

УДК 622.882:573.4(470.21)

С.П. Месяц, Н.С. Румянцева, Е.Ю. Волкова

**СРЕДООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ БИОТЫ И ГОРНОЙ
ПОРОДЫ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ
ЛАНДШАФТОВ**

Анализ данных многолетнего мониторинга при восстановлении нарушенных земель техногенных ландшафтов в соответствии с концепцией естественного почвообразования, созданием сеяного фитоценоза без нанесения плодородного слоя, свидетельствует о средообразующей роли растительного покрова и горной породы в формировании биогенно-гумусо-аккумулятивного горизонта — показателя биологической организации горной породы. Основным базовым положением возвращения нарушенных земель техногенных ландшафтов биосферному фонду является восстановление нарушенных земель в соответствии с концепцией естественного почвообразования созданием сеяного фитоценоза без нанесения плодородного слоя для образования биологически активной среды, обеспечивающей значительно более быстрое, чем при самовосстановлении, формирование биогенно-гумусо-аккумулятивного горизонта, выполняющего главные экосистемные функции: синтез и разложение органического вещества, депонирование элементов-биогенов.

Ключевые слова: техногенные ландшафты, восстановление, биота, горная порода, сеяный фитоценоз, формирование, биогенно-гумусо-аккумулятивный горизонт, элементы-биогены, подселение, местные виды.

Среди проблем, появившихся в результате интенсивного развития промышленного производства, своим многоаспектным характером выделяется проблема взаимодействия человека и природной среды.

Техногенные ландшафты горнодобывающей отрасли представлены карьерными выемками и породными отвалами, к которым относятся отвалы вскрышных и проходческих пород, а также отвалы отходов рудообогащения. Занимая огромные площади и возвышаясь над подстилающей поверхностью, отвалы существенно изменяют природный ландшафт, переводят земли в категорию нарушенных. Одновременно происходит сокращение видового биоразнообразия территории на всех уровнях — от генетического разнообразия внутри отдельных популяций до разнообразия видов и экосистем, причем темпы этого разрушительного процесса возрастают [1].

В Горном институте КНЦ РАН разработана технология восстановления нарушенных земель техногенных ландшафтов в соответствии с концепцией естественного почвообразования, формированием биологически активной среды в результате создания сеяного фитоценоза без нанесения плодородного слоя [2,3].

Тестовым объектом, где более 30 лет ведутся систематические наблюдения за формированием посттехногенных экосистем в соответствии с концепцией естественного почвообразования, согласно которой почва является продуктом взаимодействия материнской (горной) породы, биоты, климата, рельефа и времени, являются отвалы отходов обогащения апатитсодержащих руд. Складированные отходы, выступающие в роли материнской (горной) породы, представляют собой мелкодисперсный материал, самозаращение которого не происходит из-за полного отсутствия органического вещества, а также бесструктурности и малой водоудерживающей способности — основных причин проявления ветровой и водной эрозии.

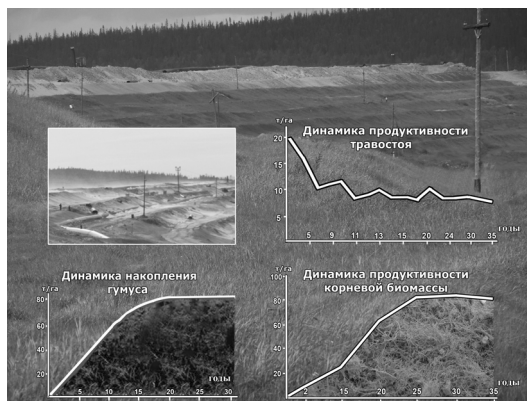
Данные многолетнего мониторинга, предусматривающего комплексное и одновременное изучение генетических параметров и функциональных показателей восстанавливаемых земель [4], свидетельствует об определяющей роли растительного покрова при биологической организации горной породы.

Растения производят ту первичную продукцию, которая служит началом трофических цепей, и обуславливают миграцию химических элементов в биогеохимическом круговороте, являющемся главным механизмом самоорганизации природных ландшафтов.

Поскольку сеяный фитоценоз является системообразующей структурой, создающей в процессе фотосинтеза сложные органоминеральные комплексы, его биопродуктивность имеет принципиальное значение. Включение в состав травосмесей однолетней покровной культуры обеспечивает уже в первый год поступление большого количества растительных остатков. На протяжении первых 15 лет средняя многолетняя продуктивность составляла ~12 т/га (рис.1), что вполне сопоставимо с уровнем продуктивности кормовых угодий региона — 12,6 т/га [5].

