

С.П. Месяц, Н.С. Румянцева**ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БИОГЕОБАРЬЕРА,
СОЗДАВАЕМОГО С ЦЕЛЬЮ СОХРАНЕНИЯ
ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Разработана технология создания биогеобарьера, основанная на концепции естественного почвообразования, для сохранения техногенных месторождений. Исследование устойчивости биогеобарьера на разных хвостохранилищах Кольского горнопромышленного комплекса (ГНК) показало, что в результате создания полимерного покрытия после посева трав без нанесения плодородного слоя образуется фитоценоз, характеризующийся стабильно высокой биопродуктивностью, быстрой аккумуляцией органического вещества, формированием гумусового статуса субстрата, своевременным прохождением всех фаз развития растений за счет обеспеченности элементами питания, депонированными в сформировавшемся гумусе. Биогеобарьер сохраняет устойчивость в течение длительного времени в результате выхода растений в репродуктивную фазу и формирования жизнеспособного семенного фонда, обеспечивающего самовозобновление травостоя. **Ключевые слова:** отходы рудообогашения, техногенное минеральное сырье, сохранение, биогеобарьер, устойчивость, биопродуктивность, самовоспроизводство.

В результате многолетней работы горно-обогажительных предприятий Кольского ГПК в условиях некомплексной переработки руд сформировались значительные запасы техногенного сырья, складированного в отвалы отходов рудообогашения, которые с полным правом могут быть отнесены к техногенным месторождениям.

Самозаращение отвалов отходов рудообогашения не происходит из-за ветровой и водной эрозии, бесструктурности и низкой водоудерживающей способности субстрата. Так как хвостохранилища занимают большие площади, наиболее экологически целесообразным решением сохранения техногенного минерального сырья является создание дернины.

В Горном институте КНЦ РАН разработана технология создания биогеобарьера, основанная на концепции естественного почвообразования. Сущность технологии заключается в посеве многолетних трав на

техногенном субстрате без нанесения плодородного слоя под полимерным покрытием, которое образуется при обработке поверхности после посева водной полимерной эмульсией. Предлагаемая технология является не только наиболее экологически целесообразным, но и экономически приемлемым решением сохранения техногенного минерального сырья [1].

В соответствии с целевой задачей биогеобарьер должен обеспечивать сохранение техногенного минерального сырья в течение длительного времени.

Мониторинг состояния биогеобарьера проводится на опытных полигонах (площадью 3–5 га), заложенных на хвостохранилищах предприятий Кольского горнопромышленного комплекса (ГПК) – ОАО «Апатит», ОАО «Ковдорский ГОК», ОАО «Олкон», ООО «Ловозерский ГОК» (рис. 1).

Хвостохранилища различаются химическим, минералогическим составом, географо-климатическими усло-

виями их расположения. Общими характеристиками складированного сырья всех хвостохранилищ являются мелкодисперсность, бесструктурность, низкая водоудерживающая способность субстратов, обуславливающие проявление эрозионных процессов.

В ходе мониторинга состояния биогеобарьера изучаются генетические параметры (химический, гранулометрический, минералогический составы, водно-физические свойства) и функциональные показатели субстрата (реакция среды, окислительно-восстановительный потенциал, содержание подвижных форм химических элементов), а также динамика продуктивности сеяного фитоценоза и аккумуляции органического вещества в корнеобитаемом слое, качественный состав формирующегося гумуса [2].

Поскольку биологический фактор является главным действующим лицом при создании биогеобарьера без нанесения плодородного слоя, биопродуктивность сеяного фитоценоза имеет принципиальное значение. По данным 4-летних наблюдений на хвостохранилище ОАО «Ковдорский ГОК» среднее значение продуктивности надземной фитомассы составляет ~8 т/га; на хвостохранилище

АНОФ-2 ОАО «Апатит», где мониторинг ведется в течение 30 лет, средняя многолетняя продуктивность сеяного фитоценоза – 12 т/га. Включение в состав травосмеси однолетней покровной культуры обеспечивает с первого года образование большого количества растительных остатков.

