЕЛЬЕФА

Формирование растительности и перенос загрязнения в значительной степени зависят от господствующего направления ветров, климатических особенностей и рельефа местности. Для анализа влияния этих факторов на экологическую обстановку в районе Солнечного ГОКа и Лучегорского угольного разреза проведено совмещение слоя с рассчитанным NDVI и географически привязанной цифровой моделью рельефа (ЦМР) (рис. 3).

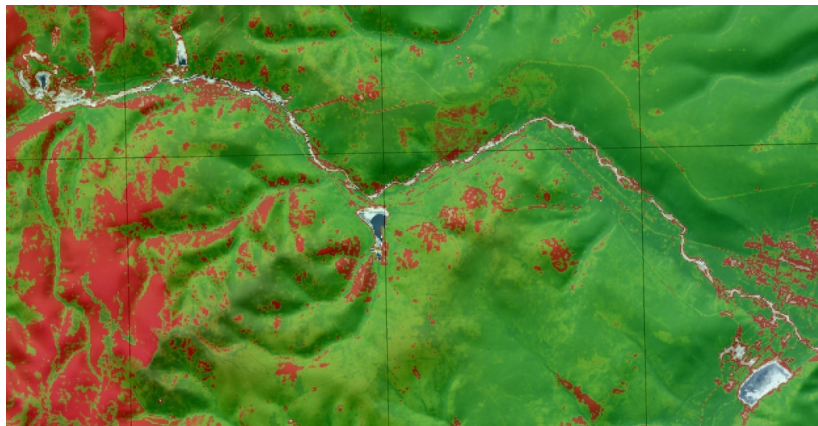


Рис. 3. Результат совмещения NDVI с цифровой моделью рельефа Солнечного горнорудного района

Для совместной интерпретации использовалась ЦМР, построенная на основе матрицы SRTM03. Совмещение было необходимо для обнаружения площади, на которой в зависимости от рельефа определяется характер произрастания растительности. Очевидно, что на высоких гипсометрических отметках растительность более разреженная, чем на низких.

Главным горным образованием в районе Солнечного ГОКа является хребет Мяо-Чан и его восточные отроги с пологоволнистыми выровненными поверхностями. Климат района муссонно-континентальный, преимущественное направление ветра восточное и западное (вдоль доли-

ны). Сочетание климатических особенностей и горно-долинного рельефа создает условия для активного воздушного загрязнения, а также вторичного — за счет вымывания осадками. Установлено, что основной перенос пыли происходит в летний период, во время сильных ветров, которые имеют тенденцию к усилению с учетом направления долины р. Силинки [7–9].

Склоны южной экспозиции зарастают гуще, а на крутых склонах формируются каменистые осыпи, где растительности практически нет. В нижней части склона разреженный подрост состоит из тополя, ольхи, лиственницы. В северо-восточной части у подножия склона выявлена как пионерная растительность (деревья, кустарники), так и остатки коренной, которые заносятся песком, сносимым с хвостохранилища [9].

На рис. 4 значения индекса NDVI от 0.3 до 0.133, характеризующие угнетенное состояние растительности, отмечены красным цветом. Северо-западная часть исследуемой территории относится к хребту Мяо-Чан, в том числе и пос. Горный. Отчетливо прослеживается увеличение этого индекса (по интенсивности зеленой окраски) с понижением рельефа по течению р. Силинка. Очевидно лучшее состояние биоты на южных склонах. На основе анализа полученных данных установлено значительное ухудшение состояния растительности в восточном направлении, ниже пос. Горный, по течению р. Силинка.



Рис. 4. Результаты дешифрирования многоканального спутникового снимка Landsat 8 и сопоставление результатов с данными за более ранний период. Контурные площади загрязнения поверхности земли: 1 — до катастрофического наводнения 2011 г.; 2 — после наводнения 2011 г.

Обстановка в районе хвостохранилища ЦОФ сохранилась почти прежней, но добавился шлейф поллютантов, протягивающийся от хвостохранилища в сторону р. Силинки. Наибольшее воздействие на обстановку в районе оказало старое хвостохранилище, расположенное на гипсометрических отметках выше пос. Горный, вблизи Солнечной обогатительной фабрики (СОФ). Часть поселка была загрязнена и до наводнения 2011 г., но после него площадь загрязнения увеличилась более чем в 2 раза. Шлейф загрязнения прирусловой части долины р. Силинки распространился вниз по течению до шламоохранилища рудника “Придорожного”. На территории ЦОФ увеличилось поступление поллютантов, вероятно, с площади складирования сульфидного концентрата и склада негабаритов.

