

УДК 911.53(234.853)(045)

*Г.Ф. Хасанова, З.Ш. Тимербаева***МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕГОРИЙ ЮЖНОГО УРАЛА**

В статье рассматриваются результаты исследований ландшафтов, образованных деятельностью технических сооружений – карьеров и вскрышных пород, терриконов, в которых образуются антропогенные комплексы, – называемые техногенными. Авторами представлена классификация техногенных ландшафтов Южного Урала в зависимости от форм рельефа. Были выделены карьерные и отвально-экстрактивные ландшафты, в которых наблюдалась разнонаправленная динамика. В свою очередь, карьерный подтип классифицируется по типу вмещающих горных пород на: доломитовые, песчано-глинистые и доломито-глинистые, глинистые комплексы рудных месторождений, песчаниковые. Процессы изменения данных комплексов смоделированы посредством составления рядов саморегулирования и трансформации ландшафтов, что позволило отследить их динамику и прогнозирование их состояния. В результате анализа были сделаны выводы о восстановительных процессах в южноуральских природно-техногенных ландшафтах. Практически во всех исследуемых техногенных комплексах наблюдалась трансформация ландшафтов – их видоизменение от первозданного состояния. В частности, наиболее сильной трансформации подвержены природные комплексы на месте добычи руд черных металлов и на доломитовых комплексах, наименьшей – в песчаных.

*Ключевые слова:* горнозаводская промышленность, природно-техногенные ландшафты, процессы саморегуляции и самовосстановления, моделирование процессов трансформации, среднегорья Южного Урала.

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-2-210-216

Природные богатства Южного Урала с давних времен привлекали промышленников со всей России. На данной территории были все условия для развития горнодобычи: богатые месторождения руд, обилие лесов, используемых ранее в виде топлива, наличие полноводных рек, текущие в западную – Европейскую часть России. Именно по этой причине в XVII–XVIII вв. появились первые заводы по выплавке чугуна и стали на Южном Урале, которых в XIX в. уже насчитывалось девять. Среднегорья Южного Урала богаты полезными ископаемыми: так, выявлены промышленные запасы железных руд (более 100 месторождений), хромита, магнезита, флюорита, химического известняка и др. [1].

Вместе с промышленным освоением исследуемой территории росла и нагрузка на природные ландшафты, формируя техногенные ландшафты в местах добычи руды и шлакоотвалы – в районах складирования отходов. Особенно возрос техногенез в 50-е гг. XIX в., в связи с открытием и введением в эксплуатацию групп месторождений железных руд в Зигазино-Комаровской свите, где располагался и Туканский карьер, и горно-обогадительный комбинат [1]. Для поддержания работы Белорецкого металлургического комбината разрабатывались месторождения руд и строительных материалов карьерным способом. Исследование процессов трансформации техногенных ландшафтов является важным вопросом изучения глубины преобразования природных комплексов, доля которых в последние десятилетия растет быстрыми темпами не только в России, но и в мире.

Целью работы является моделирование процессов трансформации природно-техногенных ландшафтов среднегорий Южного Урала в местах добычи полезных ископаемых для оценки и прогнозирования их геоэкологического состояния.

**Материалы и методы исследования**

Вопросам изучения природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов посвящены многочисленные работы ученых в области физической географии, ландшафтоведения, антропогенного ландшафтоведения и конструктивной географии.

В.И. Федотовым (1985) была разработана методика изучения техногенных ландшафтов Русской равнины, на основе которой учёный выделил пять генетических типов ландшафтов: 1) карьерно-отвальные; 2) торфяно-карьерные; 3) дражно-отвальные; 4) шахтные просадочно-терриконниковые; 5) экстрактивные [2].

Приведенная Н.П. Солнцева классификация техногенеза, связанного с добычей и переработкой полезных ископаемых, учитывает типы ответных реакций природных систем на техногенные воздействия. Автором были выделены техногенные и природно-техногенные процессы. Особую роль она уделяла почвам техногенных ландшафтов, отмечая, что «технопедогенез – это модель природных процессов, только в очень жестких условиях и с большой скоростью» [3].

