

UDC 622.882 (571.17):622.85 © В.Н. Вокин<sup>1</sup>, И.В. Зеньков<sup>2</sup>,  
Ле Хунг Чинь<sup>3</sup>, Ю.П. Юронен<sup>4</sup>, Е.В. Кирюшина<sup>1</sup>, Е.В. Черепанов<sup>1</sup>,  
К.В. Раевич<sup>1</sup>, А.А. Латынцев<sup>1</sup>, П.Л. Павлова<sup>1</sup>, Л.Н. Кузина<sup>1</sup>,  
А.С. Лунев<sup>1</sup>, Ю.А. Маглинец<sup>1</sup>, Т.Н. Сизова<sup>1</sup>, 2024

<sup>1</sup> Сибирский федеральный университет, 660041, г. Красноярск, Россия

<sup>2</sup> Сибирский научно-исследовательский институт горного  
и маркшейдерского дела, 660025, г. Красноярск, Россия

<sup>3</sup> Технический университет им. Ле Куй Дон, 11355, Ханой, Вьетнам

<sup>4</sup> Сибирский государственный университет науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева, 660037, г. Красноярск, Россия

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

UDC 622.882 (571.17):622.85 © V.N. Vokin<sup>1</sup>, I.V. Zenkov<sup>2</sup>,  
Le Hung Trinh<sup>3</sup>, Yu.P. Yuronen<sup>4</sup>, E.V. Kiryushina<sup>1</sup>, E.V. Cherepanov<sup>1</sup>,  
K.V. Raevich<sup>1</sup>, A.A. Latyntsev<sup>1</sup>, P.L. Pavlova<sup>1</sup>, L.N. Kuzina<sup>1</sup>,  
A.S. Lunev<sup>1</sup>, Yu.A. Maglinets<sup>1</sup>, T.N. Sizova<sup>1</sup>, 2024

<sup>1</sup> Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

<sup>2</sup> Siberian Research Institute of Mining and Surveying,  
Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation

<sup>3</sup> Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

<sup>4</sup> Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,  
Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

✉ e-mail: zenkoviv@mail.ru

# Исследование влияния геотехнологий на результаты лесной рекультивации на породных отвалах угольных карьеров в Кемеровской области с использованием информационных ресурсов космического мониторинга\*

Research into the influence of geotechnologies on the results  
of forest-based reclamation of the rock dumps at coal pits  
in the Kemerovo region using space monitoring data resources

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-6-114-118>

## ВОКИН В.Н.

Канд. техн. наук, профессор  
Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

## ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук, профессор,  
заместитель директора  
по научной работе Сибирского  
научно-исследовательского  
института горного  
и маркшейдерского дела,  
660025, г. Красноярск, Россия,  
e-mail: zenkoviv@mail.ru

*В статье приводится краткое содержание исследования результатов работ по лесной рекультивации на породных отвалах, отсыпанных в ходе отработки месторождений угля в Кемеровской области открытым способом. По данным космического мониторинга выявлено, что в поверхностный слой породных отвалов отсыпают горные породы четвертичного возраста, крепкие песчаники и алевролиты, некондиционный уголь, а также смесь этих горных пород в разных пропорциях. Установлено, что экологическое состояние деревьев, высаженных на породных отвалах, находится в прямой зависимости от состава горных пород в поверхностном слое каждого отвала. Предложен комплекс работ по ускорению восстановления экологического баланса на породных отвалах путем внесения повышенных доз комплексных минеральных удобрений, а также за счет высева бобовых и злаковых трав.*

\* Исследование проведено в рамках международного сотрудничества в области расширения сферы использования технологий дистанционного зондирования Земли.

**Ключевые слова:** Кемеровская область, Кузнецкий угольный бассейн, горная промышленность, открытые горные работы, породные отвалы, дистанционное зондирование Земли из космоса, экология горного производства, лесная рекультивация.

**Для цитирования:** Исследование влияния геотехнологий на результаты лесной рекультивации на породных отвалах угольных карьеров в Кемеровской области с использованием информационных ресурсов космического мониторинга / В.Н. Вокин, И.В. Зеньков, Ле Хунг Чинь и др. // Уголь. 2024;(6):114-118. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-6-114-118.

