

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ВОССТАНОВЛЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ НА РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ И ОТРАБОТАННЫХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ РОССИИ

**И.В. Зеньков, А.С. Морин, В.Н. Вокин, Е.В. Кирюшина,  
Ю.А. Маглинец, К.В. Раевич, Т.А. Веретенова**

**Сибирский федеральный университет, г. Красноярск**

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 категориям восстанавливаемых экосистем. Расчеты выполнены на основе результатов дистанционного зондирования.

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

## **The results of the Study of the Structure of the Restored Ecosystem on the Open-cut and Abandoned Iron Ore Deposits of Russia**

**I.V. Zen'kov, A.S. Morin, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, Yu.A. Maglinets, K.V. Raevich,  
T.A. Veretenova**

**Siberian Federal University, 660041 Krasnoyarsk, Russia**

The structures of disturbed lands and restored plant ecosystems on the open-cut and iron ore deposits are under development. Structures are defined by the mining regions of Russia and the categories of restored ecosystems. The calculations are based on the results of remote sensing.

*Keywords: open pit mining, iron ore deposits, remote sensing, ecology of disturbed lands, recultivation of disturbed lands*

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-09-42-48

**П**отребление железа в России за последние 100 лет выросло в тысячи раз по сравнению с началом XX в. Стальные изделия в объеме не менее 60 млн т в год находят применение во всех секторах экономики современной России. Основными потребителями металлопроката являются: железные дороги, предприятия машиностроительной отрасли, строительный комплекс и др.

Железорудные месторождения с различным горно-геологи-

ческим строением и разного геологического возраста расположены и разрабатываются открытым способом на Кольском полуострове, Республиках Карелия, Хакасия и Башкортостан, а также в Белгородской, Курской, Иркутской областях, на территории Среднего и Южного Урала и в Красноярском крае. Районы, где расположены горно-обогачительные комбинаты и рудники с предварительным сухим и мокрым обогащением железной руды, отличаются сложной эколо-

гической обстановкой. 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 соответствующих материальных и людских ресурсов.

В исследованиях по направлению "Науки о земле" в послед-

ние годы все чаще применяют методы 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 авторов возникло желание изучить все действующие и отработанные железорудные карьеры на территории России по космоснимкам, находящимся в свободном доступе. В результате впервые получены ответы на два важнейших вопроса, касающихся оценки экологических последствий при добыче железной руды открытым способом: сколько земель изъято под горные работы при разработке железорудных месторождений как в целом на территории России, так и в каждом регионе, где добывают железную руду открытым способом, а также 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.

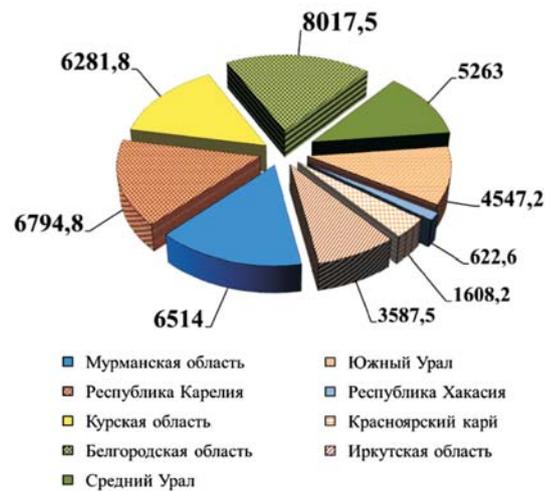
Железорудные месторождения на территории современной России стали масштабно разрабатывать открытым способом с 30-х гг. XX в. В бывшем СССР на территории Челябинской области началось строительство Магнитогорского комбината, вблизи которого имелись большие запасы железной руды, пригодные для добычи открытым способом, а в Кузбассе — Кузнецкого металлургического комбината. Это были первые металлургические заводы, сырьевую базу которых составляли железорудные карьеры и где была до-

стигнута высокая по тем временам 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 60–70-х гг. прошлого столетия 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 показал резкий дисбаланс по территории России в плане наличия и разработки железорудных месторождений открытым способом. На территории Европейской части России находятся практически все крупные горно-обогажительные комбинаты (6 из 8) по добыче и обогащению железной руды. За Уралом работают два крупных комбината — Качканарский ГОК (Свердловская область) и Коршуновский 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 ходе 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



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

**Fig. 1. The structure of land, ha, under open cast mining and waste dumps of iron ore quarries in the Russian Federation**

область (18,6 %). Второе место делят Мурманская область (15,1 %) и Республика Карелия (15,7 %). На третьем, четвертом и пятом местах находятся соответственно Курская область (14,5 %), Средний Урал (12,2 %) и Южный Урал (10,5 %).

