

ГОРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 622.014-62-519

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАРАСТАНИЯ ОТВАЛОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В. Н. Опарин¹, В. П. Потапов², О. Л. Гиниятуллина², Е. Л. Счастливец²

¹Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН,
Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия

²Институт вычислительных технологий СО РАН, Кемеровский филиал,
ул. Рукавишниковая, 21, 650025, г. Кемерово, Россия

Рассмотрен опыт определения состояния поверхностей отвалов горных предприятий по данным дистанционного зондирования. Представлен подход к определению биомассы на основе использования почвенного вегетационного индекса SAVI. Приводятся данные по определению зон формирования почвенного грунта и процесса самозараствания на примере действующего отвала в Кузбассе.

Отвалы горного предприятия, дистанционное зондирование, вегетационные индексы, самозараствание, рекультивация земель

Одной из ведущих проблем горной отрасли является деградация земель в результате отработки полезных ископаемых. В Кузбассе за весь период освоения и разработки месторождений угля, по разным оценкам специалистов, площадь нарушенных земель достигает 60–100 тыс. га естественных угодий [1–3]. Это связано с тем, что изначально приоритет отдавался производству, а не сохранению и восстановлению природной среды на осваиваемых территориях. Количество нарушаемых земель всегда превышало объем восстановленных. Рекультивационные мероприятия практически не проводились, особенно в критические в экономическом плане периоды, что увеличивало дисбаланс между нарушенными и рекультивированными землями.

В конце 1970-х начале 1980-х годов появились первые систематические публикации о деградации земель вследствие усиленного антропогенного воздействия. В первую очередь под этим термином понимали опустынивание земель или появление так называемых “техногенных пустынь” [4]. За последние 30 лет произошло переосмысление данного термина: от узкого направления в отношении состояния почвы к более широкому — как комплекса природных объектов. В настоящее время под термином “деградация земель” понимается негативное антропогенное воздействие на целый комплекс взаимосвязанных природных экосистем, который условно можно назвать “вода – растительность – почва”.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-05-98091).

Стабилизация экономического положения в промышленности в последние 5–7 лет привела к увеличению объемов финансирования, выделяемого для проведения рекультивационных мероприятий, что способствовало росту восстановленных земельных угодий. Однако горные предприятия, чья деятельность непосредственно связана с нарушением естественных ландшафтов, ставят ряд условий по снижению стоимости рекультивации, отдавая предпочтение самым дешевым и простым технологиям без коренного изменения эдафических свойств техногенных субстратов, с низкой почвенно-экологической эффективностью, ограничиваясь только озеленением поверхности техногенных ландшафтов. При этом традиционные технологии озеленения отвалов дают только внешний поверхностный эффект [3]. Современные требования, предъявляемые к горнопромышленным предприятиям, рассматривают необходимость планирования рекультивационных работ уже на этапе проектирования новых участков, что приведет к увеличению эффективности и снижению затрат на горно-технологическое восстановление природных ландшафтов [5–7].

В настоящее время в крупных горнопромышленных регионах, особенно в Кузбассе, остро стоит проблема оценки степени рекультивации земель горных отвалов угледобывающих предприятий. На практике применяются классические методы полевых исследований: отбор срезов почвенного грунта, оценка специалистами-ботаниками состояния растений и т. д. Подобные исследования позволяют сформировать точечные индикаторы состояния, которые практически невозможно аппроксимировать на большие территории из-за существенной ошибки вычислений. Современные системы дистанционного зондирования Земли позволяют оценивать состояние растительности и почвы на больших территориях. При этом сенсоры, разработанные в последние 5 лет, могут сканировать поверхность в узком инфракрасном диапазоне (0.69–0.73), называемом “крайний красный”, или red-edge), который особенно чувствителен для анализа растительной биомассы. Применение снимков обеспечивает повторяемость вычислений на одной территории, позволяя создавать динамическую картину процессов деградации/восстановления.