### Abstract

The article provides a summary of research into the results of forest-based reclamation activities on rock dumps created during open-pit mining of coal deposits in the Kemerovo region. Based on the space monitoring data it was revealed that the surface layer of the rock dumps is made up of Quaternary rocks, hard sandstones and siltstones, substandard coal, as well as a mixture of these rocks in different proportions. It has been established that the ecological state of the trees planted on the rock dumps directly depends on the composition of the rocks in the surface layer of each dump. A set of activities was proposed to accelerate restoration of the environmental balance at the rock dumps by introducing higher doses of complex mineral fertilisers, as well as by sowing leguminose and cereal grasses.

### Keywords

Kemerovo region, Kuznetsk coal basin, Mining industry, Surface mining, Rock dumps, Remote sensing of the Earth from space, Mining ecology, Forest-based reclamation.

### For citation

Vokin V.N., Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P., Kiryushina E.V., Cherepanov E.V., Raevich K.V., Latyntsev A.A., Pavlova P.L., Kuzina L.N., Lunev A.S., Maglinets Yu.A., Sizova T.N. Research into the influence of geotechnologies on the results of forest-based reclamation of the rock dumps at coal pits in the Kemerovo region using space monitoring data resources. *Ugol'*. 2024;(6):114-118. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-6-114-118.

### Acknowledgements

The study was performed within the framework of international cooperation in expanding the use of remote sensing technologies.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы на территории России ежегодный объем добычи угля составляет 430-440 млн т. В общей структуре добычи угля на долю открытого способа приходится 75-80%. По нашей оценке, в России к настоящему времени общая площадь нарушенных земель в виде карьеров и породных отвалов, образованных в ходе производства открытых горных работ на угольных месторождениях, составляет 196 тыс. га. На долю Кемеровской области приходится 42,4% (82605 га) от отраслевого показателя. Средний темп изъятия земель в этом регионе под нужды угольных карьеров в период с 2016 по 2023 г. составил 801 га за один календарный год. По данным космического мониторинга установлено, что за последние 30 лет преимущественным и практически единственным направлением рекультивации породных отвалов является лесовосстановление. Отметим, что к настоящему времени отсутствуют исследования состояния лесных насаждений на поверхности всей совокупности породных отвалов, сформированных в ходе добычи угля открытым способом в Кузбассе. В этой связи актуальными научными задачами являются оценка состояния лесных насаждений и выработка рекомендаций по повышению эффективности производства работ по лесной рекультивации. Обзор исследований в области восстановительной экологии в горной промышленности показал, что оценкой процессов лесовосстановления на породных отвалах с использованием ресурсов дистанционного зондирования и обоснованием рекомендаций по повышению уровня состояния искусственных лесопосадок занимаются специалисты на всех континентах [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

## ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ

Канд. техн. наук,  
доцент Технического  
университета им. Ле Куй Дон,  
11355, г. Ханой, Вьетнам

## ЮРОНЕН Ю.П.

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского государственного  
университета науки и технологий  
им. академика М.Ф. Решетнева,  
660037, г. Красноярск, Россия

## КИРЮШИНА Е.В.

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

## ЧЕРЕПАНОВ Е.В.

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского  
федерального университета  
660041, г. Красноярск, Россия

## РАЕВИЧ К.В.

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

## ЛАТЫНЦЕВ А.А.

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

## ПАВЛОВА П.Л.

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

## КУЗИНА Л.Н.

Канд. экон. наук, доцент  
Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

## ЛУНЕВ А.С.

Канд. техн. наук, доцент  
Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

## МАГЛИНЕЦ Ю.А.

Канд. техн. наук, профессор  
Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

## СИЗОВА Т.Н.

Старший преподаватель  
Сибирского  
федерального университета,  
660041, г. Красноярск, Россия