В работе Н.С. Касимова систематика горнопромышленных ландшафтов (ГПЛ) выглядит следующим образом: 1) нефтяных и газовых месторождений; 2) угольных, сланцевых и торфоразрабатывающих районов; 3) рудных месторождений; 4) атомной промышленности; 5) строительного и облицовочного сырья. Выделяются три-четыре ландшафтно-функциональные зоны техногенной трансформации природных комплексов. Первая зона – это шахтно-карьерно-отвальная ГПЛ с практически полной деградацией почвенно-растительного покрова с высокими концентрациями металлов в пыли, техногенных наносах, водах и растениях. Вторая зона – ГПЛ на месте и в сфере непосредственного влияния горнопромышленных комбинатов и обогатительных фабрик, претерпевшие полную или значительную перестройку первоначальной структуры за счет отчуждения площадей под предприятия и загрязнения токсичными выбросами, отходами и стоками. Третья зона достаточно сильного загрязнения воздуха, почв, снега и растений в равнинных районах захватывает расположенные вблизи месторождения и комбинаты, селитебные и пригородные ландшафты в радиусе 3–5 км. Четвертая зона умеренного площадного загрязнения имеет нестабильные очертания и располагается в радиусе от 3–5 до 10–20 км. Особенно критическая экологическая ситуация возникает при разработке крупных рудных месторождений в горных долинах, когда перемещение токсичных отходов по долине приводит к формированию значительных по площади и контрастности долинных геохимических аномалий вблизи горнорудных городов и поселков [4].

Техногенные ландшафты на Южном Урале изучены слабо. Исследования в области техногенной трансформации почв в горных выработках проводились Ф.Х. Хазиевым [5], некоторые проблемы миграции химических элементов в почвогрунтах отразились в работах ряда исследователей [6; 7]. Начальную стадию формирования почв на техногенных ландшафтах Урала исследовала Г.И. Махонина [8].

Техногенные и природно-техногенные ландшафты – это комплексы, образованные под влиянием промышленной деятельности человека, которая определяет функционирование и структуру ландшафтов, подвергшихся данному воздействию [7]. Они занимают площадь менее 1 % от всей территории, но играют очень важную роль в динамике ландшафтов Южного Урала (высокая динамическая активность основных ландшафтообразующих компонентов, вызванная неустойчивостью данных комплексов).

Важными показателями техногенных и природно-техногенных ландшафтов, как и других антропогенных ландшафтов, является способность их природных компонентов сопротивляться антропогенному воздействию и возвращаться в состояние устойчивого равновесия после прекращения этого воздействия через процессы самовосстановления и саморегуляции. Выявление и прослеживание особенностей этих процессов является важным шагом в понимании развития природно-антропогенных комплексов.

Процессы саморегуляции и самовосстановления указаны в работе в виде схем последовательности сукцессионных смен растительности и почв на нарушенных ландшафтах (рис. 1). Анализ данных схем позволит моделировать процессы трансформации ландшафтов и спрогнозировать их дальнейшее развитие.

Полевой материал был собран за период 2014–2021 гг. в среднегорьях Южного Урала, административно соответствующего Белорецкому району Республики Башкортостан.

Для исследования техногенных ландшафтов Южного Урала применены методы: экспедиционный, ландшафтного профилирования, ландшафтного картографирования, сравнительно-географического анализа, прогнозирования и моделирования состояния природных комплексов.

## Результаты и их обсуждение

Согласно ландшафтным исследованиям, за период 2014–2021 гг. в среднегорьях Южного Урала выявлены следующие классы карьерных разработок и отвалов:

а) по размерам:

- крупные (Туканское, Пугачевское, Лысогорское и др. месторождения);
- средние (Серменевское, Кадышское);
- мелкие (Азналкиновские песчаные, Шигаевское доломитовое).

б) по видам извлекаемых ресурсов:

- рудные (Зигагинско-Комаровской группы месторождения железных руд.);
- строительного и облицовочного сырья (доломиты, мрамор – Серменевская группа месторождений, известняки – Пугачевское месторождение, сланцы, песчаники и др.).