Поверхность района Лучегорского угольного разреза (рис. 5) представляет собой плоскую заболоченную равнину (межгорную впадину). Местами над ней возвышаются невысокие холмы-реликты базальтовых покровов. Процессы эрозии, преимущественно боковой, сосредото-

чены вдоль берегов рек. К глинистому материалу, поступающему из других районов, здесь добавляется местный. Над холмистыми равнинами лишь местами поднимаются сопки. Наиболее высокие из них проходят по границам района — хребет Стрельникова (до 944 м), гора Синяя (1115 м). В пос. Лучегорск господствующие ветры: летом восточные, зимой — северо-западные, преобладающая скорость ветра 1.6–3.3 м/с [13].

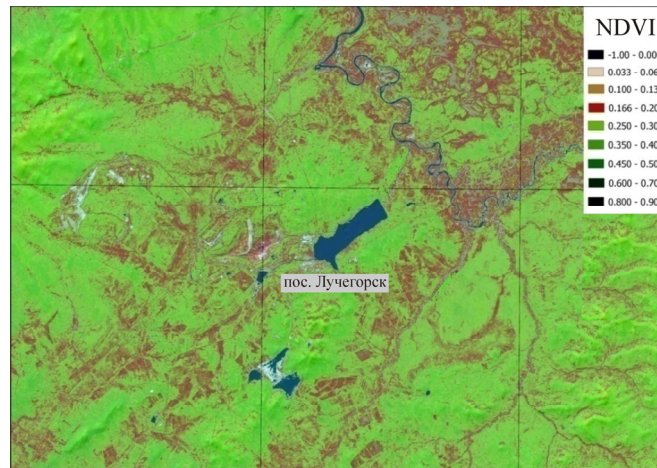


Рис. 5. Совмещение NDVI с цифровой моделью рельефа района расположения Лучегорского угольного разреза

Среднее значение индекса NDVI на этой территории колеблется от 0.16 до 0.25. Причина столь низких значений в том, что растительность здесь в основном луговая, изредка встречаются пролески лиственных пород. Связано это не только с техногенным влиянием, но и с особенностями развития растительных сообществ на равнинном рельефе.

В [14] установлено, что на инициальных эмбриоземах Лучегорского угольного разреза растительность представлена от сорной до гречишной, розовоосоковой, чертополоховой, тростниковой. На выровненных и слабонаклонных поверхностях пионерная стадия зарастания продолжается до 3 лет, на склоновых до 8–10 лет. На его отвалах наблюдаются растительные группировки лугового типа: хвощевые, полынно-хвощевые, хвощево-кипрейные, изредка — злаковые. Лимитирующими факторами являются “тяжелый” гранулометрический состав, минералогический состав пород и крутизна склонов. Условия здесь крайне неблагоприятные для закрепления и произрастания растений (острые гребни отвалов, контрастный температурный режим, водная и ветровая эрозия и др.).

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА, СВЯЗАННОГО С ОТЧУЖДЕНИЕМ ЗЕМЕЛЬ ПОД КАРЬЕРЫ И ОТВАЛЫ ПУСТОЙ ПОРОДЫ, НА ПРИМЕРЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Оценка экологического риска, связанного с нарушением окружающей среды, заключается в определении стоимостной оценки ущербов от нарушений объекта природопользования, под которыми понимается величина фактических и возможных потерь от негативных изменений природной среды, условий жизни и здоровья населения. Для оценки экономического ущерба, причиняемого окружающей среде нарушенными землями, предварительно необходимо определить их структуру, исходя из следующего [15, 16]: при открытом способе отработки 60–65 % земельного отвода приходится на отвалы, 20 % — на карьеры, 15–20 % занимают промплощадки, подъездные пути; при подземном способе отвалы занимают 12–15 %, шахтное поле — 60–65 %, отстойники шахтных вод — до 5%, подъездные пути — 15 %.

Расчет эколого-экономического ущерба (руб.), причиняемого нарушенными землями, осуществляется по формуле:

$$Y_{\text{нз}} = \sum_{i=1}^n B_i S_i, \quad (2)$$

где n — количество типов нарушенных земель; i — тип нарушенных земель; S_i — площадь нарушенных земель i -го типа; B_i — годовой экономический ущерб, причиняемый окружающей среде i -типом нарушенных земель (таблица).