На территории Восточной Сибири увеличение площади нарушенных земель направлено с запада на восток. Меньше всего нарушенных земель в Республике Хакасии (1,4 %), а в Красноярском крае этот показатель выше 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 (см. таблицу). Горнопромышленные ландшафты на севере России, образованные при ведении открытых горных работ на Оленегорском, Ковдорском и Костомукшском месторождениях, характеризуются низкими коэффициентами восстановления растительного покрова — 0,045–0,254. Коэффициент восстановления растительного покрова на территории

**Площади нарушенных земель, техногенных водоемов и земель с разными видами растительности на разрабатываемых открытым способом железорудных месторождениях, га**

**The area of disturbed lands, man-made water bodies and lands with different types of vegetation in open-pit iron ore deposits, ha**

Месторождение	Нарушенные земли	Техногенные водоемы	Земли с разными видами растительного покрова
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
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
Краснокаменная группа	920,6	85,2	570,9
Ирбинская группа	687,6	26,9	266,2
Татьянинское	106,1	0,8	41,1

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 коэффициент определен для Ковдорского месторождения комплексных руд. Такие руды с низким содержанием железа и фосфора отсыпают в отвалы вместе со вскрышными породами. По мнению авторов, наличие бедных руд, содержащих фосфор в поверхностном слое отвалов, способствует ускорению развития всех видов растительного покрова при его 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 карьер

ах и на отвалах — слабо развитая и хорошо развитая травянистая растительность, редкая кустарниковая растительность.

На порядок выше уровни коэффициентов восстановления растительного покрова зафиксированы на территории горнопромышленных ландшафтов в Средней полосе России — на Михайловском, Лебединском и Стойленском месторождениях. Доля земель, нарушенных этими горно-обогатительными комбинатами, составляет 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-кустарни-

ковой 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 общей 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 Первоуральское рудоуправление отработывает 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 % общей площади нарушенных земель.

На территории Иркутской области более 50 лет отработывают запасы Коршуновского месторождения и более 30 лет разрабатывается Рудногорское месторождение, территориально находящиеся в границах Ангаро-Илимского железорудного бас-

сейна. 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 отвалами. 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 (см. таблицу). В Краснокаменскую группу входят месторождения "Рудный каскад", "Одиночное" и "Маргоз", в Ирбинскую — "Основная рудная залежь", "Бурлукское" и "Изыгское".

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 % площади горнопромышленного ландшафта. Здесь производится выемка горных пород на отвалах, отсыпанных в ретроспективном периоде, поэтому весь растительный покров, сформировавшийся на поверхности этих отвалов, уничтожается, и 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 верх-

них уступов карьеров на Бакальском месторождении, разрабатываемом более 200 лет. Коэффициент восстановления растительного покрова максимальный и равен 0,798. Экологические показатели этого месторождения могут быть приняты в качестве целевых 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 представлены группой из восьми карьеров, внешними отвалами, отсыпанными с использованием как железнодорожного транспорта (5 отвалов), так и автомобильного (4 отвала). Кроме того, на поверхности двух железорудных отвалов, не поименованных выше, были организованы новые ярусы, которые формировались с использованием автомобильного транспорта.

Суммарная площадь карьеров в ходе добычи железной руды в период мониторинга была стабильна и составляла 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.