Рудно-карьерные техногенные ландшафты – глубоко преобразованные антропогенные ландшафты в районе добычи рудных полезных ископаемых, связанные с механическим изъятием и/или перемещением литогенной основы, полной перестройкой почвенного покрова и растительности; изменением микро- и мезорельефа местности, миграцией химических элементов. Так, на железорудных месторождениях с высоким содержанием сульфидов в любом климате образуются сернокислые ожелезненные ландшафты, в которых развивается выщелачивание металлов из пород и почв, их миграция в виде сульфатов с кислыми водами на значительное расстояние [2].

На Южном Урале можно выделить два подтипа техногенных и природно-техногенных ландшафтов в зависимости от форм рельефа: 1) карьерные; 2) отвально-экстрактивные.

Карьерные подтипы техногенных ландшафтов представляют собой котловины и понижения с крутыми склонами и плоским дном. Исследования проводились в неэксплуатируемых с 2000-х гг. местах разработок Туканско-Зигагинского месторождения железных руд. При добыче открытым способом применялся способ террасирования, и чем глубже терраса, тем она моложе. В итоге каждой террасе соответствует свой этап самовосстановительных процессов и формирования природно-техногенных ландшафтов. Выявлено, что на дне котлована формируются озерные ландшафты, которые со временем подвергаются заболачиванию. Первая стадия самовосстановления природно-техногенных ландшафтов прослеживается на молодых террасах, состоящих из мохово-лишайниковой растительности (кукушкин лен обыкновенный, цетрария), на глинистых породах, которые не образуют сплошного покрова, в углублениях происходит заболачивание (рис. 1, 2). Вторая стадия занимает промежуток 15–20 лет – характеризуется наличием разреженного травяного покрова и сосново-березового криволесья на почвогрунтах. Третья стадия охватывает 25–35 лет – формирование гумусового слоя мощностью 1–3 см, приводит к сплошному произрастанию травянистой растительности, дефицит элементов и загрязненность грунтов приводит к образованию деформированных лесов, состоящих из сосны и березы. В четвертой стадии за последние 45–70 лет формируются техногенные почвы с чертами кислых дерново-подзолистых обедненных почв с неполноразвитым профилем. Растительность представлена разно-травно-злаковыми сосново-березовыми комплексами. Почвенный профиль маломощный, толщиной до 3 см, дерновый слой – до 1 см.

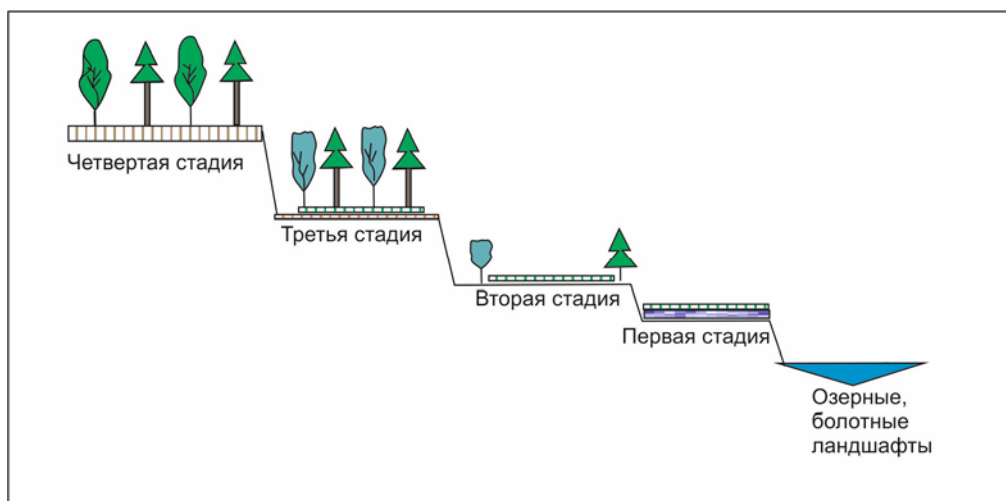


Рис. 1. Стадии самовосстановления и саморегуляции рудно-карьерных техногенных ландшафтов Южного Урала (составлен авторами)

