

ЭкиПР 08 2019

Результаты исследования структуры восстановленной экосистемы на разрабатываемых открытым способом и отработанных железорудных месторождениях России

Зеньков Игорь Владимирович, доктор технических наук, Заслуженный эколог РФ, профессор Сибирский федеральный университет (Россия, 660041, г. Красноярск, пр-т Свободный, 79)

Морин Андрей Степанович, зав. кафедрой, доктор технических наук, Сибирский федеральный университет (Россия, 660041, г. Красноярск, пр-т Свободный, 79)

Вокин Владимир Николаевич, кандидат технических наук, профессор, Сибирский федеральный университет (Россия, 660041, г. Красноярск, пр-т Свободный, 79)

Кирюшина Елена Васильевна, кандидат технических наук, доцент, Сибирский федеральный университет» (Россия, 660041, г. Красноярск)

Маглинец Юрий Анатольевич, кандидат технических наук, профессор, Сибирский федеральный университет (Россия, 660041, г. Красноярск, пр-т Свободный, 79)

Раевич Ксения Владиславовна, кандидат технических наук, доцент Сибирский федеральный университет (Россия, 660041, г. Красноярск, пр-т Свободный, 79)

Веретенова Татьяна Анатольевна, доцент, Сибирский федеральный университет (Россия, 660041, г. Красноярск)

Территория России по площади является первой державой в мире. В стране за последние 100 лет потребление железа выросло в тысячи раз, по сравнению с началом XX века. Стальные изделия в объеме не менее 60 млн. т в год потребляются во всех секторах экономики современной России. Основными потребителями металлопроката являются: железные дороги, машиностроительная отрасль, строительный комплекс и др. Железорудные месторождения с различным горно-геологическим строением и разного геологического возраста расположены и разрабатываются открытым способом на Кольском полуострове, Республиках Карелии, Хакасии и Башкортостана, Белгородской, Курской, Иркутской областях, на территории Среднего и Южного Урала, в Красноярском крае. Все это не могло не сказаться на экологической обстановке в районах строительства горно-обогатительных комбинатов и рудников с предварительным сухим и мокрым обогащением железной руды. При такой географической дисперсии изучить экологическое состояние объектов добычи железной руды путем проведения полевых экспедиций за короткий период не представляется возможным, либо это будет сопряжено с большими финансовыми расходами с привлечением значительных по объему и численности соответственно материальных и людских ресурсов.

В исследованиях по направлению «Науки о земле» в последние годы все чаще применяют результаты дистанционного зондирования. Информационными ресурсами, полученными из космоса, пользуются биологи, почвоведы, геологи, ботаники, горняки и другие ученые, т.е. все те, кто непосредственно изучает биосферную оболочку Земли [1-11]. Примерно лет пять назад у нас возникло желание – изучить все действующие и отработанные железорудные карьеры на территории России по космоснимкам, находящимся в свободном доступе. В результате впервые даны ответы на два важнейших вопроса, касающихся оценки экологических последствий при добыче железной руды открытым спосо-

бом: сколько земель изъято под горные работы при разработке железорудных месторождений как в целом на территории России, так и в каждом регионе, где производят добычу железной руды открытым способом; каким образом выглядит структура восстановленной экосистемы на поверхности нарушенных земель.

Ответы на эти вопросы даны с детализацией исследования каждого объекта (карьера, породного отвала, хранилища отходов переработанной железной руды), входящего в структуру горнопромышленного ландшафта на каждом разрабатываемом или отработанном месторождении во всем диапазоне природно-климатических условий от северных районов Кольского полуострова до Иркутской области.

Железорудные месторождения на территории современной России начали масштабно разрабатывать открытым способом с 1930-х гг. В бывшем СССР на территории Челябинской области началось строительство Магнитогорского комбината, вблизи которого имелись большие запасы железной руды, пригодные для добычи открытым способом, а в Кузбассе – был построен Кузнецкий металлургический комбинат. Это были первенцы металлургической отрасли – первые металлургические заводы, сырьевую базу которых составляли железорудные карьеры, где по тем временам была достигнута высокая производительность труда.