На фоне стабильно высокой продуктивности травостоя отмечается быстрое накопление органического вещества. Запасы гумуса в середине второго десятилетия составляют ~76 т/га (данные по хвостохранилищу АНОФ-2 ОАО «Апатит»).

По результатам исследований определена нижняя граница биогеобарьера, определяемая мощностью биогенно-гумусо-аккумулятивного слоя, эволюционно выработанная целесообразность которого – сохранение устойчивого самовоспроизводства биоты (таблица).

Результаты проведенного в 2010 г. фенологического обследования на хвостохранилищах трав сеяных фитоценозов показали, что в генеративную фазу вступило ~85% особей, наблюдалась 100%-ная завязываемость семян в колосьях, созревание семян достигло полной спелости. Другими словами, сеяный фитоценоз, наряду с

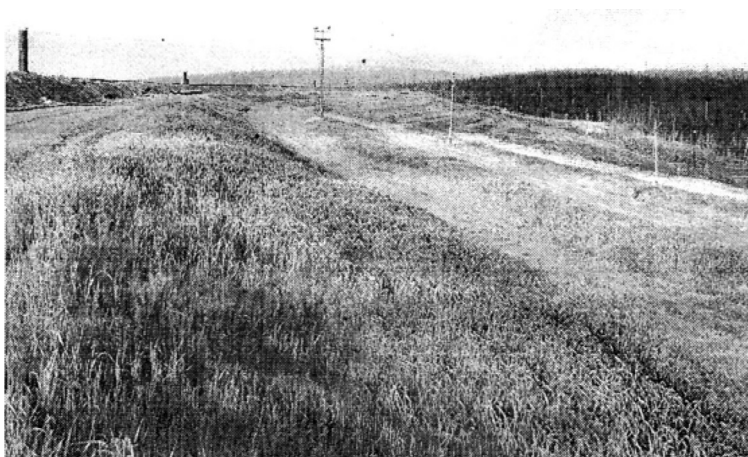


Рис. 1. Вид биогеобарьера, созданного на хвостохранилище ОАО «Ковдорский ГОК»

Данные мониторинга состояния биогеобарьера, созданного без нанесения плодородного слоя на отвалах отходов рудообогатения АНОФ-2 ОАО «Апатит», на конец третьего десятилетия

Слой, см	рН		N _{обл.} , %	мг/100 г				мг-экв/100 г		C _{орг.} , %	Гумус, %
	водн.	KCl		NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O	ЕКО	Гидро- лит. кисл-ть		
0–6	6,9	5,7	0,23	0,43	0,65	90,1	6,9	9,83	1,93	2,22	3,83
6–12	7,1	5,9	0,15	0,37	0,32	81,3	6,7	7,45	1,06	0,45	0,79
12–25	7,3	6,2	0,09	0,31	0,22	72,1	5,0	6,96	0,98	0,33	0,58

вегетативным размножением, обеспечивает самовозобновление травостоя в результате формирования жизнеспособного семенного фонда.

В связи с закрытием в период перестройки большинства семеноводческих станций в стране, при создании сеяного фитоценоза на хвостохранилище ОАО «Ковдорский ГОК» были использованы нерайонированные виды трав, не приспособленных к низким агроклиматическим условиям Заполярья. Несмотря на это, в результате создания полимерного покрытия, обеспечивающего улучшение экологического фона корнеобитаемых горизонтов, все сеяные виды вышли в репродуктивную фазу (рис. 2).

Полимерное покрытие, создаваемое после посева трав, прекращает

ветровую и водную эрозии, обеспечивает больший прогрев, уменьшает амплитуду суточных колебаний в корнеобитаемом слое, улучшает водообеспеченность субстрата, повышая его водоудерживающую способность. Характеризуется экологической чистотой, устойчивостью к атмосферным осадкам и температурным колебаниям, хорошей воздухо- и водопроницаемостью (рис. 3) [3].