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На территории Кемеровской области угольные карьеры и породные отвалы, на которых в ходе работ по лесной рекультивации сформированы участки с искусственными лесопосадками, находятся в секторах с условными обозначениями *A, B, C, D, E* с высокой концентрацией угольных карьеров и породных отвалов. Размеры секторов в плане определяются следующими геометрическими показателями. Сектор *A* находится севернее и в непосредственной близости от г. Кемерово и имеет протяженность 27 км в направлении «север – юг» и 15 км – в направлении «запад – север». В границах сектора *B* уголь добывают открытым и подземным способами на юго-восток от г. Ленинске-Кузнецком. Длина сектора *B* в направлении «северо-запад – юго-восток» составляет 21 км, а в направлении «северо-восток – юго-запад» аналогичный показатель равен 32 км. Сектор *C* в плане имеет форму полосы, длинная ось которой равна 78 км. Эта ось ориентирована в направлении «северо-запад – юго-восток». Ширина полосы выдержана на всем ее протяжении и находится в диапазоне 11-12 км. В секторе *C* находятся города регионального значения Прокопьевск и Киселевск. Сектор *D* имеет в плане аналогичную форму. Длинная ось, ориентированная в направлении «северо-запад – юго-восток», равна 62 км. Ширина сектора в его северо-западной части имеет значение 18 км, а в юго-восточной – 15-16 км. В секторе *D* находятся восемь населенных пунктов, в каждом из которых проживают не более 1000 чел. Сектор *E* имеет форму арки, вершина которой обращена на юг, а оба основания – на север. Размер длинной оси составляет 123 км, а ширина в западной части равна 17 км, и в восточной – 14 км. Северная граница этого сектора проходит по населенным пунктам Спиченково, Осинники и Мыски.

По данным космического мониторинга в Кемеровской области на поверхности породных отвалов, отсыпанных в ходе добычи угля открытым способом, проведены работы по лесной рекультивации с высадкой преимущественно саженцев сосны на общей площади 1458 га (см. таблицу).

По данным спутниковой съемки также выявлено, что в секторе *A* на породных отвалах была высажена лиственница на площади 18 га. К настоящему времени этот древостой находится в состоянии, схожем с естественным лесом, находящимся вблизи угольных карьеров. Поэтому наше

внимание было обращено в сторону исследования состояния сосновых лесов на породных отвалах.

Отметим, что в секторе *A* в ходе отсыпки породных отвалов было засыпано полностью пять участков с хорошо развитым хвойным лесом (сосна) и засыпаны частично три участка с искусственными лесопосадками. Общая площадь участков породных отвалов, на которых были уничтожены лесопосадки, равна 67 га. Детальный анализ информации, полученной по результатам дешифрирования космоснимков, высветил значительную пестроту в развитии искусственных лесонасаждений. На каждом космоснимке были очерчены контуры участков породных отвалов с различным состоянием древостоя.

По нашей оценке, проведенной с использованием ресурсов дистанционного зондирования Земли из космоса, практически сразу же после высадки саженцев сосны на породные отвалы в формировании деревьев стали наблюдаться отклонения в худшую сторону от показателей естественных природных ландшафтов. При этом на породных отвалах были также выявлены участки, где темпы формирования деревьев практически не отличались от аналогичных показателей деревьев в лесах, прилегающих к породным отвалам. Таким образом, состояние древостоя на участках породных отвалов было оценено в диапазоне качественных и количественных характеристик от «близкое к показателям древостоя в природном состоянии» до «сильно угнетенная древесная растительность».

Дадим краткую характеристику хвойного древостоя, появившегося на многочисленных участках породных отвалов в результате производства работ по лесохозяйственной рекультивации: хорошо развитый хвойный древостой (категория № 1) практически не отличается от аналогичного леса, находящегося в непосредственной близости от угольных карьеров на территории природных ландшафтов; угнетенный хвойный древостой (категория № 2) характеризуется среднегодовым приростом стволовой части деревьев на 10-15% меньше в сравнении с хорошо развитыми деревьями хвойных пород на территории природных ландшафтов; высота деревьев, входящих в группу сильно угнетенного древостоя (категория № 3) меньше на 20-35% в сравнении с хорошо развитым лесом на территории природных ландшафтов, общий фон деревьев имеет светло-зеленый окрас с небольшим оттенком желтизны; в группу в максимальной степени угнетенных деревьев (категория № 4) мы

включили деревья хвойных пород с отставанием в росте более 50% от высоты деревьев в сравнении с лесом на территории природных ландшафтов, большинство иголок на ветках имеют окрас, переходящий от желтого к светло-серому, что свидетельствует об их частичном или полном усыхании.