Более масштабное строительство рудников началось после Великой отечественной войны. Карьеры по добыче железной руды строили на Кольском полуострове, в средней полосе России, на Урале, в Красноярском крае, Иркутской области. В 1960–1970-е гг. масштаб освоения железорудных месторождений получил дополнительный импульс. Началось освоение новых разведанных месторождений железной руды в Республике Карелии, Среднем и Южном Урале, Иркутской области.

Анализ информации по каждому региону высветил очевидность резкого дисбаланса по территории России в плане наличия и разработки железорудных месторождений открытым способом. На территории Европейской части России находятся практически все крупные горно-обогатительные комбинаты (6 из 8) по добыче и обогащению железной руды. За Уралом работают два крупных комбината – Качканарский ГОК (Свердловская область) и Коршунровский ГОК в Иркутской области. Небольшой объем железной руды добывается в Свердловской области Первоуральским рудоуправлением и в Челябинской области на месторождении Малый Куйбас. В регионах России, находящихся восточнее Иркутской области, добыча железных руд открытым способом не производится. Региональное распределение нарушенных земель, находящихся под горными работами, породными отвалами и хранилищами отходов обогащения железной руды, образованными в хо-

де разработки железорудных месторождений открытым способом, по территории России, представлено на рис. 1.

Суммарная площадь нарушенных земель в 2018 г. на территории России в результате разработки железорудных месторождений открытым способом составила 43 236,6 га. На первом месте по площади нарушенных земель находится Белгородская область (18,6 %). Второе место разделяют между собой Мурманская область (15,1 %) и Республика Карелия (15,7 %). На третьем, четвертом и пятом местах находятся соответственно Курская область (14,5 %), Средний (12,2 %) и Южный Урал (10,5 %).

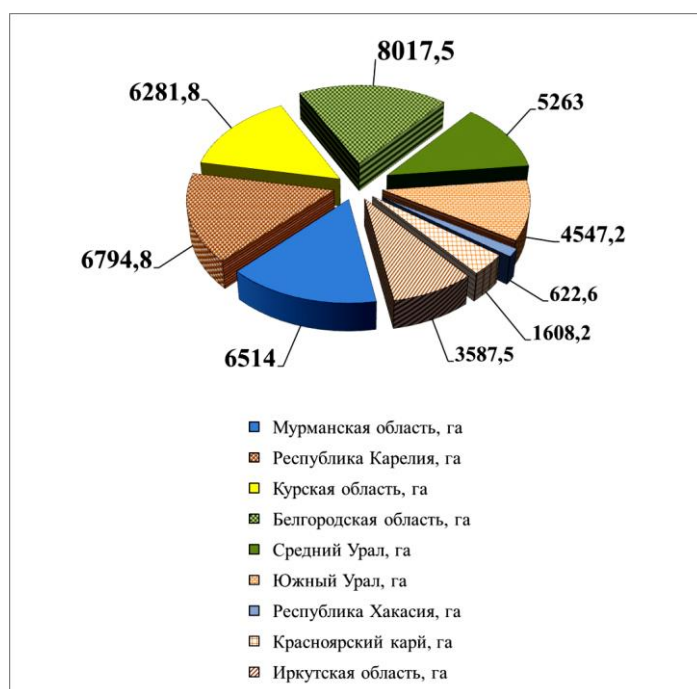


Рис. 1. Структура земель под открытыми горными работами и породными отвалами железорудных карьеров на территории Российской Федерации

На территориях Восточной Сибири увеличение площади нарушенных земель происходит по регионам с запада на восток. Меньше всего нарушенных земель в Республике Хакасии (1,4 %), а в Красноярском крае этот показатель имеет уровень, превышающий более чем в два раза (3,7 %). В Иркутской области удельный вес нарушенных земель имеет максимальный показатель на территории Восточной Сибири – 8,3 %.