Исследование устойчивости биогеобарьера на разных хвостохранилищах Кольского ГПК показало, что в результате создания полимерного покрытия после посева трав без нанесения плодородного слоя образуется фитоценоз, характеризующийся стабильно высокой биопродуктивностью, быстрой аккумуляцией ор-

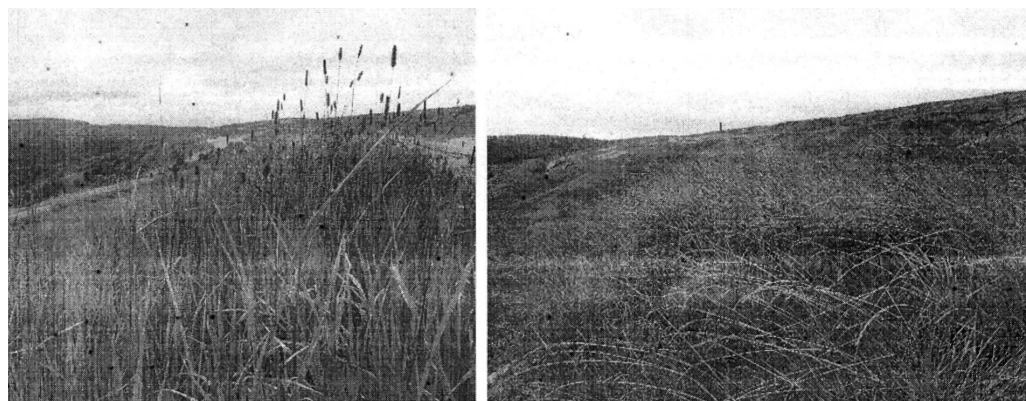
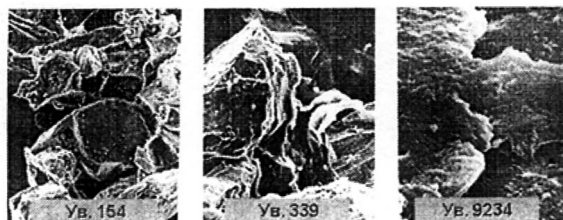


Рис. 2. Вид биогеобарьера, созданного на хвостохранилище ОАО «Ковдорский ГОК» в июле (а) и сентябре (б) 2010 г.

Поперечный срез полимерного покрытия, образованного при нанесении водных полимерных эмульсий на минеральный субстрат



Усредненные расчетные значения газопроницаемости полимерной пленки

Газопроницаемость $P \times 10^{13}, \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$				
O_2	CO_2	H_2O	N_2	H_2
5,4	26,6	106,7	1,4	14,2

Зависимость физико-механических свойств полимерной пленки от температуры

Температура испытаний, $^{\circ}\text{C}$	Предел прочности ($\times 10^4 \text{ Па}$)	Относительное удлинение при разрыве $\times 10^{-2}, \%$
22	5,96	7,60
50	2,75	5,60
70	1,74	3,10



Изменение модуля упругости E , относительного удлинения ε и предела прочности $\sigma_{\text{пр}}$ полимерной пленки под действием γ - и УФ-излучения

Вид и мощность излучения	Модуль упругости $E \cdot 10^{-5}, \text{Па}$	Относительное удлинение $\varepsilon \cdot 10^{-2}, \%$	Предел прочности $\sigma_{\text{пр}} \cdot 10^{-4}, \text{Па}$
$\text{Д}_{\gamma} \cdot 10^{-5}, \text{Дж}/\text{м}^2$			
0	7,84	7,85	4,82
172,8	8,73	4,00	5,02
$\text{Д}_{\text{УФ}} \cdot 10^{-5}, \text{Дж}/\text{м}^2$			
0	8,82	7,60	5,98
100	8,80	7,40	5,54

Влияние полимерного покрытия на гидротермический режим субстрата

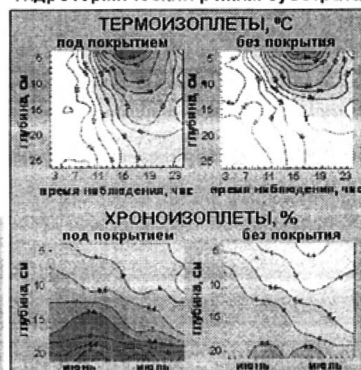


Рис. 3. Физико-механические и эксплуатационные характеристики полимерного покрытия

ганического вещества, формированием гумусового статуса субстрата, своевременным прохождением всех фаз развития растений за счет обеспеченности элементами питания, депонированными в сформировавшемся гумусе. Биогеобарьер сохраняет устойчивость в течение длительного времени в результате выхода растений в репродуктивную фазу и формирования жизнеспособного семенного фонда, обеспечивающего самовозобновление травостоя.

