

ХАРАКТЕРИСТИКА ОТХОДОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩА «ГРАЧЕВ ЛОГ» КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Э. И. Трещевская

д.с.-х.н., профессор кафедры «Лесных культур, селекции и лесомелиорации»

Е. Н. Тихонова

к.б.н., заведующий кафедрой «Ландшафтной архитектуры и почвоведения»

И. В. Голядкина

к.с.-х.н., доцент кафедры «Ландшафтной архитектуры и почвоведения»

К. В. Бобрешов

аспирант кафедры «Лесных культур, селекции и лесомелиорации»

*Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия*

Аннотация. В районах по добыче полезных ископаемых одним из элементов техногенного ландшафта являются хвостохранилища. Они представляют собой места по складированию отходов обогатительных фабрик. Статья посвящена изучению свойств отходов с целью их дальнейшей рекультивации. Делается вывод, что без проведения мероприятий по улучшению лесорастительных условий, хвостохранилища являются непригодными для проведения лесной рекультивации.

Ключевые слова: хвостохранилище, отходы, гранулометрический состав, агрохимические и химические свойства.

CHARACTERISTICS OF THE WASTE FROM THE «GRACHEV LOG» TAILINGS OF THE KURSK MAGNETIC ANOMALY

E.I. Treschevskaya

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forest Crops,
Breeding, and Agroforestry

E.N.Tikhonova

Candidate of Biological Sciences, Head of the Department of Landscape architecture and
Soil sciences

I.V.Golyadkina

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Landscape
architecture and Soil sciences

K.V.Bobreshov

Post-graduate student of the Department of Forest Crops, Breeding, and Agroforestry
*Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia*

Abstract. In ore mining areas, one of the elements of the technogenic landscape is the tailings. They are sites for the storage of waste from mineral processing plants. The article is devoted to studying the properties of wastes with a view to their further reclamation. It is concluded

that without measures to improve forest growing conditions, the tailings are unsuitable for forest crops planting.

Keywords: tailings, waste, granulometric composition, agrochemical and chemical properties.

Интенсивность использования природных богатств Курской магнитной аномалии сопровождается нежелательными изменениями в окружающей среде. В результате добычи железистых кварцитов открытым способом происходит нарушение всех компонентов ландшафта. Одним из элементов техногенного ландшафта являются хвостохранилища – места складирования отходов обогатительных фабрик. Их существование сказывается на понижении уровня грунтовых вод, загрязнении почв, водоемов и воздушного бассейна, увеличении заболеваемости населения, снижении урожаев сельскохозяйственных культур и других отрицательных явлениях. Такие последствия вызывают необходимость проведения рекультивационных работ как мероприятия по охране окружающей среды.

Работы по улучшению лесорастительных условий хвостохранилищ и их рекультивации известны в Китае, Бразилии и других странах [3-5]. В России фитомелиорация хвостовых отложений проводилась в Кузбассе, Карачаево-Черкесской республике, на Урале и в Забайкалье [1-2]. Результаты всех исследований показали, что при закреплении хвостохранилищ необходим индивидуальный подход. Работы в этом направлении только начинают развиваться. Основной целью данной работы было определение возможности облесения и закрепления территории хвостохранилища. Для успешной рекультивации необходимо изучение гранулометрического состава и физико-химических свойств отходов хвостохранилищ, в связи с чем тема наших исследований является очень актуальной.

Объектом исследования послужило хвостохранилище, именуемое «Грачев лог», в которое перемещаются продукты отходов (кварц, илестые частицы и др.) после переработки железной руды на фабрике № 2 АО «Комбинат КМАруда». Хвостохранилище сформировано в балке Грачев лог. Оно расположено в Губкинском городском округе Белгородской области с координатами 51.301031, 37.579762. В нижней части балки, расположенной между г. Губкин и п. Мирный в направлении с севера на юг, сооружена плотина. Отходы поступали гидравлическим путем, поэтому в нижней части плотины осели более крупные частицы кварца, а в верхней – более мелкие (ил). Хвостохранилище разделено дамбами на четыре части.