В настоящее время на территории России от северных районов Кольского полуострова до Иркутской области разрабатывается одиннадцать железорудных месторождений. Горнопромышленные ландшафты на севере России, образованные при ведении открытых горных работ на Оленегорском, Ковдорском и Костомукшском месторождениях характеризуются низкими коэффициентами восстановления растительного покрова в диапазоне

0,045-0,254 (табл. 1). Коэффициент восстановления растительного покрова на территории горнопромышленного ландшафта определяется отношением площади участков, на которых произрастают любые виды растительного покрова в результате проведенной рекультивации или при его самовосстановлении к общей площади нарушенных земель при разработке конкретного месторождения.

Максимальный показатель на этом отрезке относится к Ковдорскому месторождению комплексных руд. Такие руды с низким содержанием железа и фосфора отсыпают в отвалы вместе со вскрышными породами. На наш взгляд, наличие бедных руд, содержащих фосфор в поверхностном слое отвалов, способствует ускорению развития всех видов растительного покрова при ее саморасселении с прилегающих природных ландшафтов. При работе горнодобывающих предприятий на этих месторождениях более 50 лет низкие коэффициенты восстановления растительного покрова свидетельствуют об отсутствии работ по рекультивации нарушенных земель. Основные виды растительного покрова в карьерах и на отвалах – слаборазвитая и хорошо развитая травянистая растительность, редкая кустарниковая растительность.

Таблица 1

*Распределение нарушенных земель по категориям на разрабатываемых
открытым способом железорудных месторождениях*

Месторождение	Площадь нарушенных земель, га	Площадь техногенных водоемов, га	Площадь земель под всеми видами растительного покрова, га
Оленегорское	3848,1	279,2	175
Ковдорское	2665,9	258,1	610,7
Костомукшское	6794,8	1449	242,4
Михайловское	6281,8	1202,9	1942,4
Лебединское	4859,5	625,1	2040,7
Стойленское	3158	597,1	862,5
Гусевозерское	3749,9	532,6	532,7
Первоуральское	362	-	131,1
Малый Куйбас	678,8	-	51,2
Коршуновское	2692,3	390,6	1145,1
Рудногорское	789,1	0,8	38,3

На порядок выше уровни коэффициентов восстановления растительного покрова установлены на территории горнопромышленных ландшафтов в Средней полосе России – на Михайловском, Лебединском и Стойленском месторождениях. На территории нарушенных земель этими горно-обогатительными комбинатами, растительный покров находится на площади 38,2, 48,2 и 33,7 % соответственно. На этих месторождениях интенсивно отработывают запасы железной руды и постоянно отсыпают внешние отвалы. На всех месторождениях проводились работы по рекультивации земель.

Михайловским ГОКом частично рекультивирован внешний породный отвал с высадкой сосны на площади 8 га. В то же время, на этом же отвале площадью 528,5 га, находящемся южнее карьера, в 2018 г. полностью отсутствовали участки без растительного покрова – вся поверхность отвала была покрыта хорошо развитой древесно-кустарниковой растительностью. Эта растительность появилась на отвале в результате саморасселения аборигенных видов кустарников и деревьев, произрастающих на природных ландшафтах в непосредственной близости от горных работ.

На Лебединском ГОКе рекультивирован гидроотвал площадью 786,4 га, из них участки для использования в сельском хозяйстве общей площадью 412,2 га. На Стойленском ГОКе на поверхности автомобильного отвала площадью 249,9 га, расположенного западнее карьера, произошло самовосстановление древесно-кустарниковой растительности на участках суммарной площадью 231,8 га. На поверхности горизонтальных площадок, встроенных в конструкцию откоса внешнего железнодорожного отвала, расположенного северо-западнее карьера, в ретроспективном периоде была проведена лесная рекультивация на площади 25 га.