Исследование состояния природных территорий возможно в двух направлениях: анализ ретроспективы — оценка состояния поверхности по изменению вегетативного индекса биомассы во времени; анализ объектов по снимкам различного разрешения (от среднего до сверхвысокого масштаба). В первом случае последовательно рассчитываются вегетационные индексы на каждый промежуток времени и проводится их оценка по годам, определяется средний прирост биомассы. Во втором выполняется оценка состояния исследуемых полигонов за счет дедуктивного метода исследования от общих границ растительного массива (снимки среднего разрешения) к отдельным фрагментам (снимки сверхвысокого разрешения). Следует отметить, что в настоящее время довольно широко исследован вопрос применения вегетационных индексов для анализа биомассы по космоснимкам. Однако работы, посвященные оценке степени восстанавливаемости нарушенных земель по данным дистанционного зондирования, как правило, содержат исследования, относящиеся к промышленным и социальным свалкам, в то время как для горнопромышленных регионов основным антропогенным объектом являются отвалы горных пород.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНЫХ ОТВАЛОВ КУЗБАССА И ПРОЦЕССА ИХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Состав отвалов горных пород Кузбасса представлен глинами и суглинками, песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Соотношение основных горных пород разреза Кузбасса следующее: песчаники 72–78 %, алевролиты 28–20 %, аргиллиты до 2 % [8–10]. Глубинные горные

породы, вынесенные на поверхность в процессе добычи угля, обладают иными, чем почвы, свойствами и характеристиками: имеют низкий актуальный потенциал плодородия, содержание элементов минерального питания и азота незначительно [11].

Физически горный отвал представляет собой сложную структуру: вершина, откуда происходит смыв мелких частиц и питательных веществ, транзитная зона — склоны, по которым происходит транспорт мелких частиц породы к подножию отвала, называемого аккумулятивной зоной. Здесь накапливаются вещества, смытые с вершины, вследствие чего создаются более благоприятные условия для начала процесса восстановления земляного покрова [10].

Правовые документы прописывают необходимость восстановления нарушенных земель перед передачей их от собственника горнодобывающего предприятия в общее пользование. Для этого применяется технология рекультивирования отработанных земель.

Под понятием рекультивация земель понимается “набор технологических приемов, позволяющих сформировать на месте нарушенных земель участки территории (местообитания, ландшафты, поля рекультивации) с заданными в виде технического задания в рабочем проекте рекультивации параметрами хозяйственной и/или почвенно-экологической эффективности” [12].

Многолетние исследования специалистов показали, что для Кузбасса не могут применяться простые и дешевые способы восстановления плодородного слоя на горных отвалах. Как правило, необходимо разрабатывать и применять комплекс рекультивационных мероприятий, главным назначением которого является создание условий для максимально возможного ускорения процессов самовосстановления разрушенных экосистем до социально необходимого уровня. Достижение такого уровня эффективности комплекса рекультивационных работ невозможно без применения горнотехнических этапов, позволяющих сформировать эдафические условия. Данный этап технологически сложен и дорогостоящ. Поэтому делается все возможное, чтобы либо вообще обойтись без него, либо свести его к минимуму.

Следует отметить, что отвалы вскрышных пород подвержены постепенному зарастанию в той или иной степени в любом случае. Посадки многолетних трав или древесных культур позволяют ускорить процесс зарастания, но, как показывают результаты исследований, часто одно озеленение отвалов не может коренным образом ограничить негативное влияние техногенных ландшафтов [3]. Так называемая односторонняя рекультивация быстро восстанавливает только один компонент экосистемы, что приводит к возникновению специфического дисбаланса. Созданные искусственные посадки на поверхности отвалов в большинстве случаев оказываются неустойчивыми и при воздействии неблагоприятных факторов (неправильная эксплуатация, засуха, пожары и т. п.) быстро деградируют, возвращая рекультивированные площади в исходное состояние (техногенная пустыня).

Законодательно определены структуры, которые контролируют процесс рекультивации нарушенных земель после отработки полезных ископаемых, но на практике проверить качество этих работ довольно трудно, так как требуется оценка не только площади официально рекультивированных земель, но и процесса восстановления биомассы (проведены все этапы работ или выполнена односторонняя рекультивация). Для подобных исследований необходим анализ территорий в достаточно продолжительном временном интервале.

