

## Информационное обеспечение дистанционного мониторинга нарушенных земель угольными разрезами на территории Северного и Южного Кузбасса

Зеньков Игорь Владимирович, доктор технических наук, Заслуженный эколог РФ, профессор ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва» (г. Красноярск)

Ганиева Ирина Александровна, ректор, доктор экономических наук, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, (г. Кемерово).

Лукичев Михаил Юрьевич, доцент, кандидат экономических наук, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва» (г. Красноярск)

Вокин Владимир Николаевич, профессор, кандидат технических наук, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск)

Анищенко Юлия Анатольевна, кандидат экономических наук, зав. кафедрой, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва» (г. Красноярск)

Юронен Юрий Павлович, доцент, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва» (г. Красноярск)

Раевич Ксения Владиславовна, доцент, кандидат технических наук, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск)

Угольные разрезы, территориально расположенные севернее г. Кемерово, производят добычу угля открытым способом более 50 лет. К настоящему времени глубина разрезов «Черниговский» и «Кедровский» превысила отметку 300 м. На разрезах добывают высококачественные коксующиеся и энергетические угли, в основном отправляемые на экспорт. По нашей оценке на угольных разрезах, входящих в Северную группу, ежегодно добывается угля не менее 12 млн. т [2, 4]. При этом объем вскрышных работ находится на уровне 114 млн. м<sup>3</sup>. Суммарный объем переработки горной массы обеспечивается горным оборудованием, представленным в таблице 1.

Таблица 1

Количественные показатели парка горного оборудования  
на угольных разрезах Северной группы

Название угольного разреза	Количество горного оборудования, ед.		
	буровые станки	драглайны	карьерные экскаваторы
«Черниговский Северный»	3	8	13
«Черниговский»	3	5	29
«Кедровский»	3	4	15

В комплексе с карьерными экскаваторами работают автосамосвалы грузоподъемностью от 55 до 450 т в количестве 280 ед. Небольшой объем вскрышных пород с верхних уступов транспортируют на отвалы в железнодорожных составах из 8-9 думпкаров 2ВС-105 и одного тепловоза ТЭМ-7. Основной объем вскрыши вывозят автосамосвалами во внутренние и внешние отвалы, расположенные в непосредственной близости от карьерных выемок на участки, непригодные для добычи угля открытым способом. Все горные породы, включая уголь, и исключая верхний слой пород четвертичного возраста, перед их экскавацией разрыхляют с применением буровзрывных работ. На всех разрезах приняты

транспортные системы разработки месторождений с постоянной углубкой горных работ и размещением вскрышных пород за пределами обрабатываемых участков с угольными пластами, пригодными для разработки открытым способом. Вполне естественно, что в ходе добычи угля увеличивается одновременно площадь как карьерных выемок, так и внешних отвалов.

Оценить последствия открытой угледобычи с позиции восстановления экологического баланса позволяет многосторонний анализ, включая обзор климата, качественных характеристик почвенной оболочки, видового разнообразия растительного покрова на территории разрабатываемых месторождений угля, а также исследование экологического состояния нарушенных земель с использованием ресурсов дистанционного зондирования Земли. Кемеровская область находится практически в центре Азиатской части материка, где главными факторами, определяющими климатические условия, являются отдаленность территории области от теплых морей Тихого, Индийского и Атлантического океанов и незащищенность с севера и северо-востока от прохождения холодных арктических воздушных масс. В связи с этим, климат Кемеровской области резко континентальный, с продолжительной холодной зимой и коротким, но жарким летом. Осадки в пределах области распределяются крайне не равномерно. В горах Кузнецкого Алатау осадков выпадает в год более 1000 мм, а на подветренных склонах Салаирского кряжа, в лесостепной и степной зонах области, сумма годовых осадков редко превышает 400 мм. Глубина снегового покрова устанавливается в степной зоне 19–32 см, в лесостепной – 40–80 см, в равнинной тайге – 40–200 см, в лесах горной тайги – 2–3 м [3].