Площадь хвостохранилища составляет 1,7 км². В нижней части (самой значительной по площади) в середине балки находится водоем. Уровень воды колеблется в зависимости от погодных условий. Эмульсия воды и отходов выпускается из труб, находящихся на восточном берегу балки. На сухих возвышенных местах вдоль берегов балки шириной от 1 до 60 м, в ветреные дни поднимается большое количество пыли, которая переносится на большие расстояния, откладывается на прилегающих сельскохозяйственных угодьях, а также ухудшают санитарное состояние города. Дефляция является основным неблагоприятным фактором, на предотвращение которого должны быть направлены рекультивационные мероприятия.

Для изучения свойств отходов хвостохранилища «Грачев лог» отбирались образцы в верхней, средней и нижней частях на следующих глубинах: 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-70, и 70-100 см в трехкратной повторности. Анализ образцов проводился по общепринятым агрохимическим методикам. В таблице 1 приводится характеристика гранулометрического состава отходов хвостохранилища «Грачев лог».

Таблица 1. Характеристика гранулометрического состава отходов хвостохранилища «Грачев лог»

Часть хвостохранилища	Глубина взятия образца	Содержание физической глины (меньше 0,01 мм), %	Гранулометрический состав
Верхняя	0-5	34,08	суглинок средний
	5-10	21,52	суглинок легкий
	10-20	7,92	песок связный
	20-30	15,20	супесь
	30-40	20,64	суглинок легкий
	40-50	6,73	песок связный
	50-70	6,80	песок связный
	70-100	25,86	суглинок легкий
Средняя	0-5	3,12	песок рыхлый
	5-10	2,40	песок рыхлый
	10-20	4,56	песок рыхлый
	20-30	11,92	супесь
	30-40	12,44	супесь
	40-50	19,09	супесь
	50-70	5,16	песок связный
	70-100	7,12	песок связный
Нижняя	0-5	4,96	песок рыхлый
	5-10	1,84	песок рыхлый
	10-20	2,72	песок рыхлый
	20-30	1,92	песок рыхлый
	30-40	2,40	песок рыхлый
	40-50	1,44	песок рыхлый
	50-70	4,64	песок рыхлый
	70-100	2,72	песок рыхлый

Из данных таблицы видно, что гранулометрический состав неодинаков в различных частях хвостохранилища. В целом для метрового слоя он в верхней части представлен супесью, в средней – песком связным, в нижней – песком рыхлым. Это свидетельствует о том, что при перемещении отходов гидравлическим транспортом в нижней части хвостохранилища откладываются более крупные фракции, а в верхней – мелкие.

Самая значительная пестрота гранулометрического состава отходов наблюдается в верхней части хвостохранилища, где в метровом слое он колеблется от песка связного до суглинка среднего. В средней части слой 0-20 см представлен песком рыхлым, 20-50 см – супесью и слой 50-100 см – песком связным. В нижней части хвостохранилища отходы откладываются равномерно и по грансоставу представлены песком рыхлым.

Данные по агрохимическому анализу отходов хвостохранилища показывают, что они являются очень бедными (таблица 2).

**Таблица 2. Характеристика агрохимических свойств отходов хвостохранилища
«Грачев лог»**

Глубина взятия образца	рН солевой	Поглощенные, мг-экв /100 г		Подвижные формы, мг/100 г (по Мачигину)		Гумус, % (по Тюрину)	Гигроско- пическая влага
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Верхняя часть хвостохранилища							
0-5	8,5	7,20	1,60	2,60	1,80	0,52	0,4
5-10	8,5	9,60	1,60	2,60	1,00	0,65	0,2
10-20	8,5	5,60	0,80	2,00	1,00	0,44	0,2
20-30	9,0	7,20	0,40	2,00	0,50	0,52	0,3
30-40	9,0	9,60	0,40	2,00	0,40	0,71	0,3
40-50	9,0	4,00	0,80	1,50	0,00	0,42	0,2
50-70	9,0	4,00	0,80	1,50	0,10	0,46	0,2
70-100	9,0	4,00	0,80	1,50	0,00	1,20	0,4
среднее	8,8	6,40	0,90	1,96	0,60	0,61	0,3
Средняя часть хвостохранилища							
0-5	8,0	5,60	1,60	5,00	1,00	0,44	0,6
5-10	8,5	9,60	1,60	2,00	1,00	0,61	0,5
10-20	8,0	12,00	1,60	3,00	1,20	0,62	0,5
20-30	8,0	11,20	1,60	3,00	1,00	0,88	2,3
30-40	8,5	10,40	1,60	2,50	1,00	0,83	1,1
40-50	8,5	10,40	1,60	2,00	0,50	1,02	1,6
50-70	9,0	8,00	1,60	4,00	0,50	1,61	3,7
70-100	9,0	8,00	0,40	4,00	0,80	3,58	1,0
среднее	8,4	9,40	1,45	3,19	0,87	1,20	1,41
Нижняя часть хвостохранилища							
0-5	9,0	4,80	0,60	1,00	0,50	0,22	0,1
5-10	9,0	3,20	0,60	0,60	0,40	0,25	0,1
10-20	9,0	2,80	0,40	1,50	0,20	0,21	0,1
20-30	9,0	2,80	0,40	0,60	0,20	0,26	0,1
30-40	8,5	2,80	0,40	0,60	0,00	0,12	0,1
40-50	8,5	4,80	1,60	1,50	0,00	0,18	0,1
50-70	8,5	3,20	0,80	1,50	0,00	0,08	0,1
70-100	9,0	3,60	0,40	2,00	0,00	0,44	0,1
среднее	8,8	3,50	0,65	1,16	0,16	0,22	0,1