Отвально-экстрактивный подтип ландшафтов (Туканское месторождение железных руд, Пугачевское месторождение известняка) располагается в непосредственной близости от районов добычи и представляет собой аккумулятивные формы рельефа с крутыми склонами до 45° и пологими вершинами. Эти комплексы образуются в результате смешивания отвальных комплексов с переработанными

породами, которые содержат концентрацию элементов, в сотни – в тысячу раз превышающую фоновые показатели (район добычи железных руд Туканского, Комаровского месторождений). Особенностью отвально-экстрактивных комплексов является формирование растительности в более ксерофитных условиях, чем в окружающих ландшафтах. В общих чертах они повторяют разрез рис. 1, но процесс самовосстановления начинается от центра к периферии, такое направление диаметрально противоположно карьерным комплексам, где восстановление начинается в периферии.

Также техногенные и природно-техногенные ландшафты являются источником аэрозольного загрязнения железорудной пылью и сопутствующих элементов, которые могут распространяться на 10–15 км от очага. Инфильтрационные воды с Туканских рудников загрязняют подземные и поверхностные воды окружающих населенных пунктов. Карьерные стоки характеризуются высокими содержаниями взвешенных веществ (до 800 мг/л и больше) аммонийного азота, нитратов, нефтепродуктов, железа, меди, цинка и ряда других химических элементов и их соединений. Концентрации практически всех из них заметно превышают глобальные, региональные и местные фоновые уровни, а также существующие нормативы [9].

Техногенные и природно-техногенные ландшафты, сформированные на месте добычи строительного и облицовочного сырья, образуют доломитовые, известняково-доломитовые и песчаниковые комплексы. Они располагаются вблизи крупных населенных пунктов (г. Белорецк – Пугачевское месторождение, с. Серменево, с. Шигаево, с. Сланцы Белорецкого района), многие из которых – функционирующие.