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИЙ ОТВАЛОВ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Для большинства тематических задач, связанных с изучением и мониторингом конкретных объектов (как природных, так и антропогенных), удобно использовать их физические характеристики, восстановленные по данным дистанционных наблюдений. Эти характеристики пред-

ставляют собой не просто калиброванные данные, полученные в разных спектральных каналах, а некоторые физические параметры, которые можно применять при описании наблюдаемых объектов, процессов и явлений [13]. Такими характеристиками могут быть не только традиционные геофизические параметры, сопоставимые с данными контактных измерений (полевые исследования, точечные заборы проб и т. п.), а также интегральные характеристики (индексы), не сводимые к традиционным, но при этом наиболее адекватно и полно реализующие потенциал дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Ряд авторов выделяют несколько классов характеристик, получаемых с помощью данных ДЗЗ [13–15]. Условно их можно разделить на обобщенные физические характеристики, выраженные в устойчивых единицах, и спектральную отражательную способность объектов. Обобщенные физические характеристики составляют поля температур на различных поверхностях (температура верхней границы облачности, температура водной поверхности и т. п.), поля содержания водяного пара или аэрозоля в различных слоях атмосферы, поля альбедо различных поверхностей и т. п., а также различные индексы, получаемые на основе измерений в различных спектральных каналах. Индексы, как правило, являются достаточно устойчивыми к условиям измерений и могут быть эффективно использованы для описания состояния наблюдаемых объектов. Наибольший интерес в рамках данного исследования представляют вегетационные (растительные) и почвенные индексы. Различные нормализованные вегетационные индексы позволяют рассчитать и оценить объем биомассы в растительных системах. Наиболее чувствительным спектральным каналом для подсчета данного типа индексов является “крайний красный” red-edge-диапазон (705–745 нм). Почвенные индексы характеризуют степень покрытия наблюдаемых поверхностей растительностью, причем хорошо реагируют на минимальное присутствие биомассы на поверхности объекта.

Наиболее удобным для исследования взаимосвязанных компонентов “растительность–почва”, с нашей точки зрения, является использование модели Гаудриана [16]. В данной модели используется сферический коэффициент спектрального отражения: предполагается, что почва является ламбертовским рассеивателем и значения коэффициента не зависят от направления падения солнечных лучей и визирования. Известно, что отражательные свойства почвы зависят от ее химического состава, физического состояния, условий освещения и визирования. Каждый почвенный объект имеет уникальный спектральный образ. Используя различные методы обработки снимков, можно идентифицировать различные почвы и их отдельные характеристики. Рядом исследователей экспериментально установлены отражательные свойства почв в зависимости от преобладания тех или иных элементов и особенностей: содержания гумуса, влажности, механического состава, карбонатности, наличия солей, эродированности и др. [16–23]. Разработки ученых показывают, что почвы в зависимости от особенностей фиксируются на снимках широкой гаммой тонов, спектральная отражательная способность которых достаточно полно изучена. Однако данные исследования позволяют определить спектральный образ только сформировавшихся почв. Для несформировавшихся почв, особенно где выражены современные аллювиальные процессы, отражение в оптическом диапазоне не дает возможности определить тип почвы, но обеспечивает идентификацию начального покрова.

Следует отметить, что тематическая обработка, базирующаяся на анализе обобщенных физических характеристик, может быть достаточно просто стандартизирована, что обеспечит сопоставимость результатов оценки параметров состояния различных объектов и явлений, получаемых по разным территориям.

Чаще всего, особенно в задачах геоэкологического мониторинга, требуется анализ не просто одномоментной информации, а рядов данных, полученных на основе ДЗЗ. Таким образом, происходит переход от работы с обобщенными физическими характеристиками к однородным

временным и пространственным рядам наблюдений, т. е. к однородно представленным рядам показателей. Для формирования однородного ряда показателей необходимо применение новых подходов и алгоритмов, обеспечивающих построение различных композитных продуктов, получаемых на основе разновременных наблюдений, очищенных от влияния различного рода помех и искажений (например, облачности, геометрических искажений, пропусков съемки и т. п.).