Примечание: гидролитическая кислотность не определялась вследствие вскипания субстрата.

Содержание гумуса на разной глубине в разных частях хвостохранилища колеблется от 0,08 до 3,58 %. В разных частях оно различное. Так, например, в средней части гумуса содержится в 5 раз больше, чем в нижней части и в 2 раза больше, чем в верхней.

Важную роль в жизни растений играет содержание питательных элементов в усвояемой форме. Количество фосфора также различается по частям хвостохранилища: средняя обеспеченность фосфором характерна для отходов в средней части, низкая – в верхней и очень низкая – в нижней. По количеству калия все части хвостохранилища имеют низкую обеспеченность. рН (солевой) в пределах хвостохранилища колеблется от 8,0 до 9,0, т.е. отходы имеют щелочную или сильнощелочную реакцию среды.

Обобщая данные агрохимического анализа, можно отметить, что отходы в средней части хвостохранилища лучше обеспечены элементами питания по сравнению с верхней и нижней частями.

В таблице 3 приводятся результаты химического анализа водной вытяжки.

Таблица 3. Характеристика химических свойств отходов хвостохранилища «Грачев

лог»							
Глубина взятия образца	Плотный остаток, %	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
		мг-экв /100 г					
Верхняя часть хвостохранилища							
0-5	0,171	0,32	0,34	3,30	1,12	0,52	2,32
5-10	0,160	0,30	0,30	2,20	0,58	0,24	1,96
10-20	0,068	0,26	0,34	1,60	0,38	0,14	1,68
20-30	0,096	0,26	0,30	2,70	0,70	0,34	1,22
30-40	0,123	0,32	0,32	3,00	0,90	0,62	2,12
40-50	0,124	0,22	0,28	1,00	0,38	0,18	1,74
среднее	0,124	0,28	0,31	2,30	0,68	0,34	1,84
Средняя часть хвостохранилища							
0-5	0,100	0,32	0,34	3,32	1,30	0,16	2,52
5-10	0,286	0,34	0,30	4,57	3,58	0,22	1,41
10-20	0,242	0,36	0,30	6,55	3,08	0,22	3,91
20-30	0,134	0,34	0,28	3,40	1,64	0,20	2,18
30-40	0,102	0,34	0,26	2,50	1,10	0,20	1,80
40-50	0,144	0,38	0,30	2,30	1,18	0,16	1,64
50-70	0,136	0,36	0,36	2,60	1,12	0,16	2,04
70-100	0,180	0,38	0,44	3,20	1,70	0,12	2,20
среднее	0,165	0,35	0,32	3,55	1,84	0,18	2,21
Нижняя часть хвостохранилища							
0-5	0,086	0,30	0,22	0,98	0,20	0,10	1,20
5-10	0,085	0,22	0,18	1,32	0,18	0,12	1,42
10-20	0,060	0,26	0,26	0,70	0,20	0,08	0,97
20-30	0,058	0,22	0,22	0,62	0,16	0,06	0,84
30-40	0,070	0,29	0,24	0,53	0,14	0,06	0,75
40-50	0,070	0,22	0,26	0,63	0,14	0,06	0,91
50-70	0,069	0,26	0,28	0,88	0,18	0,06	1,18
70-100	0,043	0,23	0,26	0,70	0,18	0,04	1,02
среднее	0,068	0,25	0,24	0,79	0,17	0,07	1,04

Из таблицы 3 видно, что максимальным количеством солей (карбонаты, сульфаты, хлориды и др.) характеризуются отходы в средней части хвостохранилища, минимальным – в нижней части. Резкого различия содержания солей по слоям в пределах метровой толщи не наблюдается. Однако содержание солей показывает, что они не могут отрицательно повлиять на рост древесных и кустарниковых пород. Из всего выше указанного следует:

1. Наличие в верхних слоях значительного количества фракций размером менее 0,01 мм (в верхней и средней частях хвостохранилища), а также несвязность фракций (в нижней части) способствует развитию дефляции.