При изучении возрастных изменений сеяного фитоценоза важным показателем является коэффициент отношения общей биомассы (надземная Н + корневая К) к корневой (К), который служит диагностическим признаком. Анализ данных мониторинга показывает, что по мере увеличения возраста сеяного фитоценоза наблюдается увеличение вклада подземной биомассы в общую (рис. 1).

Рис. 1. Результаты многолетнего мониторинга биологической организации материнской (горной) породы в результате создания биологически активной среды



В сеянном фитоценозе в первое десятилетие величина коэффициента k составляла ~ 2 , т.е. вклад надземной биомассы в общую

значительно больше, чем корневой. С течением времени наблюдается уменьшение коэффициента k , что свидетельствует о возрастании доли корневой биомассы, значительная часть которой после отмирания корней попадает непосредственно в почву.

Как показали результаты многолетнего мониторинга, высокая продуктивность сеяного фитоценоза и высокая биохимическая активность корнеобитаемых горизонтов обеспечивают быстрое накопление органического вещества, уже в первые годы формируется биогенно-аккумулятивный слой [6].

Растительные остатки, благодаря деятельности микрофлоры, являющейся инструментом почвообразования, подвергаются различным биохимическим превращениям. В результате часть органического вещества окисляется до конечных продуктов, преимущественно CO_2 , H_2O и простых солей (минерализация), а другая, пройдя сложные превращения в условиях биокатализа под действием ферментов, выделяемых микроорганизмами, включается в состав специфических гумусовых веществ почвы (гумификация), приводя к формированию биогенно-гумусо-аккумулятивного горизонта. Чем больше в системе представлен биокomпонент, тем энергичнее происходят процессы разложения растительных остатков, многообразнее связи, определяющие интенсивность процессов биологической организации материнской (горной) породы.

Образование биологически активной среды созданием сеяного фитоценоза обеспечивает более быстрое, чем при самозарастании накопление запасов гумуса при ежегодном поступлении значительного количества растительных остатков. Если при самозарастании на это требуются десятки лет, то уже через 6 лет после создания сеяного фитоценоза на отвалах отходов рудообогат-

шения содержание гумуса в корнеобитаемом слое составило ~ 23 т/га, а к середине второго десятилетия запасы гумуса составили ~ 86 т/га, что соответствует луговым фитоценозам окружающего природного ландшафта, при средней скорости накопления в первые 15 лет – 0,13 % в год (см. рис. 1).

Довольно быстрое появление морфологически диагностируемого биогенно-гумусо-аккумулятивного горизонта и накопление органического вещества свидетельствует о биологической организации горной породы. Появление почвенного профиля – явное тому доказательство [6].

Изучение фракционно-группового состава гумуса в почвенных разрезах показывает преобладание фульвокислот над гуминовыми кислотами ($C_{ГК}:C_{ФК}=0,4$), что характерно в целом для почв Кольского полуострова — субарктические климатические условия обуславливают формирование гумуса фульватного типа. С течением времени в групповом составе гумуса происходят изменения — увеличивается количество гуминовых, в среднем, в 6 раз и фульвокислот — в 3 раза. Гуминовые кислоты аккумулируются в биогенно-гумусо-аккумулятивном горизонте и не покидают его вследствие их крайне низкой растворимости. Благодаря достаточному количеству влаги и хорошему дренажу растворимые фульвокислоты способны мигрировать в нижележащие слои профиля [7].

Биогенно-гумусо-аккумулятивный горизонт, характеризуется высокой активностью биохимических и микробиологических процессов, и выполняет главные экосистемные функции – синтез и разложение органического вещества (гумификация и минерализация), депонирование элементов-биогенов в форме, доступной для растений.

Материальную основу функционирования природных экосистем составляет биогеохимический круговорот элементов, связывающий биотический, биокосный и косный компоненты потоками вещества [8].

С учетом этого восстановление нарушенных земель может быть представлено, как формирование (восстановление) биогеохимического круговорота элементов, являющегося основным механизмом самоорганизации природных ландшафтов. Прогнозируемое увеличение содержания органического вещества в формирующемся биогенно-гумусо-аккумулятивном горизонте, полученное методом компьютерного моделирования биогеохимического круговорота элементов при восстановлении нарушенных земель, хорошо коррелируется с данными мониторинга при восстановлении нарушенных земель в соответствии с концепцией естественного почвообразования [9].