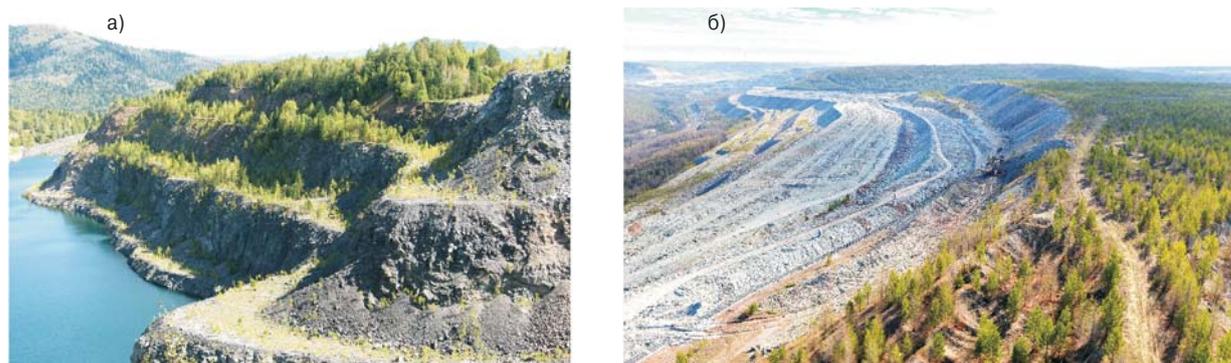
Установлено, что площадь нарушенных земель, занимаемых железнодорожными отвалами, за период мониторинга изменилась незначительно — с 834,9 до 849,6 га. Структура нарушенных земель в 2018 г., представляющих собой участки без растительного покрова и с рас-

тительной 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 во-



**Рис. 2. Фрагменты горнопромышленных ландшафтов, образованных при разработке железорудных месторождений на территории Восточной Сибири:**

*a* – северный нерабочий борт карьера на месторождении "Рудный каскад"; *б* – внешний железнодорожный отвал, отсыпанный при разработке Коршуновского месторождения

**Fig. 2. Fragments of mining landscapes formed during the development of iron ore deposits in Eastern Siberia:**

*a* – the northern idle side of the quarry at the Ore Cascade deposit; *b* – external railway dump dumped during the development of the Korshunovskoye field

влечения земель в сельскохозяйственный оборот.

В Республике Башкортостан на Тукановском месторождении в юго-восточном секторе Уральских гор горные работы были завершены в начале 2000-х гг., и вследствие этого процессам самовосстановления растительности ничего не препятствует. Поэтому к 2018 г. коэффициент восстановления растительного покрова достиг 0,69. В Республике Хакасии на породных отвалах, отсыпанных при разработке Тейского и Абагасского месторождений, существует экологическая проблема восстановления экобаланса и ее никто не решает. 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, переуплотнением 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 % 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.

На территории земель, нарушенных при разработке месторождения "Рудный каскад" в Курагинском районе Красноярского края, происходит высокоэффективное с позиции изменения годовых темпов в большую сторону само-

восстановление древесной растительности. Здесь доминирует смешанный лес, основу которого составляют сосны, березы, осины, ели, пихты и др. (рис. 2, *a*). На отвалах, отсыпанных при разработке Коршуновского месторождения, происходит самовосстановление типичной черновой тайги с преобладанием сосны и лиственницы (рис. 2, *b*).

Немного ниже коэффициент 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 и 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).

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, Урала и Восточной Сибири. Участки с признаками появления растительного покрова суммарной площадью 2,96 % отчетливо просматриваются на космоснимках. Как показывают результаты полевых экспедиций, такие участки за 2–3 года переходят в категорию "участки с травянистым покровом", а через 5–7 лет — в категорию "участки с редкой кустарниковой и древесной растительностью".