Ориентировочные значения ущерба, причиняемого нарушенными землями окружающей среде* (руб./га в год в ценах 1991 г.)

Типы нарушенных земель	Природные зоны		
	лесная	лесостепная	степная
Выемки: карьерные впадинообразные глубиной до 10 м	20	20	20
карьерные террасированные и котловинообразные глубиной 15–30 м	65	80	85
карьерные террасированные глубиной более 30 м	70	100	115
карьерные нагорно-террасированные, высотой более 30 м	80	160	280
Отвалы: внутренние платообразные ниже уровня естественной поверхности на 1–5 м	30	65	90
платообразные, близкие к уровню естественной поверхности высотой до 5 м	30	65	90
платообразные и платообразные террасированные, высотой до 30 м	185	390	520
платообразные, сформированные гидроспособом, высотой до 30 м	240	475	645
платообразные террасированные, высотой до 100 м	270	560	750
внутренние гребневидные с высотой гребней до 15 м	135	250	365
внешние гребневидные с высотой гребней до 15 м	185	250	365
платообразные, сформированные гидроспособом, высотой 15 м и более	560	1070	1450
Прогибы западенные, сложенные пригодными для биологического освоения породами	20	20	20
Провалы котлованообразные глубиной 15 м, сложенные малопригодными для биологического освоения породами; обводненные с благоприятными и осложненными гидрогеологическими условиями	21	28	52
Отвалы конические высотой более 30 м	350	690	905

*Из Методики определения экономической эффективности рекультивации нарушенных земель [13].

С привлечением материалов дешифрирования космических снимков были распознаны площади денудационных и аккумулятивных нарушений, образованных при открытой и подземной добыче угля на Райчихинском и Бикинском угледобывающих предприятиях, а также определены отдельные крупные формы техногенного рельефа, такие как карьеры, отвалы, отстойники. Город Райчихинск и его поселки окружены почти полностью или расположены рядом с отвалами вскрышных пород, имеющими высоту от 10 до 55 м [17] (рис. 6). В силу этого в городе создается своеобразный котлованный микрорельеф. Данные дешифрирования подтверждены результатами полевых исследований.

Воздушные потоки имеют здесь главным образом ЮВ–СЗ направление (и наоборот). Частота ветров в Райчихинске примерно на 20 % больше, чем в соседних местах. В отвалах присутствует до 3 % (по объему) угольной крошки, в межотвальных понижениях много мелких

озер, пополняющихся за счет поверхностного стока. Угли быстро окисляются, и ветрами, дующими со стороны карьеров, приносят заметный специфический запах, особенно в пасмурные дни. В отдельных случаях содержание кислорода в городской черте снижается на 3 % против нормы. В засушливые периоды и зимой, в дни со скоростью ветра более 10 м/с, наблюдаются пыльные бури. Общим источником такого пылеобразования являются открытые горные работы. Экскавация горных пород идет таким образом, что верхняя ее часть (плодородный слой почвы) оказывается в подошве отвала, мелкозернистые пески и супесчаные породы остаются на поверхности. Дальнейшее высыхание пород способствует распространению мелких пылевых частиц ветром [17].