Для анализа растительности наибольший интерес представляют снимки в нескольких зонах электромагнитного спектра, преимущественно в видимом диапазоне (0.4–0.7 мкм) и ближнем ИК-диапазоне (0.7–1.3 мкм). Спектральные отражательные свойства растительности и почвенно-растительных комплексов зависят от состава, структуры, фазы вегетации, климатических и многих других факторов. С одной стороны, наличие таких взаимосвязей имеет большое значение для решения прикладных задач, а с другой — усложняет задачу тематической классификации по спектральным признакам. Сложности обусловлены как ограничениями датчиков, регистрирующих отраженное от земной поверхности солнечное излучение, так и особенностями альbedo каждого отдельного участка земной поверхности, на которое, кроме перечисленных факторов, влияет также топография местности и текущие метеоусловия [24].

Растительность весьма чувствительна к нарушениям окружающей среды и наиболее наглядно отражает изменение экологической обстановки в результате техногенного воздействия. Состояние растительности можно рассматривать как индикатор уровня техногенной нагрузки на природную среду региона [8]. Восстановление физических характеристик по данным ДЗЗ позволяет получить некие численные характеристики объема биомассы, что может служить индикатором восстановления нарушенных земель.

Характерным признаком растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность, которой присущи большие различия в отражении излучения разных длин волн [15, 25]. Для исследования растительности по космоснимкам применяются различные вегетационные индексы. В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются эмпирическим путем (экспериментально) исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв. Два наиболее стабильных участка спектральной кривой растений обеспечивают расчет большей части вегетационных индексов: красная зона спектра (0.62–0.75 мкм) дает максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, ближняя инфракрасная зона (0.75–1.3 мкм) — максимальное отражение энергии клеточной структурой листа [15]. Высокое содержание хлорофилла, связанное с большой фитомассой растительности, ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим значениям в ближней инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяют четко отделять растительность от прочих природных объектов на снимках.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИКИ ЗАРАСТАНИЯ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ КУЗБАССА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В рамках исследования проведен анализ отвалов горных предприятий Кузбасса по снимкам среднего и высокого разрешения в течение 1992–2012 гг. Отобранные участки исследовались по расчетам соответствующих индексов. Для расчета вегетационных индексов использовались полосы следующего волнового диапазона: VNIR (0.78–0.90), SWIR (1.55–1.75; 2.09–2.35) и red-edge (0.69–0.73).

В ходе исследования для зон горных отвалов по годам рассчитаны классический нормализованный разностный вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI), почвенный вегетационный индекс (Soil Adjusted Vegetation Index, SAVI), нормализованный разностный инфракрасный индекс (Normalized Difference Infrared Index, NDII).

Расчет классического нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) не дал удовлетворительных результатов, так как для вычисления используются красная и ближняя инфракрасная полосы спектра. Индекс слабо чувствителен к определению слабой первичной биомассы, что наиболее характерно для отвалов с самозарастанием.

Применение почвенного вегетационного индекса SAVI определяется по следующей формуле:

$$SAVI = \left(\frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED} + L} \right) (1 + L),$$

где $L = [0; 1]$.

Результаты расчетов показали, что при $L = 0$ индекс работает только в условиях очень густого растительного покрова. Планомерное увеличение значения до 1 обеспечивает снижение биомассы. В данном случае при обследовании отвалов применялось значение $L = 1$, так как исследовались объекты с отсутствием либо минимальной растительностью, выраженной в виде слабого травяного покрова. Последовательный расчет индекса по годам отражает процесс формирования отвала в результате угледобычи. На рис. 1 представлен отвал разреза “Бачатский”.