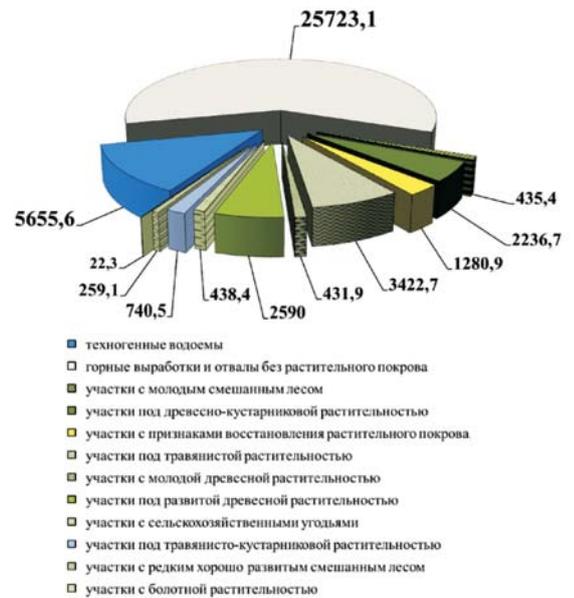
Необходимо отметить положительную тенденцию в постоянном увеличении суммарной площади участков породных отвалов, на которых произрастает древесная и кустарниковая растительность любого возраста и всех степеней плотности произрастания, которая к настоящему времени составляет 6 693,6 (17,81 %) га.

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 работ авторов 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 возрождения и увеличения 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, результаты 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 использованы средства и результаты объективного контроля в научных исследованиях, полученные с космических аппаратов.



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

**Fig. 3. The structure of disturbed lands, hectares, by categories of mining landscape on the worked out and being developed iron ore deposits in the territory of the Russian Federation**

Литература

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. P. 38–41.
4. Зеньков И.В., Юронен Ю.П., Неведов 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., Мальгин 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, 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.

References

1. Zharko V.O., Bartalev S.A., Egorov V.A. Issledovanie vozmozhnostei otsenki zapasov drevesiny v lesakh Primorskogo kraya po dannym sputnikovoi sistemy Proba-V. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2018. T. 15. № 1. S. 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. P. 38–41.
4. Zen'kov I.V., Yuronen Yu.P., Nefedov B.N., Vokin V.N. Monitoring formirovaniya ekosistemy v kar'erakh i na porodnykh otvalakh pri razrabotke Bazhenovskogo mestorozhdeniya asbesta s ispol'zovaniem distantsionnogo zondirovaniya. Gornyi zhurnal. 2017. № 3. S. 81–85.
5. Plotnikov D.E., Kolbudaev P.A., Bartalev S.A., Lupyan E.A. Avtomaticheskoe raspoznavanie ispol'zuemykh pakhotnykh zemel' na osnove sezonnykh vremennykh serii vosstanovlennykh izobrazhenii Landsat. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2018. T. 15. № 2. S. 112–127.
6. Krutskikh N.V., Kravchenko I.Yu. Ispol'zovanie kosmosnimkov Landsat dlya geoekologicheskogo monitoringa urbanizirovannykh territorii. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2018. T. 15. № 2. S. 159–168.
7. Mikhailenko I.M., Timoshin V.N., Malygin V.D. Prinyatie reshenii o date zagotovki kormov na osnove dannyykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli i podstraivaemykh matematicheskikh modelei. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2018. T. 15. № 1. S. 169–182.
8. Shchadov I.M., Frank E.Ya. O rezul'tatakh i perspektivakh ispol'zovaniya resursov DZZ v reshenii prikladnykh zadach ugledobyvayushchei otrasli v formate mirovoi ekonomiki. Ugol'. 2018. № 7. S. 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, 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.

И.В. Зеньков – д-р техн. наук, профессор, Сибирский федеральный университет, 660041 Россия, г. Красноярск, пр-т Свободный 79, e-mail: zenkoviv@mail.ru • А.С. Морин – д-р техн. наук, зав. кафедрой • В.Н. Вокин – канд. техн. наук, профессор • Е.В. Кирышина – канд. техн. наук, доцент • Ю.А. Маглинец – канд. техн. наук, профессор • К.В. Раевич – канд. техн. наук, доцент • Т.А. Веретеннова – доцент  
I.V. Zen'kov – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Siberian Federal University, 660041 Russia, Krasnoyarsk, Avenue Svobodny 79, e-mail: zenkoviv@mail.ru • A.S. Morin – Dr. Sci. (Eng.), Head of Department • V.N. Vokin – Cand. Sci. (Eng.), Professor • E.V. Kiryushina – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor • Yu.A. Maglinets – Cand. Sci. (Eng.), Professor • K.V. Raevich – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor • T.A. Veretenova – Associate Professor