На Среднем Урале Качканарский ГОК четырьмя карьерами интенсивно разрабатывает Гусевозерское месторождение, и одним карьером ООО Перворульское рудоуправление отрабатывает запасы одноименного железорудного месторождения. Коэффициенты восстановления растительного покрова на этих месторождениях в 2018 г. составили 0,166 и 0,362 соответственно. На Южном Урале в Челябинской области участком горных работ Магнитогорского горно-металлургического комбината производятся горные работы на двух рудных залежах на месторождении Малый Куйбас. На территории карьера и автомобильных породных отвалов растительный покров находится на участках общей площадью всего лишь 7,5 % от общей площади нарушенных земель.

На территории Иркутской области более 50 лет отрабатывают запасы Коршуновского месторождения, и более 30 лет разрабатывается Рудногорское месторождение, территориально находящиеся в границах Ангаро-Илимского железорудного бассейна. Коэффициент восстановления растительного покрова на межступенных площадках, откосах уступов в верхней части карьера и на отвалах Коршуновского ГОКа имеет довольно высокий уровень для действующего горного производства – 0,425. Результаты дистанционного мониторинга свидетельствуют о том, что темпы самовосстановления древесно-кустарниковой растительности в 5-6 раз выше темпов изъятия природных ландшафтов под отвалы. В карьере и на отвалах, образованных при разработке Рудногорского месторождения этот показатель находится на очень низком уровне 0,049.

Запасы железных руд, пригодные для открытой разработки, к настоящему времени отработаны на 14 крупных и мелких месторождениях (табл. 2). В Краснокаменскую и Ирбинскую группу входят по три месторождения: соответственно «Рудный каскад», «Оди-ночное», «Маргоз» и «Основная рудная залежь», «Бурлукское», «Изыгское».

Таблица 2

*Распределение нарушенных земель по категориям
на отработанных железорудных месторождениях*

Месторождение	Площадь нарушенных земель, га	Площадь техногенных водоемов, га	Площадь земель под всеми видами растительного покрова, га
Гороблагодатское	908,6	71,3	461,3
Высокогорское	242,5	4,2	151,3
Бакальское	2065,9	75	1588,7
Магнитогорское	1422,9	19,2	713,6
Туканское	379,6	34	238,5
Тейское	373,3	-	43,3
Абагасское	108,8	3,6	6,3
Краснокаменская группа	920,6	85,2	570,9
Ирбинская группа	687,6	26,9	266,2
Татьянинское	106,1	0,8	41,1

На территории Среднего и Южного Урала запасы железных руд полностью отработаны на пяти месторождениях. В карьере и на отвалах, образованных при разработке Гороблагодатского месторождения растительный покров находится на площади 55 % от площади горнопромышленного ландшафта. Здесь производится выемка горных пород на отвалах, отсыпанных в ретроспективном периоде, поэтому весь растительный покров, сформировавшийся на поверхности этих отвалов, уничтожается. Поэтому, здесь наблюдается отрицательная динамика в изменении площади участков со всеми видами растительного покрова. Коэффициент восстановления растительного покрова на территории нарушенных земель при разработке Высокогорского месторождения находится на довольно высоком уровне 0,635.

Экологически приемлемые темпы восстановления всех видов растительного покрова установлены на отвалах, межступенных площадках и откосах верхних уступов карьеров на Бакальском месторождении, разрабатываемом более 200 лет. Этот показатель имеет максимальное значение 0,798 из линейки отработанных месторождений железных руд на территории России. Поэтому, экологические показатели этого месторождения могут быть приняты как целевые в плане комплексной сравнительной оценки аналогичных показателей территорий с нарушенными землями на отработанных железорудных месторождениях. Представим детализацию результатов дистанционного мониторинга с 1995 по 2018 гг. по объектам горнопромышленного ландшафта, образованного в ходе разработки Бакальского месторождения сидеритовых руд. Нарушенные земли на этом месторождении пред-

ставлены группой из восьми карьеров, внешними отвалами, отсыпанными с использованием как железнодорожного транспорта (5 отвалов), так и автомобильного (4 отвала). Кроме того, на поверхности двух железнодорожных отвалов, не поименованных выше, были организованы новые ярусы, которые формировали с использованием автомобильного транспорта.