Весь комплекс почвообразования, как известно, подчинен таким факторам как географическое расположение территории, рельеф, климат и растительный покров [1]. В центральном и северо-западном секторах Кузнецкой котловины (степь и южная лесостепь) распространены тучные, слабовыщелоченные, с мелкокомковатым строением черноземные почвы, обладающие высоким естественным плодородием. Толщина почвенной оболочки здесь достигает 30-40 см. Подзолистые почвы распространены на большей части равнинной тайги, на склонах гор. Зона серых лесных и дерново-оподзоленных почв расположена на территории низкогорья и среднегорья Салаирского кряжа, Кузнецкого Алатау и Горной Шории. Эти почвы наиболее типичны и характерны для горно-таежных областей. Обильные осадки вымывают из верхнего слоя питательные вещества, поэтому на таких почвах под пологом леса бедный травяной ярус.

В целом растительный покров Кемеровской области представляет собой большое разнообразие. В первую очередь, это проявляется в сочетании широтной и высотной зональности растительного покрова. Причем в предгорьях и в районах, близких к котлови-

нам, а также в самих котловинах, растительность носит своеобразный характер концентрической зональности с уменьшением степных видов растений от центра к окраинам [5].

Леса представляют собой основной тип растительности. Общий характер их не одинаков и находится в прямой зависимости от особенностей климата. На исследуемой территории наиболее распространены пихтово-кедровые, сосново-березовые, березово-осиновые, пихтово-осиновые, кедровые, осиновые сообщества. Территория Кемеровской области по условиям произрастания древесных пород отнесена к Салаиро-Кузнецкой подпровинции темнохвойной черневой тайги с выделением трех поясов: степной, лесостепной и горно-лесной (Г.В. Крылов). Горно-лесной пояс разбит на три подпояса: березово-осиновых лесов, произрастающих на высоте от 250 до 400 м над уровнем моря; пихтово-осиновой черневой тайги – 300–700 м над уровнем моря; высокогорной тайги в Кузнецком Алатау, на высоте 700–1200 м над уровнем моря; альпийских лугов, горных тундр.

Горнолесной пояс занимает более половины территории области. Пихтово-осиновые леса называются черневыми или сибирскими горнотаежными лесами. Именно в этом поясе присутствует разнообразие эндемичных и реликтовых видов растений Кузнецкого нагорья (брунера сибирская, кандык сибирский, незабудка Крылова, овсяница гигантская, копытень европейский, липа сибирская и др.). Черневая тайга состоит из пихты и кедра с примесью осины, березы и разнообразных кустарников: рябины, черемухи, калины, смородины красной и черной, боярышника. По флористическим исследованиям на территории области насчитывается около 1,5 тысяч высших сосудистых растений. Основные лесообразующие породы деревьев – пихта, осина, береза, сосна сибирская (кедр), ель.

Согласно классификации природных ландшафтов проф. Г.В. Крылова Северная группа разрезов располагается в зоне березово-осиновых лесов с включением в видовой состав сосны, пихты, лиственницы и кедра. Южная группа разрезов расположена на земной поверхности с преобладающими высотами более 400 м, где природные ландшафты характеризуются как пихтово-осиновая черневая тайга.

Экологическое состояние горнопромышленных ландшафтов на угольных разрезах проведено с использованием ресурсов дистанционного космического мониторинга [6]. В оценке были использованы снимки, сделанные в июле 2016 г. На рис. 1 представлены фрагменты космоснимка изучаемой территории, на которой находятся угольные разрезы «Черниговский Северный», «Черниговский» и «Кедровский».