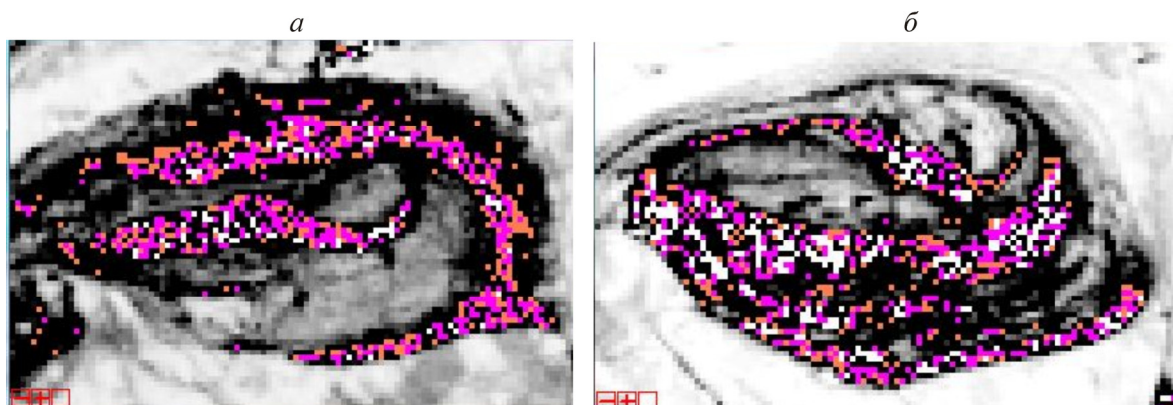


Рис. 1. Результаты расчета почвенного вегетационного индекса SAVI отвала разреза “Бачатский”: а — 1992 г.; б — 2010 г.

Как видно, четко прослеживается сдвигение горизонта отвала с севера на юг. Граница почвенного показателя проходит через 0, цветными маркерами представлены показатели в диапазоне $[0; 1]$, который характеризует почву. Показатели, представленные белым цветом, фиксируют включения, являющиеся пустой породой (т. е. не почвенный плодородный слой). Таким образом, показана картина формирования естественного (не рекультивированного) почвенного слоя на отвале угольного предприятия.

Теперь воспользуемся следующей формулой для расчета нормализованного разностного инфракрасного индекса:

$$NDII = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}.$$

Индекс может принимать значения от -1 до 1 . Для зеленой растительности обычно принимает значения от 0.02 до 0.6 [25]. Рассмотрим результаты расчетов индекса по годам на примере двух зон отвала разреза “Бачатский” (рис. 2).

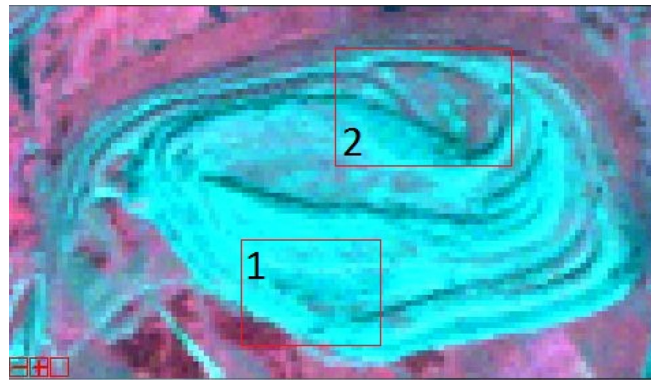


Рис. 2. Зоны интереса отвала разреза “Бачатский”

Расчет для зоны 1 показывает, что с 1992 по 2010 г. показатели индекса изменились с 0.04 до $-0,25$, т. е. биомасса была снижена (рис. 3). Это соответствует действительности, так как горизонт отвала сместился в эту зону (см. рис. 1).