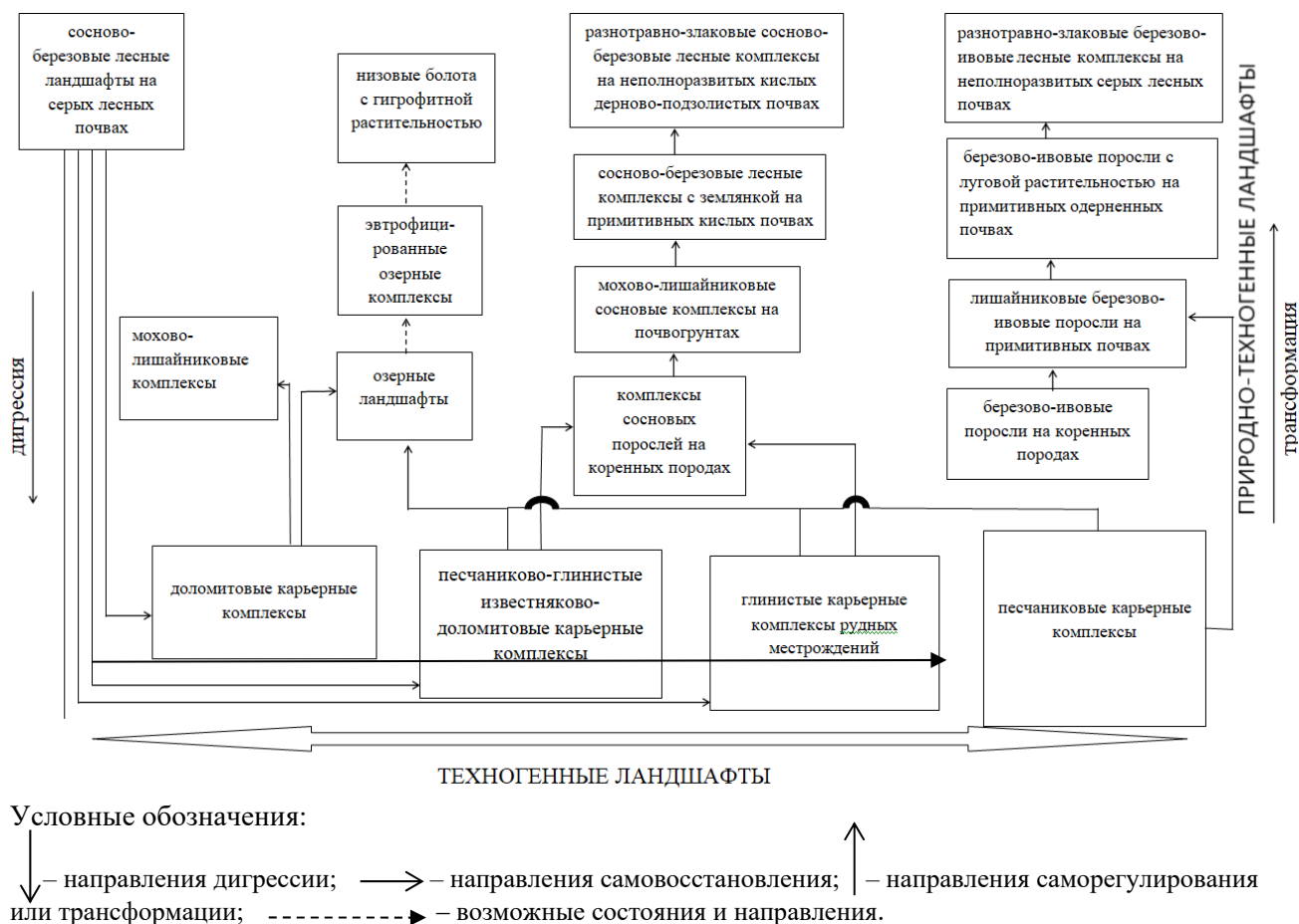


Рис. 2. Моделирование процессов трансформации природно-техногенных ландшафтов среднегорий Южного Урала (составлен авторами)

Известняково-доломитовые карьерные комплексы приурочены к месторождениям девонских отложений, являющихся частью рифогенных массивов. Крупный карьер – Пугачевский, объемы добычи известняка в среднем в месяц составляют 190 тысяч тонн [10]. Мелкие карьеры по добыче известняка

и доломита сосредоточены близ населенных пунктов с. Серменево, с. Кадыш, с. Азнагулово, в настоящее время неэксплуатируемые. Выявлено, что в доломитовых карьерах при блочной добыче твердые, устойчивые к выветриванию массивные породы остались на поверхности, в связи с этим освоение растительностью крайне замедленно. За последние 30–40 лет, местами, в трещинах обнаружены мхи и лишайники, процесс почвообразования не наблюдается (рис. 2).

Песчаные карьеры сосредоточены около с. Азикеево, которые сложены песчаниками и аргиллитами девона древнего речного русла [10]. Сосредоточены они на II и III речных террасах р. Белой, их число достигает 20, представлены мелкими карьерами длиной не более 50 м, шириной 25–30 м, глубиной до 20 м. Рыхлая песчаная субстанция благоприятна для освоения растительностью, поэтому в течение короткого времени, 5–7 лет, осваивается древесной растительностью, преимущественно листовыми. В течение 40–50 лет идет процесс накопления органического вещества и гумуса, запускается процесс почвообразования. Природно-техногенные почвы приобрели признаки неполноразвитых серых лесных.

Во всех случаях на месте карьерных комплексов могут сформироваться озерные ландшафты – в случае залегания их ниже водоупорного горизонта. Условия затрудненного дренажа и застой воды могут привести к постепенному зарастанию водоема гидрофильными растениями и, как следствие, к образованию болот.

## Заключение

Динамика техногенных ландшафтов разнонаправленна и зависит от многих факторов: технологических особенностей разработок, состава коренных пород (механическая структура и химический состав), форм рельефа, климатических показателей и глубины залеганий водоносных горизонтов.