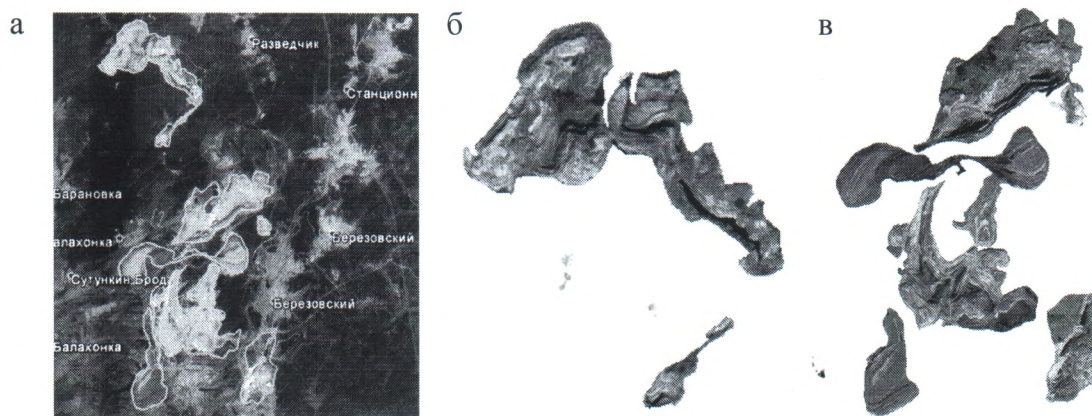


Рис. 1. Фрагменты космоснимков угольных разрезов из Северной группы:  
 а – расположение разрезов на местности; б – разрез «Черниговский Северный» на снимке, подготовленном для дешифрирования; в – разрезы «Черниговский» и «Кедровский» на снимке, подготовленном для дешифрирования;

На рис. 2 представлены фрагменты космоснимка, на которых показаны объекты горнопромышленного ландшафта исследуемых угольных разрезов Северной группы (карьерные выемки разрезов «Черниговский», «Кедровский» и породные отвалы) с результатами дешифрирования.

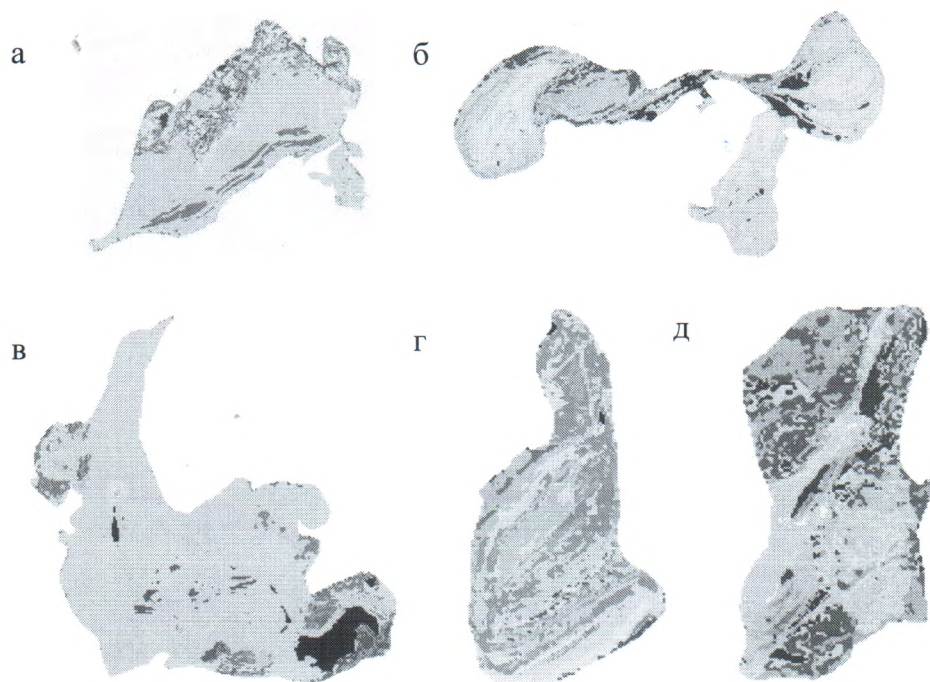


Рис. 2. Фрагменты космоснимков с выделением объектов и классов горнопромышленного ландшафта: а) разрез «Черниговский»; б) внешний отвал разреза «Черниговский»; в) разрез «Кедровский»; г), д) внешние отвалы разреза «Кедровский»