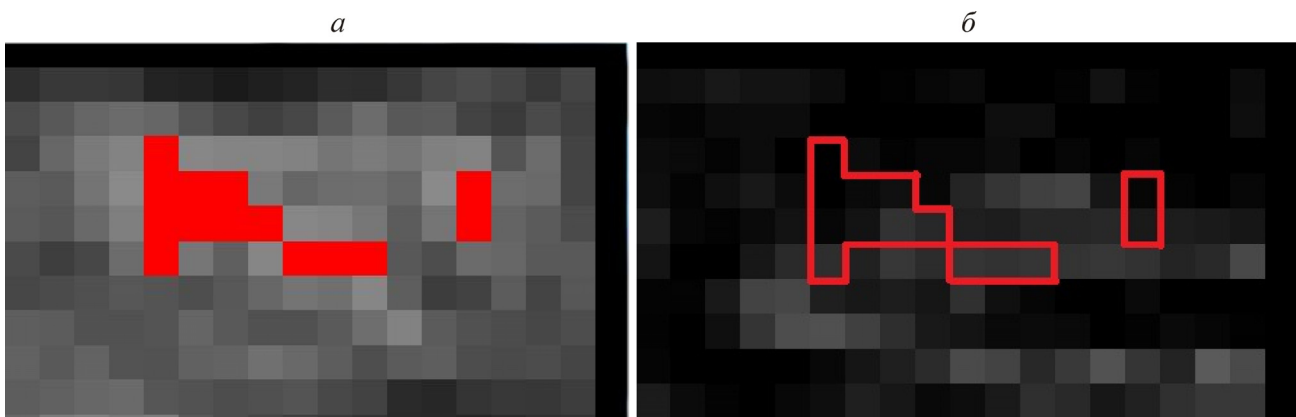


Рис. 3. Индекс NDII. Зона 1: *a* — 1992 г.; *б* — 2010 г.

Для зоны 2 (рис. 4) характерна противоположная динамика: с 1992 по 2010 г. зафиксировано изменение индексов с $-0,25$ до 0.05, что свидетельствует о появлении биомассы на поверхности. Если сопоставить данные значения с расчетом почвенного индекса на рис. 1, то видно, что в результате смещения горизонта отвала происходит процесс самозарастания, который выражается в планомерном увеличении индекса NDII.

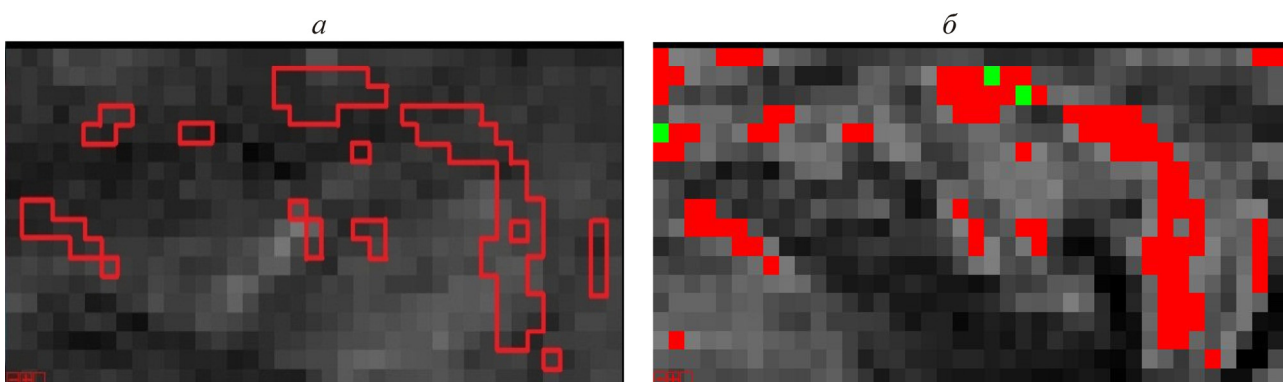


Рис. 4. Индекс NDII. Зона 2: *a* — 1992 г.; *б* — 2010 г.

Прогноз зарастания земель отвалов угольных предприятий, составленный на основе временных трендов вегетационных индексов, показал, что при сохранении существующей тенденции отвал может планомерно увеличивать биомассу, однако процесс восстановления земель в данном случае будет затяжным.

ВЫВОДЫ

При исследовании зон отвалов горных предприятий по данным дистанционного зондирования зоны антропогенных трансформаций растительного покрова наиболее достоверно выделяются на основе спектрального индекса NDII, вычисляемого по значениям коэффициента спектральной яркости [26, 27]. Использование почвенного вегетационного индекса SAVI позволяет обнаружить изменения почвенного покрова, определить и обосновать возможность появления очагов самозарастания.