Суммарная площадь карьеров в ходе добычи железной руды в период мониторинга находилась на стабильном уровне 543,5 га. Структура нарушенных земель в 2018 г., представляющих собой участки без растительного покрова, с растительной и водной экосистемой на территории отработанных карьеров выглядит следующим образом. Техногенные водоемы занимают площадь 75 га. Участки со всеми видами растительного покрова занимают суммарно 265,7 га. Коэффициент самовосстановления растительной экосистемы в карьерных выемках находится на уровне 0,567.

Установлено, что площадь нарушенных земель, занимаемых железнодорожными отвалами, изменилась незначительно за период мониторинга с 834,9 га до 849,6 га. Структура нарушенных земель в 2018 году, представляющих собой участки без растительного покрова и с растительной экосистемой на территории железнодорожных отвалов, выглядит следующим образом. Участки со всеми видами растительного покрова занимают суммарно 759,5 га. Коэффициент самовосстановления растительной экосистемы на поверхности исследуемых отвалов находится на уровне 0,894.

Площадь нарушенных земель под автомобильными отвалами за период дистанционного мониторинга увеличилась незначительно с 420,8 до 425,4 га. Структура нарушенных земель в 2018 г., представляющих собой участки без растительного покрова и с растительной экосистемой на территории автомобильных отвалов выглядит следующим образом. Участки со всеми видами растительного покрова занимают суммарно 382,3 га. Коэффициент самовосстановления растительной экосистемы на поверхности автомобильных отвалов находится на уровне 0,899.

Установлено, что площадь нарушенных земель, занимаемых железнодорожными отвалами, перекрытыми автомобильными отвалами, оставалась в период мониторинга на неизменном уровне 247,4 га. Структура земель в 2018 г., представляющих собой участки без растительного покрова и с растительной экосистемой на поверхности этих отвалов, выглядит следующим образом. Участки со всеми видами растительного покрова (без участков с признаками восстановления растительного покрова) занимают суммарно 181,2 га. Коэффициент самовосстановления растительной экосистемы на поверхности комбинированных отвалов находится на уровне 0,732.

На Магнитогорском месторождении после прекращения горных работ коэффициент восстановления растительного покрова составил 0,508. Необходимо отметить, что месторождение находится на территории Южно-Уральской степной зоны, где имеются некоторые проблемы с самозаселением нарушенных земель ввиду высокой степени вовлечения земель в сельскохозяйственный оборот.

В Республике Башкортостан на Туканском месторождении в юго-восточном секторе Уральских гор горные работы завершены в начале 2000-х гг. и вследствие этого процессам самовосстановления растительности ничего не препятствует. Поэтому, к 2018 г. коэффициент восстановления достиг уровня 0,69. В Республике Хакасии на породных отвалах, отсыпанных при разработке Тейского и Абагасского месторождений, существует и никак не решается экологическая проблема восстановления экобаланса. После остановки горных работ в начале 2000-х гг. коэффициент восстановления растительного покрова здесь составил всего лишь 0,116 и 0,06 соответственно. На наш взгляд, такая ситуация объясняется отсутствием специальных работ по рекультивации нарушенных земель, уплотнением верхнего слоя отвалов при многократном проходе карьерных автосамосвалов, а также суровыми климатическими условиями восточных склонов Кузнецкого Алатау (900-1100 м над уровнем моря), в значительной степени выступающими как тормозящий фактор в формировании любых видов растительного покрова. По нашей оценке темпы восстановления растительного покрова таковы, что 100 %-е восстановление экобаланса произойдет на этих землях не ранее чем через 350-400 лет.