Первостепенное значение для роста и развития растений имеют элементы — биогены: N, P и K. Основная масса азота поступает в биогеоценоз из атмосферы и определяется масштабами микробиологической азотфиксации. Источниками фосфора и калия является горная (материнская) порода.

Гумус является единственным природным образованием, способным депонировать и постепенно освобождать наиболее дефицитный элемент питания — азот — основной компонент гуминовых и фульвокислот, составляющих гумус. Результаты проведенных исследований отражают динамику накопления азота. Так, на второй год после посева, количество общего азота составляло 0,02 %, спустя 25 лет > 0,1 %. Интенсивная аккумуляция азота происходит, в основном, благодаря азотфиксирующей деятельности микроорганизмов. Валовой запас азота в биогенно-гумусо-аккумулятивном горизонте уже спустя 12 лет составляет 2,8 т/га, что соответствует показателю в зональных подзолистых почвах. Увеличение содержания азота нитратной (с 0,01 мг/100 г в материнской горной породе до 0,56 мг/100 г) и аммонийной (с 0,16 мг/100 г до 0,95 мг/100 г) форм в процессе биологической организации горной породы коррелирует с увеличением содержания гумуса [10].

Среди элементов-биогенов, необходимых для растений, усваиваемые формы азота являются наиболее важными и обычно наиболее дефицитными, поскольку азот находится в составе самых лабильных и наиболее важных для осуществления биохимических процессов соединений. Азот входит в состав белков, представляющих главную составную часть цитоплазмы и ядра клеток, в состав нуклеиновых кислот, хлорофилла, ферментов, фосфатидов, большинства витаминов, поэтому наличие азота — определяющий фактор жизнедеятельности растений. Фосфор — малоподвижный в земной коре элемент — участвует в создании специфических соединений, обеспечивающих запас и перенос энергии в клетке. Превращение труднодоступных форм фосфора в легкодоступные для усваивания растениями происходит под действием свободных кислот, образующихся при биохимической трансформации почвенных углеводов в органические кислоты. Калий — активный участник всех биологических процессов. В отличие от азота и фосфора он не входит в состав органических соединений гумуса, а находится в растительной клетке в ионной форме в виде растворимых солей клеточного сока. Физиологическая функция калия состоит в регуляции осмотического давления в клетках, а также участии в процессе фотосинтеза [11].

Изменение минералогического состава горной породы является важной диагностической характеристикой процессов её биологической организации. Состав горной (материнской) породы на тестовом объекте представлен следующими минералами: нефелин (51.5 %), пироксены (17 %), полевые шпаты (9.2 %), сфен (6.1 %), титаномагнетит (3.2 %), апатит (3 %), слюды (2.1 %), амфиболы (1.8 %) и др. Носителями основных элементов-биогенов являются: апатит – носитель фосфора; гидробиотит, биотит, нефелин, полевые шпаты – носители калия. Фосфор в составе апатита представлен трехкальциевым фосфатом, недоступным для усваивания растениями. Калий биотита и гидробиотита более доступен растениям, чем калий алюмосиликатов.

Изучение с интервалом в 10 лет почвенных профилей, формирующихся на отвалах в результате биологической организации горной породы, выявило, что их минералогический состав представлен однотипной ассоциацией минералов. Из слоистых минералов доминирует биотит, в результате трансформации которого образовался гидробиотит. Среди других минералов зафиксированы плагиоклазы, калиевые полевые шпаты, амфиболы, хлорит, апатит и нефелин.

Носителями информации о биологической организации горной породы являются гранулометрические фракции размером <1, 1—5 и 5-10 мкм. В илистом материале с течением времени, накапливаются рентгеноаморфные компоненты (органическое вещество, оксиды и гидроксиды Fe, Al и Si) [12].

В табл. 1 представлен валовой химический анализ корнеобитаемого горизонта и выделенных из него гранулометрических фракций.