Применение данных дистанционного зондирования при изучении отвалов горных предприятий дает возможность получать следующие результаты: границы земель отвала, определение горизонта сдвижения границы по годам, выявление очагов формирования почвенного слоя, определение зон самозарастания. В настоящее время требуется детальное изучение данных процессов с помощью дистанционного зондирования и обеспечение результатов полевыми исследованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малахов С. М. Чрезвычайная экологическая ситуация в Кузбассе — возможные пути решения. — Кемерово: Кузбассвуиздат, 1999.
2. Потапов В. П., Мазикин В. П., Счастливцев Е. Л., Вашлаева Н. Ю. Геоэкология угледобывающих районов Кузбасса. — Новосибирск: Наука, 2005.
3. Андроханов В. А. Практическое решение проблемы рекультивации нарушенных земель на основе инновационного процесса / Кузбасс-1: сб. статей. Отд. вып. ГИАБ. — 2009. — № ОВ 7.
4. De Jong S. M., van der Meer F. D. Remote sensing image analysis including. The Spatial Domain, N. Y., Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic Publishers, 2004.
5. Федеральный закон “Об охране окружающей среды” от 10.01.2002. № 7-ФЗ.
6. Закон РФ “О недрах” от 21 февраля 1992 г. № 2395-1.
7. Распоряжение Правительства РФ от 12.10.2012 г. № 1911-Р “О внесении изменений в распоряжение Правительства РФ от 6 мая 2008 г. N 671-р”.
8. Пути повышения эффективности и экологической безопасности открытой добычи твердых полезных ископаемых / отв. ред. В. Н. Опарин. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010.
9. Манаков Ю. А. Сосудистые растения отвалов вскрышных пород Кедровского угольного разреза // Ботан. исследования Сибири и Казахстана. — 1997. — Вып. 3.
10. Манаков Ю. А., Куприянов А. Н. Критерии для диагностики первичных стадий сукцессии на отвалах Кузбасса / Кузбасс-1: сб. статей. Отд. вып. ГИАБ. — 2009. — № ОВ 7.
11. Трофимов С. С., Теплякова А. А., Клевенская И. Л. Системный подход к изучению процессов почвообразования в техногенных ландшафтах / Почвообразования в техногенных ландшафтах. — Новосибирск: Наука, 1979.
12. Андроханов В. А. Практические решения проблемы рекультивации нарушенных земель на основе инновационного процесса // Кузбасс: сб. науч. тр. Отд. вып. ГИАБ. — 2008. — № ОВ 7.
13. Лупян Е. А., Саворский В. П. Базовые продукты обработки данных дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2012. — 9 (№ 2).

14. **Рис У. Г.** Основы дистанционного зондирования. — М.: Техносфера, 2006.
15. **Чандра А. М., Гош Г. С.** Дистанционное зондирование и географические информационные системы. — М.: Техносфера, 2008.
16. **Выгодская Н. Н., Горшкова И. И.** Теория и эксперимент в дистанционных исследованиях растительности. — Л.: Гидрометеиздат, 1987.
17. **Виноградов Б. В.** Аэрокосмический мониторинг экосистем. — М.: Наука, 1984.
18. **Обухов А. И., Орлов Д. С.** Спектральная отражательная способность главнейших типов почв и возможности использования диффузного отражения при почвенных исследованиях // Почвоведение. — 1964. — № 2.
19. **Рачкулик В. И., Ситникова М. В.** Отражательные свойства и состояния растительного покрова. — Л.: Гидрометеиздат, 1981.
20. **Федченко П. П., Кондратьев К. Я.** Спектральная отражательная способность некоторых почв. — Л.: Гидрометеиздат, 1981.
21. **Карманов И. И.** Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатели их свойств. — М.: Колос, 1974.
22. **Андроников В. Л.** Аэрокосмические методы изучения почв. — М.: Колос, 1979.
23. **Афанасьева Т. В.** Использование аэрометодов при картировании и исследования почв. — М.: Изд-во МГУ, 1965.
24. **Чабан Л. Н., Вечеру Г. В., Гаврилова Т. С.** Исследование возможностей классификации растительного покрова по гиперспектральным изображениям в пакетах тематической обработки данных дистанционного зондирования // Труды МФТИ. — 2009. — 1 (№ 3).
25. **Черепанов А. С.** Вегетационные индексы // Геоматика. — 2011. — № 2.
26. **Корниенко С. Г.** Оценка масштабов трансформации растительного покрова на территории Тазовского полуострова по данным спутника NOAA // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2012. — 9 (№ 2).
27. **Корниенко С. Г., Якубсон К. И., Масленников В. В.** Изучение трансформаций природных комплексов нефтегазоносных областей криотозоны по данным космической съемки // Наука и техника в газовой промышленности. — 2005. — № 3.

Поступила в редакцию 2/IX 2013