Гораздо интенсивнее восстанавливается растительный покров на территории нарушенных земель в Курагинском районе Красноярского края, где на протяжении более 40 лет разрабатывались три небольшие по запасам месторождения, входящие в Краснокаменскую группу. Горнопромышленный ландшафт здесь представлен шестью карьерами и многочисленными внешними отвалами с одним хранилищем отходов переработанной железной руды. Коэффициент восстановления по этой группе месторождений находится на высоком уровне – 0,683. Отметим, что параллельно с проведением дистанционного мониторинга нашим коллективом проводился комплекс полевых работ по изучению экологического состояния горнопромышленных ландшафтов на территории отработанных карьеров на месторождении «Рудный каскад» и на железнодорожных отвалах Коршуновского ГОКа. Фрагменты горнопромышленных ландшафтов с хорошо развитым лесом представлены на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Фрагменты горнопромышленных ландшафтов, образованных при разработке железорудных месторождений на территории Восточной Сибири: а – северный нерабочий борт карьера на месторождении «Рудный каскад»; б – внешний железнодорожный отвал, отсыпанный при разработке Кориуновского месторождения

На территории земель, нарушенных при разработке месторождения «Рудный каскад» в Курагинском районе Красноярского края, происходит высокоэффективное с позиции изменения годовых темпов в большую сторону самовосстановление древесной растительности. Здесь доминирует смешанный лес, основу которого составляют сосны, березы, осины, ели, пихты и др. (центральный сектор на рис. 2 а). На отвалах, отсыпаемых при разработке Коршуновского месторождения, происходит самовосстановление типичной черневой тайги с преобладанием сосны и лиственницы (правый сектор на рис. 2 б).

Немного ниже показатель самовосстановления растительного покрова на территории земель, нарушенных при разработке месторождений, входящих в Ирбинскую группу. На основной рудной залежи горные работы остановлены в 2010 г. а на месторождениях «Бурлукское» и «Изыгское» – в начале 2010-х гг. На территории всех горнопромышленных ландшафтов, образованных на месторождениях Ирбинской группы, коэффициент восстановления растительного покрова в 2018 г. достиг уровня 0,4.

В Иркутской области на отработанном Татьянинском месторождении после окончания горных работ в 2012 г. зафиксированы высокие темпы восстановления всех видов растительного покрова. В 2018 г. на 39 % поверхности нарушенных земель были сформированы: травянистая, травянисто-кустарниковая растительность. Кроме этого, на внешнем отвале на площади 24,4 га был сформирован смешанный лес.

В ходе исследования состояния нарушенных земель во всех регионах и на всех карьерах, породных отвалах, а также на поверхности хранилищ отходов обогащения железной руды было выделено 12 категорий горнопромышленного ландшафта. Количественные показатели представлены на диаграмме (рис. 3).