На рис. 2 оттенками черного цвета показаны участки, на поверхности которых находится уголь. К таким участкам отнесены угольные пласты, подготовленные для их эксплуатации, отработанные угольные пласты, почва которых еще не засыпана внутренними отвалами, а также та часть угольных высокозольных некондиционных пластов, которая по экономическим условиям не может быть реализована потребителям и поэтому размещена на породных отвалах. Оттенками синего цвета показаны участки, на которых располагаются техногенные водоемы, а также участки, поверхность которых является близкой к заболачиванию. Оттенками зеленого цвета показаны участки с различным видовым составом и различной плотностью произрастания растительного покрова (травы, кустарники, деревья, а также их комбинации). Желтым цветом выделены участки с признаками формирования растительного покрова. Остальными цветами, не поименованными выше, показаны участки без растительного покрова. Визуальный анализ космоснимков с результатами дешифрирования в целом высвечивает позитивную картину экологического состояния горнопромышленных ландшафтов, созданных при работе угольных разрезов Северной группы. На породных отвалах участки с оттенками зеленого цвета преобладают в пестроте цветовой гаммы выделенных категорий ландшафта. И этому, на наш взгляд, в значительной степени способствуют природно-климатические условия северных территорий Кемеровской области.

По результатам космической съемки суммарная площадь земель, нарушенных угольными разрезами Северной группы, составила 8364,7 га. Результаты определения площадей установленных классов горнопромышленного ландшафта представлены на диаграмме (рис. 3).

Анализ структуры нарушенных земель в виде горнопромышленных ландшафтов показывает, что значительная площадь нарушенных земель (52,5 %) остается к настоящему времени без растительного покрова. Площадь вскрытых или отработанных угольных пластов незначительная и составляет 1,99 %. Техногенные водоемы занимают 1,83 % площади нарушенных земель. Большую площадь (12,91 %) занимают участки под травянистым покровом. На нарушенных землях участки с травянисто-кустарниковой растительностью занимают 939,5 (11,23 %) га.

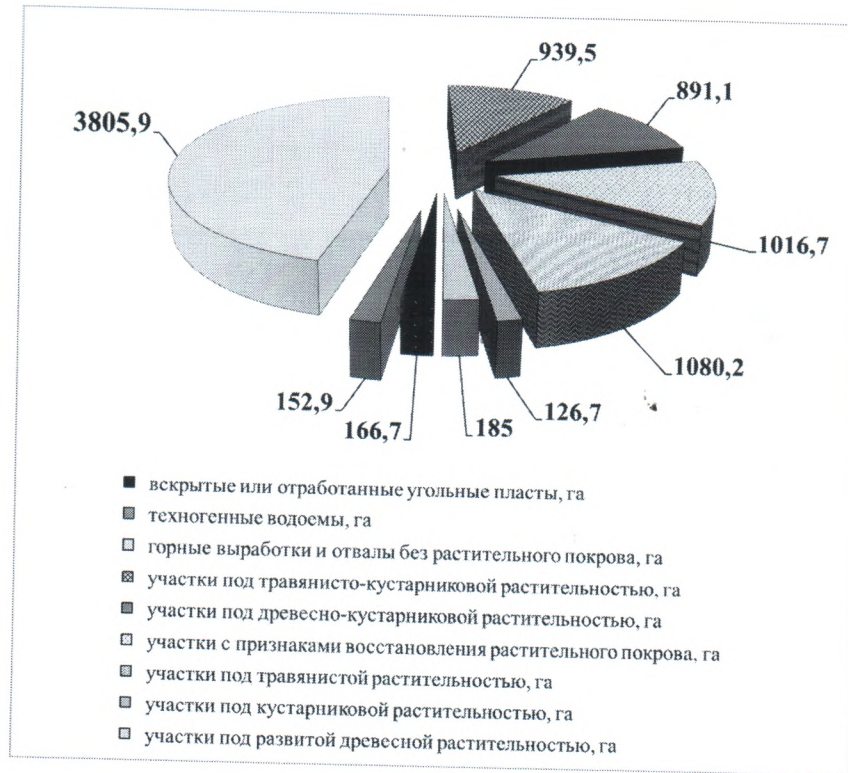


Рис. 3. Структура нарушенных земель под горными работами и экосистемой на объектах горнопромышленных ландшафтов угольных разрезов Северной группы