2. Отходы имеют щелочную или сильнощелочную реакцию среды и очень низкое содержание питательных элементов, которое несколько выше в средней части хвостохранилища.

3. Содержание опасных солей в отходах не является критичным. Однако в целом лесорастительные условия хвостохранилищ являются неблагоприятными для выращивания древесных и кустарниковых пород.

В связи с этим рекомендуем осуществлять биологическую рекультивацию (в частности – лесную) после применения мероприятий по улучшению лесорастительных условий хвостохранилищ.

Список литературы

1. Водолеев А. С., Андреева О.С., Домнин К.И. Микроклиматические условия для произрастания растений на техноземах хвостохранилища Абагурской обогатительной фабрики, г. Новокузнецк. Рекультивация нарушенных земель: технологии, эффективность и биоразнообразие: сборник научных трудов всероссийской научно практической конференции, Новокузнецк: Издательский центр СибГИУ. 2024. С. 195-200. DOI: 10.31251/conf-2-2024
2. Храпай Е., Кузина А., Колесников С., Минникова Т., Шерстнев А., Казеев К. Опыт оценки эффективности рекультивации хвостохранилища Урупского горно-обогатительного комбината по выполнению экосистемных функций сформированным почвоподобным телом. Экология и промышленность России. 2024. 28(8). С. 67-71. DOI:10.18412/1816-0395-2024-8-67-71
3. Albuquerque R., Abreu C., Werle M., Mortatti B., Marteleto T., Costa E., Lange L., Machado D., Santos Pablo (2025). Advancing Sustainable Tailing Management: A Comprehensive Approach to the Geochemical Characterization of Iron Ore Tailing in Dry Stacks. Conference: International Mine Water Association-2025. P.34-39
4. GISTM (2020) Global Industry Standard on Tailings Management. Global Tailings Review. 40 p.
5. Guo L, Funari V and Li M (2023) Editorial: Advances in sustainable mine tailings management. Front. Earth Sci. 11:1269955. DOI: 10.3389/feart.2023.1269955

References

1. Vodoleev A. S., Andreeva O.S., Domnin K.I. Mikroklimateicheskie usloviya dlya proizrastaniya rastenij na tekhnozemah hvostohranilishcha Abagurskoj obogatitel'noj fabriki, g. Novokuzneck (in Russian). Rekul'tivaciya narushennyh zemel': tekhnologii, effektivnost' i bioraznoobrazie: sbornik nauchnyh trudov vserossijskoj nauchno prakticheskoy konferencii, Novokuzneck: Izdatel'skij centr SibGIU. 2024. P. 195-200. DOI: 10.31251/conf-2-2024
2. Hrapaj E., Kuzina A., Kolesnikov S., Minnikova T., Sherstnev A., Kazeev K. Opyt ocenki effektivnosti rekul'tivacii hvostohranilishcha Urupskogo gorno-obogatitel'nogo kombinata po vypolneniyu ekosistemnyh funkcij sformirovannym pochvopodobnym telom (in Russian). Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2024. 28(8). P. 67-71. DOI:10.18412/1816-0395-2024-8-67-71
3. Albuquerque R., Abreu C., Werle M., Mortatti B., Marteleto T., Costa E., Lange L., Machado D., Santos Pablo (2025). Advancing Sustainable Tailing Management: A Comprehensive Approach to the Geochemical Characterization of Iron Ore Tailing in Dry Stacks. Conference: International Mine Water Association-2025. P.34-39
4. GISTM (2020) Global Industry Standard on Tailings Management. Global Tailings Review. 40 p.
5. Guo L, Funari V and Li M (2023) Editorial: Advances in sustainable mine tailings management. Front. Earth Sci. 11:1269955. DOI: 10.3389/feart.2023.1269955