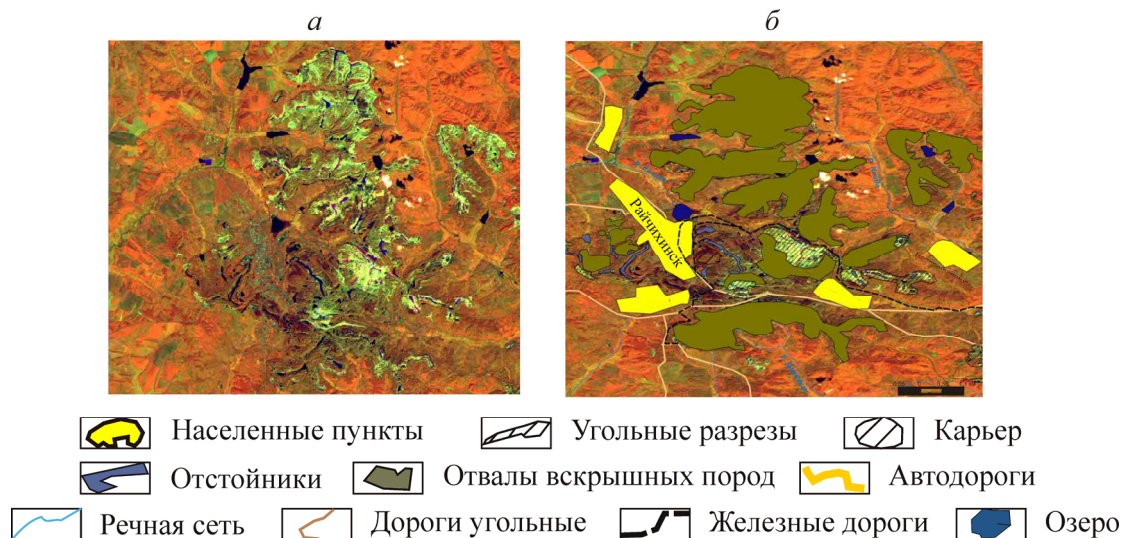


Рис. 6. Райчихинское бурогольное месторождение: *а* — снимок, полученный с американского спутника дистанционного зондирования земли Landsat 8 в комбинации спектральных каналов 5-6-2 от 07.09.2013 г.; *б* — карта пространственной структуры, составленная на основе дешифрирования этого снимка, с выделением техногенных объектов

Использование дистанционного зондирования позволило определить площади техногенных нарушений, в том числе и отвалов. Площадь породных отвалов составила 11 609 га, угольных разрезов — 1 895 га, отстойников карьерных вод — 184 га. Общая площадь нарушенных земель 13 688 га.

По формуле (2) проведен расчет эколого-экономического ущерба, причиняемого нарушенными землями, для Райчихинского бурогольного месторождения (в ценах 1991 г.):

$$У_{\text{нз}} = (65 \times 1\,895) + (185 \times 11\,609) + (21 \times 184) = 2\,274\,704 \text{ руб.}$$

На Бикинском бурогольном месторождении (разрезы “Лучегорский 1” и “Лучегорский 2”) для добычи угля открытым способом создаются обширные по площади разрезы карьеры, с формированием отвалов вскрышных пород (рис. 7).

Отвалообразование преимущественно внешнее, из общего объема вскрыши примерно 1/3 размещается во внутренних отвалах на почве нижнего отработываемого угольного пласта, а остальная часть вывозится на внешние отвалы.

Отвалы имеют разные высоты и размеры занимаемой площади. В настоящее время из-за проведения вскрышных работ на Лучегорском угольном разрезе они состоят из хаотичной смеси алевролитов, аргиллитов и песчаников разной зернистости, галечников, оливиновых базальтов плиоценового возраста, четвертичных отложений, представленных русловыми, пойменными

ми и болотными фациями, а также углесодержащими включениями. Слагающие отвалы породы различаются по гранулометрическому, минералогическому и петрографическому составам. По грансоставу это тяжелосуглинистые, легко- и среднесуглинистые породы.