Собственники угольных разрезов, входящих в эту группу, характеризуются положительным отношением к проведению специальных работ по рекультивации нарушенных земель с высадкой саженцев деревьев хвойных пород. Поэтому на территории отвалов наблюдаются многочисленные участки с лесной рекультивацией, проведенной в различные периоды работы разрезов. На территории горнопромышленных ландшафтов исследуемой группы разрезов необходимо отметить положительную тенденцию в постоянном увеличении суммарной площади участков породных отвалов, на которых произрастает хорошо развитая древесная и кустарниковая растительность любого возраста и всех степеней плотности произрастания. Размер площади этих участков в момент получения снимка из космоса составлял 1202,8 (14,38 %) га.

Коэффициент рекультивации и самовосстановления экосистемы в виде техногенных водоемов и всех видов растительного покрова (без участков с признаками восстановления растительного покрова) находился на уровне 0,4.

Более масштабная добыча угля открытым способом в отличие от северных территорий Кузбасса производится в его южных районах. По нашей оценке на угольных разрезах, входящих в Южную группу, ежегодно добывается угля не менее 39 млн. т. При этом необходимый объем вскрышных работ достигает уровня 220 млн. м<sup>3</sup>. Суммарный объем

переработки горной массы обеспечивается горным оборудованием, представленным в таблице 2.

Таблица 2

Количественные показатели парка горного оборудования  
на угольных разрезах Южной группы

Название угольного разреза	Количество горного оборудования, ед.		
	буровые станки	драглайны	карьерные экскаваторы
«Бунгурский Северный»	-	2	17
«Березовский»	2	5	17
«Сибэнергоуголь»	2	1	29
«Осинниковский»	3	-	14
«Калтанский»	1	1	8
«Сибиргинский»	2	3	25
«Красногорский»	4	8	20
«Междуреченский»	1	10	7
«Томусинский»	2	6	4
«Распадский»	2	3	15

В настоящее время на трех разрезах «Междуреченский», «Красногорский», «Томусинский» вскрышные породы укладывают в выработанное пространство, на место отработанных угольных пластов. На этих разрезах техногенный ландшафт представлен карьерными выемками, вытянутыми в широтном направлении, частично заполненными породными отвалами. Такие технологии разработки угольных пластов открытым способом позволяют существенно снизить землеемкость горных работ за счет отказа отсыпки вскрышных пород во внешних отвалах. Карьерные выемки в ходе увеличения их площади заполняют вскрышными породами с использованием драглайнов с емкостью ковша 11-40 м<sup>3</sup> в бестранспортных технологиях. Горно-геологическое строение месторождений (углы падения угольных пластов), разрабатываемых другими разрезами, не позволяет производить отсыпку внутренних отвалов, поэтому вскрышные породы размещают во внешних отвалах, располагаемых на участках со смешанным и таежным лесом, а также на землях сельскохозяйственного назначения (пашни, сенокос и др.).

Фрагменты космоснимков с выделением границ объектов горнопромышленных ландшафтов угольных разрезов, входящих в Южную группу и результатами дешифрирования выборочно представлены на рис. 4.

На рис. 4 коричневым цветом выделены участки без растительного покрова. Синим цветом показаны техногенные водоемы в отработанных карьерных выемках. На исследуемой территории имеется развитая поверхностная гидрологическая сеть, состоящая из большого количества мелководных ручьев и рек.