Сохранение видового разнообразия сеяного фитоценоза в течение длительного времени является следствием правильного подбора травосмесей с учетом экологических потребностей каждого вида. Подселение со вре-

менем видов местной флоры характеризует сукцессионный переход от сеяного фитоценоза к фитоценозу со структурой окружающего ландшафта. Увеличение биоразнообразия обеспечивает повышение компенсаторных возможностей созданной экосистемы по отношению к внешней среде.

Создание биогеобарьера на отвалах отходов рудообогатения обеспечивает сохранение техногенного минерального сырья, повышение устойчивости гидротехнических сооружений, снижение техногенной нагрузки на природную среду, улучшение санитарно-гигиенических условий в близлежащих населенных пунктах, улучшение условий труда работников хвостовых хозяйств.

1. Месяц С.П., Волкова Е.Ю. Технология консервации промышленных отходов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 4. – С. 106–116.

2. Месяц С.П., Мельников Н.Н. Концепция и технологические решения восстановления нарушенных земель горнопромышленного комплекса / Формирование основ современной стратегии природопользования в Евро-Арктическом регионе. – Апатиты: Изд-

во Кольского научного центра РАН, 2005. – С. 357–364.

3. Месяц С.П., Едигарева Л.Н. Оптимизация производственного процесса при восстановлении нарушенных земель в условиях Заполярья. Город в Заполярье / Труды III международной конференции. Воркута, 2–6 сентября 2003. – Воркута, 2003. – С. 205–213. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Месяц Светлана Петровна – зав. лабораторией, e-mail: mesyats@goi.kolasc.net.ru,
Румянцева Наталья Сергеевна – ведущий технолог,
Горный институт Кольского научного центра РАН.

UDC 6224 7:502.521

**STUDY OF STABILITY OF BIOGEOBARRIER
FOR CONSERVATION TECHNOGENIC DEPOSITS**

Mesyats S.P., Head of Laboratory, e-mail: mesyats@goi.kolasc.net.ru,
Rumyantseva N.S., Leading Technologist,
Mining Institute of Kola Scientific Centre of Russian Academy of Sciences.

The technology of creating a bio-geo-barrier based on natural soil-forming theory has been developed for conservation of technogenic mineral formations. The analysis of the stability of the bio-geo-barrier created at tailings dumps of the Kola Mining Complex showed that plant formation after sowing of grass under polymeric coating without fertile soil layer cover features high bioproductivity, rapid accumulation of organic matter, formation of humic substratum, timely passing of all phenological phases of vegetation development owing to nourishment availability in the formed humus. The bio-geo-barrier keeps stability for a long time period inasmuch as vegetable life reaches the reproductive phase and forms viable seed stock to ensure self-regeneration of grass canopy.

Key words: ore dressing waste, technogenic mineral formations, preservation, bio-geo-barrier, stability, bioproductivity, self-regeneration.

REFERENCES

1. Mesyats S.P., Volkova E.Yu. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*, 2009, no 4, pp. 106–116.
2. Mesyats S.P., Mel'nikov N.N. *Formirovanie osnov sovremennoi strategii prirodopol'zovaniya v Evro-Arkticheskom regione* (Generating fundamental principles of modern strategy for nature management in the Europe-Arctic Region), Apatity: Izd-vo Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN, 2005, pp. 357–364.
3. Mesyats S.P., Edigareva L.N. *Trudy III mezhdunarodnoi konferentsii. Vorkuta, 2–6 sentyabrya 2003* (III International Conference Proceedings, Vorkuta, 2–6 September 2003), Vorkuta, 2003, pp. 205–213.