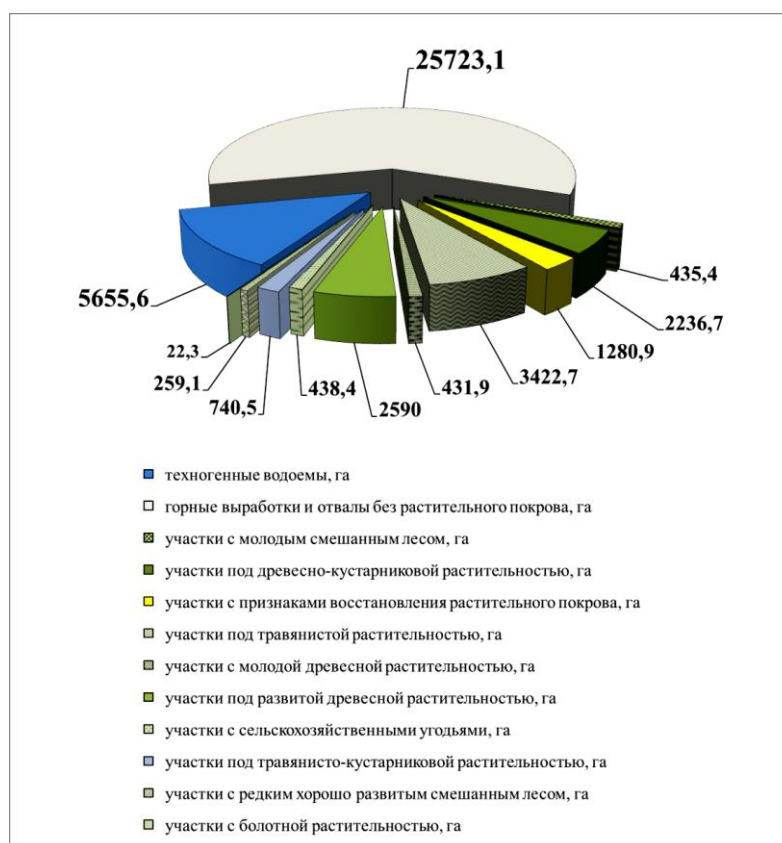


Рис. 3. Структура нарушенных земель по категориям горнопромышленного ландшафта на отработанных и находящихся в разработке месторождениях железной руды на территории Российской Федерации

Далее представим краткий анализ структуры нарушенных земель. Более половины нарушенных земель (59,5 %) остается к настоящему времени без растительного покрова. Техногенные водоемы, находящиеся в огороженных дамбами хранилищах отходов обогащения железной руды в Курской и Белгородской областях, занимают примерно половину площади всех водоемов – 2 425,1 га. Всего техногенные водоемы занимают 13,08 % площади земель, нарушенных в ходе добычи открытым способом на территории РФ. Некоторые горно-обогатительные комбинаты выполняли работы по рекультивации нарушенных земель для использования в сельском хозяйстве. Лидером в этом направлении является Лебединский ГОК (412,2 га). Магнитогорский ГМК провел работы по рекультивации земель на площади всего лишь 26,2 га. Лесная рекультивация выполнялась на отвалах Краснокаменского рудника, но на снимках из космоса результаты рекультивации в виде рядов взрослых деревьев не просматриваются. Возможно, со временем участки с лесопосадками перешли в категорию смешанный лес.

Большую площадь (7,92 %) занимают участки под травянистой растительностью. В этой категории очень много участков на породных отвалах в средней полосе России, Ура-

ла и Восточной Сибири. Участки с признаками появления растительного покрова суммарной площадью 2,96 % отчетливо просматриваются на космоснимках. Как показывают результаты полевых экспедиций такие участки довольно быстро (2–3 года) переходят в категорию «участки с травянистым покровом» и далее через 5–7 лет – в категорию «участки с редкой кустарниковой и древесной растительностью».

Необходимо отметить положительную тенденцию в постоянном увеличении суммарной площади участков породных отвалов, на которых произрастает древесная и кустарниковая растительность любого возраста и всех степеней плотности произрастания, которая к настоящему времени составляет 6 693,6 (17,81 %) га.

На всей территории РФ коэффициент рекультивации и самовосстановления на всех железорудных карьерах, породных отвалах и на поверхности хранилищ отходов обогащения железной руды (без учета площади водного зеркала техногенных водоемов) всех видов растительного покрова (без участков с признаками восстановления растительного покрова), включая сельскохозяйственные угодья, составил на момент оценки 0,2814. Если принять во внимание то обстоятельство, что участки с признаками появления растительного покрова – это те потенциальные «ботанические точки роста», которые в будущем будут представлять участки с устойчивым травянистым, кустарниковым и древесным покровом, то уровень этого коэффициента несколько увеличится до значения 0,3155.