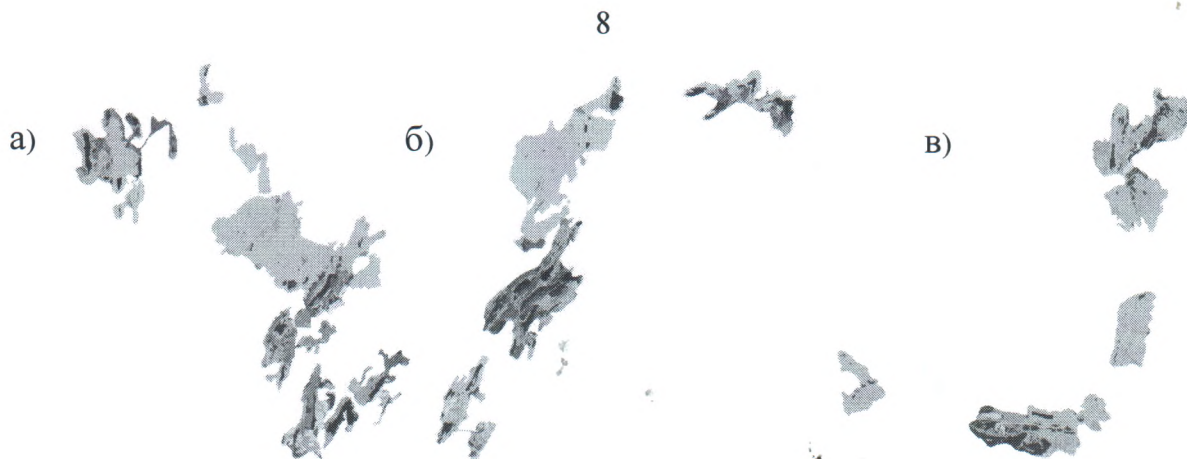


Рис. 4. Фрагменты космоснимков с выделением границ объектов и классов горнопромышленного ландшафта на угольных разрезах Южной группы: а) «Березовский», «Бунгурский Северный»; б) «Сибэнергоуголь»; в) «Калтанский», «Осинниковский»

Кроме того, в толще горных пород залегают подземные водоносные горизонты, разгружающиеся в карьерных выемках. Поэтому, после окончания добычи угля и демонтажа насосных установок, обеспечивающих карьерный водоотлив, начинается стремительное заполнение выработанного пространства карьеров поверхностными и подземными водами. Черным цветом показаны участки, на поверхности которых находится уголь. Их площадь настолько мала, что разглядеть без необходимого увеличения космоснимка угольные пласты рассмотреть невозможно.

Оттенками зеленого цвета (в порядке насыщения цвета) показаны участки с различными видами развитого растительного покрова: с травянистой и кустарниковой растительностью, со смешанным лесом и с хвойными породами древостоя, а также комбинации перечисленных выше видов. Желтым цветом выделены участки с признаками восстановления растительного покрова.

Визуальный анализ космоснимков с результатами дешифрирования в целом указывает на то, что в первую очередь растительный покров начинает восстанавливаться на породных отвалах, отсыпанных не ранее 15 лет назад и на которых отсыпка вскрышных пород больше не производится. На момент получения снимка из космоса на этих участках сформированы достаточно развитые третий и четвертый растительные ярусы. Во всех отработанных карьерных выемках образованы техногенные водоемы при их заполнении поверхностными и подземными водами. Хорошо развитые виды растительного покрова находятся также и на нерабочих бортах карьеров. На территории действующих разрезов находится большая доля участков, на которых отмечены процессы восстановления растительного покрова.



По результатам космической съемки суммарная площадь земель, нарушенных угольными разрезами, входящими в Южную группу, составила 22272,1 га. Результаты определения площадей выделенных 12 классов горнопромышленного ландшафта показаны на диаграмме (рис. 5).