Выявленная картина состояния древостоя на отвалах позволила перейти к определению значимости природно-климатических факторов, кроме почвенного покрова, оказывающих наиболее весомое влияние на его состояние. По нашей гипотезе, такими факто-

### Показатели лесохозяйственной рекультивации на породных отвалах угольных карьеров в Кемеровской области с высадкой сосны

Indicators of forestry-based reclamation of rock dumps at coal pits in the Kemerovo region with planting of pine trees

Условное обозначение сектора	Площадь нарушенных земель, га	Количество участков с искусственными лесопосадками	Общая площадь участков с искусственными лесопосадками, га
<i>A</i>	10301	15	256
<i>B</i>	7249	36	318
<i>C</i>	24691	43	506
<i>D</i>	16570	2	9
<i>E</i>	23794	41	396
<b>Итого</b>	<b>82605</b>	<b>137</b>	<b>1458</b>

рами могут быть: количество атмосферных осадков и солнечной энергии, высота рельефа земной поверхности над уровнем моря, тип горных пород, отсыпанных в поверхностный слой породных отвалов. По данным многолетних метеорологических наблюдений, количество атмосферных осадков в исследуемых секторах *A, B, C, D* и *E* находится практически на одинаковом уровне. Как известно, количество солнечной радиации на территории земной поверхности в Северном полушарии Земли между 53 и 55 параллелью составляет 635–645 МДж на один квадратный метр в год. Абсолютные высотные отметки рельефа в исследуемых секторах изменяются от 200 до 400 м. Из сказанного выше можно сделать вывод о том, что природно-климатические условия формирования и развития саженцев деревьев являются идентичными для всех исследуемых секторов. Таким образом, необходимо было установить другие факторы, существенно влияющие на развитие древостоя при одинаковых природно-климатических условиях в границах исследуемых секторов. Наше внимание было остановлено на детальном исследовании состава горных пород, отсыпанных в поверхностном слое участков породных отвалов, на которых находится искусственный древостой, поскольку именно этот фактор в итоге влияет на обеспечение питанием формирующихся деревьев. Эта задача была решена с использованием информации на космических снимках.

В нашем исследовании каждому участку породного отвала согласно составу горных пород, уложенных в поверхностный слой, присвоена условная категория в соответствии с категориями произрастающего древостоя. Теснота связи между составом горных пород в поверхностном слое участков и состоянием произрастающего на них древостоя характеризуется как весьма высокая со значениями коэффициента корреляции в диапазоне 0,95–0,99. Участкам, в поверхностный слой которых отсыпаны горные породы четвертичного возраста с добавлением или без добавления к ним плодородного слоя почвы, присвоена категория № 1. Участкам, в поверхностный слой которых уложена техногенная смесь небольших объемов рыхлых горных пород четвертичного возраста с преобладанием крепких сцементированных песчаников и аргиллитов, присвоена категория № 2. Участкам, в поверхностный слой которых уложены только крепкие сцементированные песчаники и аргиллиты, присвоена категория № 3. Участкам, в поверхностный слой которых уложена смесь крепких сцементированных песчаников и аргиллитов с некондиционным углем присвоена категория № 4.

Анализ результатов дешифрирования космоснимков породных отвалов с древостоем, появившемся после работ по лесной рекультивации на породных отвалах, говорит о том, что максимальные приросты сосны наблюдаются на участках с первой категорией общей площадью 750 га, сложенных смесью вскрышных пород четвертичного возраста с почвенными слоями. Как показывает практика, продуктивность поверхностного слоя по сырой фитомассе на этих участках составляет 60–75 ц/га, что является довольно высоким показателем. Это является основой образования гумуса и, как следствие, основой питания развивающихся деревьев в перспективном периоде.

На участках с категорией № 2 с суммарной площадью 468 га также развит третий растительный ярус, но в мень-

шей степени, чем на участках с категорией № 1. Продуктивность почвенного слоя, как правило, здесь не выше 40–45 ц/га. На участках с категориями № 3 и № 4 общей площадью 183 и 57 га соответственно третий ярус развит незначительно. На их поверхности произрастают единичные растения, по своей сути являющиеся признаками восстановления растительного покрова. Поэтому питание сосен скудное, и, как следствие этого, темпы прироста деревьев являются низкими. Продуктивность поверхностного слоя породных отвалов является низкой и находится в диапазоне от 5 до 8 ц/га.