Итак, по результатам наших работ впервые дано решение важного вопроса – в каких регионах показатели восстановления растительного покрова являются крайне низкими и поэтому в них в максимальной степени высветилась чрезвычайная экологическая проблема – необходимость в возрождении и увеличении масштабов производства специальных работ по рекультивации нарушенных земель. Ответ на этот вопрос дан на основе результатов исследований и экологического мониторинга с применением ресурсов дистанционного зондирования Земли с охватом всех действующих и отработанных карьеров от северных районов Кольского полуострова до Иркутской области.

На территории всех обследованных из космоса железорудных карьеров и породных отвалов впервые установлены структуры нарушенных земель под горными работами и восстановленными экосистемами, а также выявлены долгосрочные тенденции в формировании природных экосистем с использованием ресурсов дистанционного зондирования.

Кроме того, впервые результаты нашего научно-практического исследования внесли ясность и конкретизацию в оценку и решение экологических проблем, связанных с рекультивацией нарушенных земель, формированием природных экосистем в тех регионах России, в которых производится масштабная добыча железной руды открытым способом, либо открытые горные работы завершены, поскольку при этом широкомасштабно исполь-

зованы средства и результаты объективного контроля в научных исследованиях, полученные с космических аппаратов.

Список литературы

1. Жарко В.О., Барталев С.А., Егоров В.А. Исследование возможностей оценки запасов древесины в лесах Приморского края по данным спутниковой системы Proba-V // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2018, Т. 15. № 1. С. 157-168.
2. Zenkov I. V., Zayats V. V., Nefedov B. N., Nefedov N. B. Earth remote sensing in ecological evaluation of disturbed lands in south Yakutia // *Eurasian mining*. 2017. № 2. P. 49-52.
3. Zenkov I. V., Yuronen YU. P., Nefedov B. N., Zayats V. V. Remote monitoring of ecological state of disturbed lands in the area of Trojanovo open pit coal mine in Bulgaria // *Eurasian mining*. 2017. № 1. С. P. 38-41.
4. 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.
5. Плотников Д.Е., Колбудаев П.А., Барталев С.А., Лупян Е.А. Автоматическое распознавание используемых пахотных земель на основе сезонных временных серий восстановленных изображений Landsat // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2018, Т. 15. № 2. С. 112-127.
6. 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.
7. Михайленко И.М., Тимошин В.Н., Малыгин В.Д. Принятие решений о дате заготовки кормов на основе данных дистанционного зондирования Земли и подстраиваемых математических моделей // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2018, Т. 15. № 1. С. 169-182.
8. Щадов И.М., Франк Е.Я. О результатах и перспективах использования ресурсов ДЗЗ в решении прикладных задач угледобывающей отрасли в формате мировой экономики // *Уголь*. 2018. № 7. С. 58-61.
9. Meshal M. Abdullah, Rusty A. Feagin, Layla Musawi, Steven Whisenant and Sorin Popescu. The use of remote sensing to develop a site history for restoration planning in an arid landscape // *Restoration Ecology*, 2016, V. 24(1), P. 91-99.
10. Christa L. Zweig and Susan Newman. Using landscape context to map invasive species with medium-resolution satellite imagery // *Restoration Ecology*, 2015, V. 23(5), P. 524-530.
11. Susan Cordell, Erin J. Questad, Gregory P. Asner, Kealoha M. Kinney, Jarrod M. Thaxton, Amanda Uowolo, Sam Brooks, Mark W. Chynoweth. Remote sensing for restoration planning: how the big picture can inform stakeholders // *Restoration Ecology*, 2017, V. 25(2), P. 147-154.

Ключевые слова: открытые горные работы, железорудные месторождения, дистанционное зондирование, экология нарушенных земель, рекультивация нарушенных земель.

Аннотация: В статье приведены структуры нарушенных земель и восстановленных растительных экосистем на отработанных открытым способом и находящихся в разработке месторождениях железной руды. Структуры определены по горнодобывающим регионам России и категориями восстанавливаемых экосистем. Расчеты выполнены на основе результатов дистанционного зондирования.