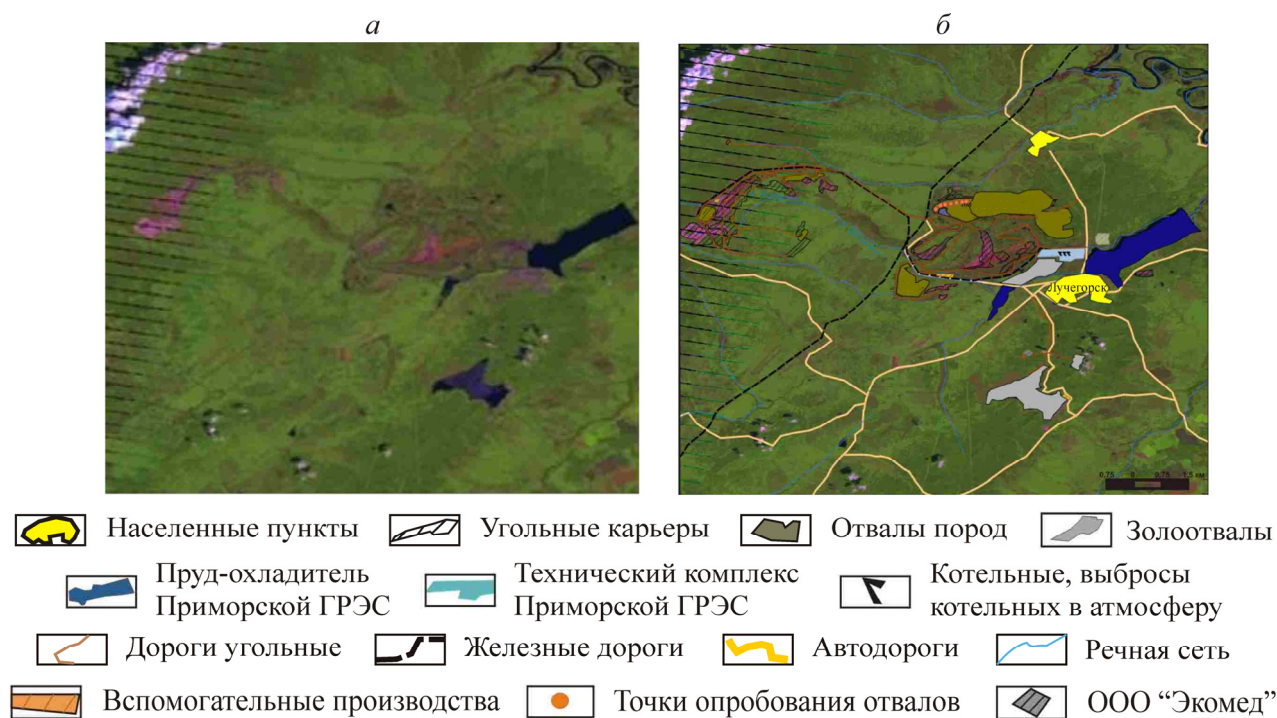


Рис. 7. Лучегорское бурогольное месторождение: *а* — снимок, полученный с американского спутника дистанционного зондирования земли Landsat 7 в комбинации спектральных каналов 4-5-1 от 07.08.2009 г.; *б* — карта пространственной структуры, составленная на основе дешифрирования этого снимка, с выделением техногенных объектов

Разработка Бикинского месторождения осуществляется двумя угольными разрезами, в состав которых входят пять эксплуатационных участков: “Восточный”, “Западный”, № 2, “Северо-Западный” и участок “Центральный”. Общая площадь отведенных земель составляет порядка 5 400 га. По данным дистанционного зондирования определены площади техногенных нарушений. Так, площадь, занятая породными отвалами на Бикинском бурогольном месторождении, составила 1 454 га, под разрезами — 1 234 га, золоотвалами — 844 га, протяженность углевозных дорог — 88.87 км. Общая площадь нарушенных земель оценивается в 3 532 га, что составляет 65 % от отведенных земель.

По формуле (2) выполнен расчет эколого-экономического ущерба от нарушенных земель для Бикинского бурогольного месторождения:

$$Y_{\text{нз}} = (270 \times 1\,454) + (65 \times 1\,234) + (185 \times 844) = 628\,930 \text{ руб.}$$

По данным спутниковых снимков Солнечного района установлены площади техногенных объектов, га: ЦОФ: хвостохранилище — 67.24, отвалы — 9.2; Солнечная обогатительная фабрика и Солнечный рудник: хвостохранилище — 34.54, шламоотстойник — 2.9; карьеры — 36.7, отвалы — 17, хвостохранилище на ключе Долгом — 34.96, отстойник — 5.4.

Исходя из площадей, занятых техногенными объектами Солнечного ГОКа, аналогичным путем проведен расчет экономического ущерба:

$$Y_{\text{нз}} = (226 \times 135) + (65 \times 701) + (80 \times 578) = 122\,315 \text{ руб.}$$

Таким образом, за счет применения современных космических снимков в совокупности с компьютерными методами анализа и обработки данных появилась возможность оперативно и регулярно готовить информацию о влиянии горнодобывающих предприятий на окружающую среду. При этом представляется весьма важным разработка и внедрение технологии обработки и анализа спектральных данных дистанционного зондирования Земли для выявления и картографирования территорий, загрязненных и нарушенных земель с последующим подсчетом их площадей и оценкой эколого-экономического ущерба, нанесенного окружающей среде, т. е. возможность дать не только качественную характеристику процесса загрязнения, но и ее количественную оценку.

ВЫВОДЫ

Анализ данных, полученных с помощью ДЗЗ, и результатов полевых работ позволил сделать вывод о том, что рассматриваемая территория Солнечного горнопромышленного района относится к наивысшей категории экологического риска.

Результаты исследований, проведенных на примере трех горнодобывающих предприятий юга Дальнего Востока, показали высокую эффективность комплексной оценки экологического воздействия техногенной деятельности в различных природных условиях региона. Установлено, что основная техногенная нагрузка на окружающую среду обусловлена механическим разрушением почвенно-растительного покрова.