Таблица 1

Валовой химический состав корнеобитаемого слоя сеяного фитоценоза 30-летнего возраста и выделенных из него гранулометрических фракций, %

K ₂ O	P ₂ O ₅	Fe _{общ.}	Na ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO
Корнеобитаемый горизонт без разделения на фракции									
5,64	3,31	5,51	8,80	6,16	1,37	40,14	3,08	20,06	0,49
Илистая фракция (<1 мкм)									
0,91	4,75	3,18	0,65	2,88	3,55	14,32	0,77	15,30	0,40
Фракция тонкой пыли (1-5 мкм)									
1,81	3,63	5,40	1,86	3,70	1,61	24,76	1,34	15,39	0,51
Фракция средней пыли (5-10 мкм)									
2,31	2,96	5,82	3,01	3,93	1,76	31,00	2,01	15,07	0,48
Крупная фракция (>10 мкм)									
4,22	2,67	7,64	5,79	6,58	1,62	42,87	4,30	16,30	0,77

Содержание фосфора в валовом химическом составе корнеобитаемого горизонта составляет 3,3 %, при этом в илистой фракции, выделенной из него, сосредоточено 4,75 % (табл. 1). Потери при прокаливании илистой фракции составляют ~50 %, что позволяет утверждать, что это фосфор органических соединений, таких как фитин, глицерофосфат, остатки нуклеиновых кислот, нуклеопротеиды, фосфолипиды и др., которые в результате физико-химических реакций минерализуются и становятся доступными растениям. Проведенные исследования отражают тенденцию накопления доступного растениям фосфора – за весь срок наблюдений количество P_2O_5 , увеличивалось с 39,2 в материнской породе до 90,9 мг/100 г [10].

Количество калия увеличивается в ряду ил > тонкая пыль > средняя пыль > крупная фракция (табл. 1). Источником обменного калия в материнской породе служит гидробиотит, содержащийся во фракциях ила и тонкой пыли. Остальные минералы-носители калия составляют основу крупных фракций и представляют собой потенциальный резерв калия в связи с тем, что трансформация их осуществляется очень медленно.

Одним из таких минералов является нефелин – $(K,Na)AlSiO_4$. Трансформация его в нейтральной среде происходит незначительно. Однако, учитывая содержание нефелина в материнской горной породе, его можно считать значимым потенциальным источником калия для питания растений.

За 25 лет существования сеяного фитоценоза содержание доступного для растений К в корнеобитаемом горизонте увеличивается: в кислотной вытяжке — с 2,1 до 6,9 мг K_2O /100г, обменного — с 1,01 до 1,88 мг-экв/100г в результате биогенной аккумуляции в гумусе [10].

Оценка биопродуктивности сеяного фитоценоза в ходе мониторинга свидетельствует об обеспеченности растений элементами биогенами (см. рис. 1).

Сеяный фитоценоз, как и любая экосистема, с течением времени претерпевает изменения. Обогащение видового состава, отмеченное во втором десятилетии существования сеяного фитоценоза, идет за счет типичных луговых растений, однако доминирующее положение в травостое, по-прежнему, занимают сеяные злаки, (рис. 2, Б). образующиеся при создании сеяного фитоценоза биогеохимические потоки постепенно «срастаются» с естественными биогеохимическими потоками; происходит подселение видов местной флоры и формирование ярусной структуры. К концу второго десятилетия по данным морфологического описания в растительном покрове присутствуют 46 видов сосудистых растений местной флоры.



Рис. 2. Внешний вид откосов отвалов отходов рудообогатения: А – до создания сеяного фитоценоза; Б – 10 лет существования сеяного фитоценоза (луговое сообщество); В – 30 лет существования сеяного фитоценоза (лесное сообщество)

На основании геоботанических исследований сеяного фитоценоза на тестовом объекте выделены следующие стадии сукцессии сеяного фитоценоза: луговое и лесное сообщество (рис. 2 Б, В). В начале четвертого десятилетия растительное сообщество представлено 76 видами из 54 родов и 35 семейств.

Увеличение видового разнообразия в ходе сукцессии, усложнение связей внутри фитоценоза, появление ярусной структуры за счет активного внедрения местных видов, в том числе деревьев и кустарников приводит к формированию фитоценоза со структурой окружающего природного ландшафта [3].

Другими словами, анализ данных многолетнего мониторинга при восстановлении нарушенных земель техногенных ландшафтов в соответствии с концепцией естественного почвообразования свидетельствует об основообразующей роли растительного покрова и горной породы в формировании биогенно-гумусо-аккумулятивного горизонта, при этом в результате образования биологически активной среды темпы формирования биогенно-гумусо-аккумулятивного горизонта на порядок выше, чем при самовосстановлении.