Таким образом, принимая во внимание состояние древостоя на рекультивированных породных отвалах, считаем целесообразным предложить комплекс мероприятий для повышения продуктивности верхнего слоя породного отвала. Это, как показала практика, должно придать импульс к увеличению темпов формирования стволовой части и крон сосен. Так, для участков с хорошо развитым древостоем (категория № 1) был рекомендован посев люцерны в междурядьях сосен с нормой высева 20 кг/га. На участках с деревьями в угнетенном состоянии (категория № 2) в междурядьях целесообразно произвести посев люцерны и мятлика лугового с нормой высева 30 и 20 кг/га соответственно и провести работы по внесению комплексных удобрений *NPK* (азот, фосфор, калий) по норме 40 кг/га. На участках с деревьями в сильно угнетенном состоянии (категории № 3 и № 4) предлагается провести работы, входящие в горнотехнический и биологический этапы рекультивации земель. На поверхность участков с этими категориями предварительно наносят слой рыхлых горных пород четвертичного возраста мощностью до одного метра. Далее производится высадка саженцев сосны в возрасте 2–3 года. В междурядьях производится посев люцерны, мятлика лугового и донника с нормой высева 50/30/35 кг/га соответственно и внесение комплексных удобрений *NPK* по норме 80 кг/га. Биологический эффект от предложенного комплекса работ по внесению удобрений и посеву трав может проявиться не сразу, поэтому в годы, последующие за высадкой саженцев деревьев, эти работы целесообразно продолжить в объеме, рекомендованном для момента проведения работ по лесной рекультивации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам нашего исследования, проведенного с применением информационных ресурсов космического мониторинга, сформулированы и обоснованы следующие выводы и рекомендации:

- логистику вскрышных грузопотоков при открытой разработке угольных месторождений предлагаем выстраивать таким образом, чтобы вскрышные породы четвертичного возраста, отправляемые на отвал после их отработки экскаваторами в карьере, были отсыпаны в поверхностный слой породного отвала;

- при существующих технологических и логистических подходах к отсыпке породных отвалов и проведению работ по рекультивации большой удельный вес высаживаемых деревьев в перспективе будет находиться в угнетенном состоянии, что обусловлено типом горных пород, уложенных в поверхностный слой породных отвалов;

– повышению уровня состояния деревьев, высаженных в ходе лесной рекультивации на породных отвалах, будут способствовать перекрытие крепких цементированных горных пород рыхлыми породами четвертичного возраста, а также внесение повышенных доз комплексных минеральных удобрений и высева трав из семейства бобовых и злаковых в междурядьях на участках произрастания лесных насаждений.