На основе полученных результатов полевых исследований среднегорий Южного Урала составлены ряды саморегуляции и самовосстановления горно-лесных ландшафтов. Моделирование процессов трансформации природно-техногенных ландшафтов позволило сделать следующие выводы:

1) Доломитовые и известняковые карьерные ландшафты самовосстанавливаются крайне медленно, в связи с выходом на поверхность твердых скалистых пород, поэтому требуются рекультивационные работы, направленные на улучшение плодородия земель.

2) Песчаные карьерные ландшафты самовосстанавливаются достаточно успешно, поэтому дополнительных рекультивационных мер не требуют.

3) Процессы самовосстановления рудных карьерных ландшафтов достаточно замедленны, с признаками трансформации природных ландшафтов. Сукцессионные ряды представлены древесной растительностью с сильной деформацией и угнетенной травянистой растительностью, что позволяет делать заключение о большой концентрации в грунтах вредных примесей для живых организмов. Поэтому необходимы рекультивационные мероприятия с захоронением токсичных отходов, в т. ч. техническая и биологическая.

4) Во всех видах карьерных ландшафтов в случае близкого залегания грунтовых вод формируются озерные комплексы, которые с течением времени подвергаются заболачиванию.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гудков Г.Ф., Гудкова З.И. Из истории южноуральских горных заводов XVIII в. Историко-краеведческие очерки. Ч.1. Уфа: Башкирское книжное изд-во, 1985. С. 307.
2. Федотов В.И. Техногенные ландшафты: теория, региональные структуры, практика. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1985. 192 с.
3. Солнцева Н.П. Эволюционные тренды почв в зоне техногенеза // Почвоведение. 2002. № 1. С. 9–20.
4. Касимов Н.С. Экогеохимия ландшафтов. М.: ИП Филимонов М.В., 2013. 208 с.
5. Хазиев Ф.Х. Экология почв Башкортостана. Уфа: АН РБ; Гилем, 2014. 312 с.
6. Белоусова Л.И., Киреева-Гененко И.А., Фурманова Т.Н. Особенности проявления экзогенных геоморфологических процессов на территории Белгородской области // Академический журнал Западной Сибири. 2015. Т. 11, № 1 (56). С. 109–110.
7. Хасанова Г.Ф., Япаров И.М. Техногенные ландшафты Южного Урала // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2014. № 5 (61). С. 70–74
8. Махонина Г.И. Начальные процессы почвообразования в техногенных экосистемах Урала: автореф. дис. ...докт. биол. наук. Томск, 2004. 40 с.

9. Янин Е.П. Оценка воздействия разработки российских железнорудных месторождений на окружающую среду. Обзор // Экологическая экспертиза. 2019. № 5. С. 2–94.
10. Атлас Республики Башкортостан / Под редакцией И.М. Япарова. Уфа: Китап, 2005. 420 с.

Поступила в редакцию 02.06.2023

Хасанова Галима Фаритовна, кандидат географических наук,  
доцент кафедры экологии, географии и природопользования  
E-mail: galimakhasanova@gmail.com

Тимербаева Зимфира Шарифьяновна, старший преподаватель  
кафедры экологии, географии и природопользования  
E-mail: zimfira.bspu@mail.ru

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы»  
450008, Россия, г. Уфа, ул. Октябрьской революции, 3-а