Определены факторы, влияющие на качество среды обитания в зоне воздействия исследуемых объектов. Кроме причин техногенного характера существуют и природные, косвенно усугубляющие техногенную нагрузку (например наводнение в пос. Горный стало причиной прорыва дамбы хвостохранилища и переноса отходов горного производства в жилой массив). Выявлено, что в условиях горно-долинного рельефа восстановление и качество растительности лучше, чем на остальных исследуемых площадках. Таким образом, природно-климатические особенности района расположения горного предприятия являются основными влияющими факторами в восстановлении и развитии фитоценозов.

Применение экспрессных методов дистанционного зондирования Земли позволило оперативно получить достоверную и актуальную информацию по экологическому состоянию природно-горнотехнических систем. Оптимальное сочетание данных ДЗЗ и информации из других источников, в том числе полученных в экспедиционных условиях, представляет собой эффективный механизм решения широкого спектра как практических задач, так и теоретических исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Бурцев Л. И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. — М.: Научтехлитиздат, 2003. — 260 с.
2. Певзнер М. Е., Костовецкий В. П. Экология горного производства. — М.: Недра, 1990. — 235 с.
3. Саксин Б. Г. Прогнозная оценка регионального геохимического воздействия на окружающую природную среду добывающих предприятий цветной металлургии в условиях Востока России. — Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 2012. — 190 с.
4. Бубнова М. Б., Озарян Ю. А. Геоэкологическая оценка региональных природно-горнотехнических систем на юге Дальнего Востока // ФТПРПИ. — 2012. — № 5. — С. 189–196.

5. **Калабин Г. В., Моисеенко Т. И., Горный В. И., Крицук С. Г., Соромотин А. В.** Спутниковый мониторинг природной среды при открытой разработке Олимпиадинского золоторудного месторождения // ФТПРПИ. — 2013. — № 1. — С. 177–184.
6. **Опарин В. Н., Потапов В. П., Гиниятуллина О. Л. и др.** Оценка пылевого загрязнения атмосферы угледобывающих районов Кузбасса в зимний период по данным дистанционного зондирования Земли // ФТПРПИ. — 2014. — № 3. — С. 126–137.
7. **Сандлерский Р. Б.** Оценка потенциальной биологической продуктивности южно-таежных ландшафтов по данным дистанционного зондирования // Ландшафтное планирование: Общие основания. Методология. Технология: тр. Междунар. шк.-конф. — М.: МГУ, 2006. — С. 217–221.
8. **Compton J. Tuckera, Jorge E. Pinzona, Molly E. Browna, Daniel A. Slaybacka, Edwin W. Paka, Robert Mahoneya, Eric F. Vermotea, and Nazmi El Saleousa.** An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data, International Journal of Remote Sensing, Vol. 26, Issue 20, 2005, P. 4485–4498.
9. **Морин В. А., Бубнова М. Б., Морина О. М.** Экологическая роль пионерной растительности на техногенно нарушенных землях в бассейне р. Амур // ГИАБ. — 2009. — № 5. — С. 253–263.
10. **Мамаев Ю. А., Крупская Л. Т., Саксин Б. Г. и др.** Эколого-биогеохимическая оценка горнорудного техногенеза юга Дальнего Востока // Горн. журн. — 2005. — № 12. — С. 145–147.
11. **Пашкевич М. А.** Геохимия техногенеза среды: учеб. пособие. — СПб.: СПбГИ (ТУ), 2004. — 72 с.
12. **Растанина Н. К., Крупская Л. Т.** О роли экологических факторов в изучении здоровья населения горняцких поселков на юге Дальнего Востока // Экология и промышленность России. — М. 2008. — № 12. — С. 56–57.
13. **Перспективы освоения угольных месторождений Дальнего Востока: в 2-х т. Т. 1: Горно-экологические условия.** — Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2004. — 348 с.
14. **Полохин О. В.** Особенности формирования почвенного и растительного покрова техногенных ландшафтов Приморского края // Совр. проблемы науки и образования. — 2013. — № 6. <http://www.science-education.ru/113-10936>.
15. **Домаренко В. А.** Эколого-экономическая оценка месторождений (твердые полезные ископаемые): учеб. пособие. — Томск: Изд-во ТПУ, 2007. — 185 с.
16. **Методика определения экономической эффективности рекультивации нарушенных земель.** — М.: НИИПиН, 1986.
17. **Алешичев А. Н.** Значение почвогрунтов при рекультивации отвалов Райчихинского бурогоугольного месторождения // АГРО. — 2008. — № 4-6. — С. 79–80.

Поступила в редакцию 20/V 2015