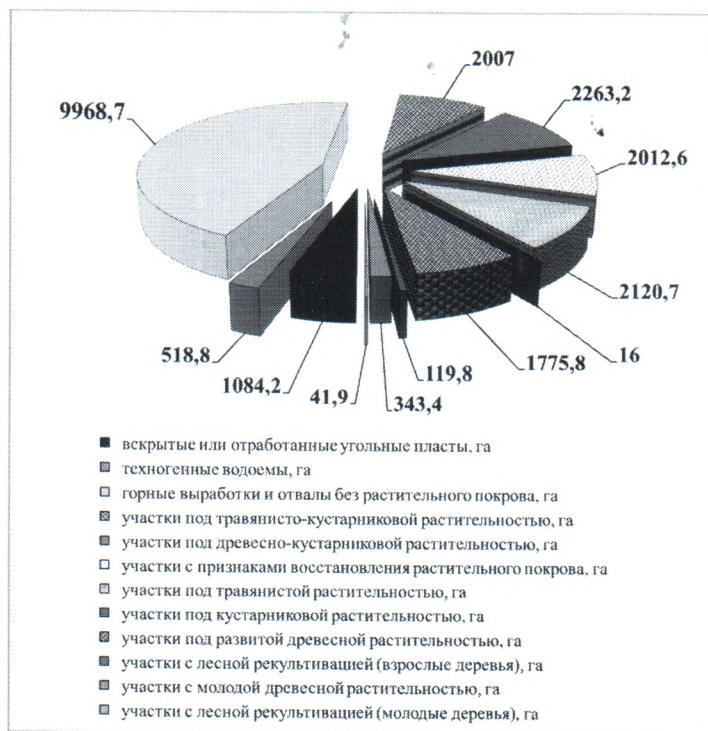


Рис. 5. Структура нарушенных земель под горными работами и экосистемой на объектах горнопромышленных ландшафтов угольных разрезов Южной группы

Значительная их площадь (58,66 %) остается к настоящему времени без растительного покрова. Признаки восстановления растительного покрова отмечены на площади 9,04 % в структуре нарушенных земель. На разрезах этой группы площадь вскрытых или отработанных угольных пластов значительная и составляет 4,87 %. Техногенные водоемы занимают 2,33 % площади нарушенных земель. Почти десятую часть всей площади нарушенных земель (9,5 %) занимают участки под травянистым покровом. Коэффициент рекультивации и самовосстановления экосистемы в виде техногенных водоемов и всех видов растительного покрова (без участков с признаками восстановления растительного покрова) составил на момент оценки 0,413. По этой группе разрезов необходимо отметить близость смешанных и горно-таежных лесов к объектам горнопромышленного ландшафта (карьерные выемки и породные отвалы), что способствует ускоренному появлению кустарниковой и лесной растительности на их поверхности. Участки с древесной и кустарни-

ковой растительностью всех возрастов по результатам космической съемки в июле 2016 года занимали площадь 6 567,1 (29,5 %) га.

Итак, применение космических технологий в исследовании угольных разрезов, функционирующих на территории Северных и Южных районов Кузбасса, позволило определить парк горнотранспортного оборудования на вскрышных и добычных работах, а также установить структуру нарушенных земель под горными работами и сформированной экосистемой согласно установленным классам горнопромышленного ландшафтов.

### Литература

1. Афанасьева Т.В., Василенко В.И., Терешина Т.В. и др. Почвы СССР. М.: Мысль, 1979. 380 с.
2. Зеньков И.В. и др. Угольные разрезы России из космоса. Горные работы и экология нарушенных земель // Красноярск. Изд-во СФУ. 2017. 519 с.
3. <http://ecokem.ru/klimaticheskie-usloviya/>. [Электронный ресурс]. (дата обращения 28.10.2017).
4. <https://www.google.com/earth/>. [Электронный ресурс]. (дата обращения 02.09.2017).
5. <https://ru.wikipedia.org/wiki>. [Электронный ресурс]. (дата обращения 02.09.2017).
6. <https://earthexplorer.usgs.gov/>. [Электронный ресурс]. (дата обращения 17.10.2017).

**Ключевые слова.** Кузнецкий угольный бассейн, Южные и Северные районы Кузбасса, разработка месторождений каменного угля, угольные разрезы, горнопромышленные ландшафты, дистанционное зондирование, растительная экосистема, рекультивация земель.

**Аннотация.** На территории северных и южных районов Кемеровской области более 50 лет производят добычу угля открытым способом. Суммарный объем перерабатываемой горной массы 360 млн. м<sup>3</sup>. По результатам обработки спутниковых снимков с выделением границ и классов горнопромышленных ландшафтов действующих угольных разрезов определены экологически приемлемые коэффициенты рекультивации и самовосстановления растительного покрова на уровне 0,4. Такие показатели достигнуты за счет проведения работ по лесной рекультивации, а также самовосстановления всех ярусов растительного покрова в карьерных выемках и на породных отвалах. Установлено, что в условиях низкогогорья процессы восстановления кустарниковой и лесной растительности протекают достаточно эффективно с позиции восстановления экологического баланса.