**G.F. Khasanova, Z.Sh. Timerbaeva**

**MODELING OF TRANSFORMATION PROCESSES OF NATURAL-MAN-MADE LANDSCAPES OF THE MIDDLE REGIONS OF THE SOUTHERN URALS**

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-2-210-216

The article examines the results of studies of landscapes formed by the activities of technical structures - quarries and overburden rocks, terricons, in which anthropogenic landscapes are formed – called technogenic. The authors presented the classification of technogenic landscapes of the Southern Urals depending on the forms of relief. Career and spoil-extractive landscapes were highlighted, in which multidirectional dynamics were observed. In turn, the quarry subtype is classified by the type of containing rocks into: dolomitic, sandy-clayey and dolomite-clayey, clayey complexes of ore deposits, sandstone. The processes of changing these complexes were modeled by compiling series of self-regulation and transformation of landscapes, which made it possible to track their dynamics and prediction of their state. As a result of the analysis, conclusions were made about the restoration processes in the South Ural natural and man-made landscapes. In almost all investigated technogenic complexes, a transformation of landscapes was observed – their modification from the original state. In particular, natural complexes at the site of extraction of ferrous metal ores and at dolomite complexes, the smallest – in sandy ones, are most affected by the most severe transformation.

*Keywords:* mining industry, natural and man-made landscapes, processes of self-regulation and self-recovery, modeling of transformation processes, Middle Mountains of the Southern Urals.

REFERENCES

1. Gudkov G.F., Gudkova Z.I. *Iz istorii yuzhnoural'skikh gornyykh zavodov XVIII v. Istoriko-kraevedcheskie ocherki Ch. 1* [From the history of the South Ural mining plants of the XVIII century. Historical and local history essays. Part 1], Ufa: Bashkir. knizh. izd-vo, 1985, pp. 307 (in Russ.).
2. Fedotov V.I. *Tekhnogennyye landshafty: teoriya, regional'nye struktury, praktika* [Technogenic landscapes: theory, regional structures, practice], Voronezh: Voronezh. Gos.Univ., 1985, 192 p. (in Russ.).
3. Solntseva N.P. *Evolutsionnye trendy pochv v zone tekhnogeneza* [Evolutionary trends of soils in the zone of technogenesis], in *Pochvovedenie*, 2002, no. 1, pp. 9-20 (in Russ.).
4. Kasimov N.S. *Ekogeokhimiya landshaftov* [Ecogeochemistry of landscapes], Moscow: IP Filimonov M.V. Publ., 2013, 208 p. (in Russ.).
5. Khaziev F.Kh. *Ekologiya pochv Bashkortostana* [Soil Ecology of Bashkortostan], Ufa: Akademiya nauk Respubliki Belarus'; Gilem Publ., 2014, 312 p. (in Russ.).
6. Belousova L.I., Kireeva-Genenko I.A., Furmanova T.N. *Osobennosti proyavleniya ekzogennykh geomorfologicheskikh protsessov na territorii Belgorodskoy oblasti* [Features of exogenous geomorphological processes in the Belgorod region], in *Akademicheskii zhurnal Zapadnoy Sibiri*, 2015, vol. 11, no. 1 (56), pp. 109-110 (in Russ.).
7. Khasanova G.F., Yaparov I.M. [Technogenic landscapes of Southern Ural], in *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN* [News of the Kabardin-Balkar scientific center of RAS], 2014, no. 5 (61), pp. 70-74 (in Russ.).
8. Makhonina G.I. [Initial processes of soil formation in technogenic ecosystems of the Urals], Abstract of diss. Dr. Biol. Sci., Tomsk, 2004, 40 p. (in Russ.).

9. Yanin E.P. *Otsenka vozdeystviya razrabotki rossiyskikh zheleznorudnykh mestorozhdeniy na okruzhayushchuyu sredu. Obzor* [Environmental Impact Assessment of the Development of Russian Iron Ore Deposits. Review], in *Ekologicheskaya ekspertiza*, 2019, no. 5, pp. 2-94 (in Russ.).
10. *Atlas Respubliki Bashkortostan* [Atlas of the Republic of Bashkortostan ], Yaparov I.M. (ed), Ufa: Kitap Publ., 2005, 420 p. (in Russ.).

Received 02.06.2023

Khasanova G.F., Candidate of Geography, Associate Professor, Department of Ecology,  
Geography and Nature Management

E-mail: galimakhasanova@gmail.com

Timerbaeva Z.S., Senior Lecturer, Department of Ecology, Geography and Nature Management

E-mail: zimfira.bspu@mail.ru

Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla

Oktyabr'skoy Revolutsii st., 3-a, Ufa, Russia, 450008