### Список литературы • References

- Zenkov I.V., Nefedov B.N., Zayats V.V. et al. Remote monitoring of mining situation and disturbed land ecology at the Teisk and Abagas iron ore deposits. *Eurasian mining*. 2018;(1):41-44. DOI: 10.17580/em.2018.01.09.
- Дистанционное зондирование в исследовании результатов лесовосстановительной экологии на породных отвалах угольных разрезов Красноярского края / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Ю.А. Анищенко и др. // Уголь. 2021. № 6. С. 54-57. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-6-54-57.  
Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Anishenko Yu.A., Kazanskaya N.N., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Latyntsev A.A., Veretenova T.A. Remote sensing in studying the reforestation results at rock dumps of coal mines in the Krasnoyarsk Territory. *Ugol'*. 2021;(6):54-57. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-6-54-57.
- Использование дистанционного зондирования в исследовании открытых горных работ и экологии нарушенных земель на месторождениях цементного сырья в регионах России / И.В. Зеньков, Е.А. Кустикова, Ле Хунг Чинь и др. // Экология и промышленность России. 2024. № 1. С. 34-39. DOI: 10.18412/1816-0395-2024-1-34-39.  
Zenkov I.V., Kustikova E.A., Trinh Le Hung et al. The Use of Remote Sensing in the Study of Open-pit Mining and the Ecology of Disturbed Lands in Deposits of Cement Raw Materials in the Regions of Russia. *Ecology and Industry of Russia*. 2024;(1):34-39. (In Russ.). DOI: 10.18412/1816-0395-2024-1-34-39.
- Госсен И.Н., Гуркова Е.А., Соколов Д.А. Оценка эффективности различных направлений рекультивации отвалов угольных разрезов Кузбасса // Экология и промышленность России. 2023. № 3. С. 33-39. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-3-33-39.  
Gossen I.N., Gurkova E.A., Sokolov D.A. Assessment of Effectiveness of Reclamation Activities on Coal Dumps in Kuzbass. *Ecology and Industry of Russia*. 2023;(3):33-39. (In Russ.). DOI: 10.18412/1816-0395-2023-3-33-39.
- Разработка системы анализа состояния окружающей среды в зонах расположения крупных промышленных объектов, хвостохранилищ и отвалов / Е.А. Лупян, А.М. Константинова, И.В. Балашов и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 7. С. 243–261.  
Lupyan E.A., Konstantinova A.M., Balashov I.V. et al. Designing an environmental analysis system in the areas of large-scale industrial facilities, tailings and waste dumps. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2020;17(7):243-261. (In Russ.).
- Адаптивный аспект реализации технологии щелевания при рекультивации автомобильных отвалов в Республике Хакасия / Е.А. Моршнева, О.С. Сафронова, Н.А. Остапова и др. // Уголь. 2023. № 4. С. 65-68. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-4-65-68.  
Morshnev E.A., Safronova O.S., Ostapova N.A., Evseeva I.N., Pilchuk E.V. Adaptive aspect of the implementation of the slotting technology in the reclamation of vehicle dumps in the Republic of Khakassia. *Ugol'*. 2023;(4):65-68. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-4-65-68.
- Li X., Lei S., Liu Y. et al. Evaluation of Ecological Stability in Semi-Arid Open-Pit Coal Mining Area Based on Structure and Function Coupling during 2002-2017. *Remote Sensing*. 2021;13(24):5040. DOI: 10.3390/rs13245040.
- Wang W., Liu R., Gan F. et al. Monitoring and Evaluating Restoration Vegetation Status in Mine Region Using Remote Sensing Data: Case Study in Inner Mongolia, China. *Remote Sensing*. 2021;13(7):1350. DOI: 10.3390/rs13071350.
- Katherine L. Harries, John Woinarski, Libby Rumpff et al. Characteristics and gaps in the assessment of progress in mine restoration: insights from five decades of published literature relating to native ecosystem restoration after mining. *Restoration Ecology*. 2024;32(1). DOI: 10.1111/rec.14016.
- Yingshuang Li, Hengkai Li, Jiao Pan. Long-term desertification process monitoring and driving factors analysis in rare earth mining area. *Restoration Ecology*. 2024;32(2). DOI: 10.1111/rec.13994.
- Hemelyn Soares das Chagas, Rafael Silva Guedes, Markus Gastauer et al. Plant growth and metabolism of exotic and native *Crotalaria* species for mine land rehabilitation in the Amazon. *Journal of Forestry Research*. 2024;35(27). DOI: 10.1007/s11676-023-01676-5.
- Michałowska K., Pirowski T., Głównienka E. et al. Sustainable Monitoring of Mining Activities: Decision-Making Model Using Spectral Indexes. *Remote Sensing*. 2024;(16):388. DOI: 10.3390/rs16020388.

#### Authors Information

**Vokin V.N.** – PhD (Engineering), Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Zenkov I.V.** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation, e-mail: zenkoviv@mail.ru

**Trinh Le Hung** – PhD (Engineering), Associate Professor, Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

**Yuronen Yu.P.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

**Kiryushina E.V.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Cherepanov E.V.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Raevich K.V.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Latyntsev A.A.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Pavlova P.L.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Kuzina L.N.** – PhD (Economic), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Lunev A.S.** – PhD (Engineering), Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Maglinets Yu.A.** – PhD (Engineering), Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

**Sizova T.N.** – Senior lecturer, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 16.04.2024

Поступила после рецензирования: 16.05.2024

Принята к публикации: 26.05.2024

#### Paper info

Received April 16, 2024

Reviewed May 16, 2024

Accepted May 26, 2024