Формирование биогенно-гумусо-аккумулятивного горизонта является показателем биологической организации горной породы. Гумус, специфическое органическое вещество, депонирует элементы-биогены в виде органо-минеральных комплексов, при минерализации гумуса элементы питания из труднодоступных форм превращаются в легкодоступные для растений. Эволюционно вы-

рабочая целесообразность биогенно-гумусо-аккумулятивного горизонта – сохранение устойчивого самовоспроизводства биоты.

Сеяный фитоценоз, выступая как системообразующая структура, создает условия для значительно более быстрого, чем при самозарастании, формирования фитоценоза со структурой окружающего природного ландшафта. Формирование фитоценоза со структурой окружающего природного ландшафта свидетельствует о восстановлении экосистемных функций территории и возвращении нарушенных земель техногенных ландшафтов биосферному фонду.

Таким образом, основным базовым положением возвращения нарушенных земель техногенных ландшафтов биосферному фонду является восстановление нарушенных земель в соответствии с концепцией естественного почвообразования созданием сеяного фитоценоза без нанесения плодородного слоя для образования биологически активной среды, обеспечивающей значительно более быстрое, чем при самовосстановлении, формирование биогенно-гумусо-аккумулятивного горизонта, выполняющего главные экосистемные функции: синтез и разложение органического вещества, депонирование элементов-биогенов и создающего условия для перехода в ходе сукцессии сеяного фитоценоза к фитоценозу со структурой окружающего природного ландшафта. Увеличение биоразнообразия обеспечивает увеличение экологической емкости и восстановление экосистемных функций территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Global Biodiversity Outlook 2*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Montreal. 2006 (<http://www.biodiv.org/gbo2/default.shtml>)

2. *Месяц С.П.* Восстановление почвенно-экологических функций территории – концептуальная модель адаптивных технологий восстановления нарушенных земель // *Экология антропогена и современности: природа и человек: Сборник научных докладов, представленных на международную конференцию*, — Волгоград-Астрахань, 24-27 сентября 2004 г. – СПб.: «Гуманистика», 2004. – С.398-408

3. *Месяц С.П., Волкова Е.Ю.* Базовые положения стратегии возвращения нарушенных земель техногенных ландшафтов биосферному фонду // *Экология ресурсопользования: ГИАБ.*– М.: изд. «Горная книга». — 2014. — спец.вып. – С.3-11

4. *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.

5. Вихман М.И. Экологические основы формирования продуктивных и устойчивых агросистем на Кольском Севере: автореферат дисс...д-ра биол.наук: 03.02.08. – Петрозаводск, 2011. – 51 с.

6. Месяц С.П., Румянцева Н.С., Волкова Е.Ю. Динамика формирования биогенно-гумусо-аккумулятивного слоя молодых почв при создании сеяного фитоценоза на отвалах отходов рудообогашения // Сб. докладов VIII Всероссийской конференции «Освоение Севера и проблемы природовосстановления», 24-26 мая 2011 г. Сыктывкар, 2011, С.69-75.

7. Ганза Н.А., Месяц С.П., Румянцева Н.С., Волкова Е.Ю., Бочаров А.Н. Создание биогеобарьера для сохранения техногенных месторождений и улучшения природной среды на примере предприятий Кольского ГПК // Горный журнал, 2010, №9, с. 98-101.

8. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М.: Наука, 1965. – 373 с.

9. Месяц С.П., Остапенко С.П. Методический подход к изучению биохимического круговорота элементов при восстановлении нарушенных земель. Экологическая стратегия развития горнодобывающей отрасли – формирование нового мировоззрения в освоении природных ресурсов: сб. докл. Всеросс. науч. — техн. конф. с участием иностранных специалистов, 13-15 окт. 2014г.: В 2 т./ Российская академия наук, Горный ин-т Кольского научного центра РАН. — Т.1 – Апатиты; СПб.: «Реноме», 2014. — С.340-344.

10. Мельников Н.Н., Месяц С.П., Волкова Е.Ю. Методологический подход к решению проблемы восстановления экосистемных функций техногенных ландшафтов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. — №6. — С. 190-198

11. Ленинджер А. Биохимия. Пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 95 с.

12. Месяц С.П., Румянцева Н.С., Волкова Е.Ю., Чижикова Н.П. Исследование структуры и минералогической составляющей молодых почв, формирующихся на отвалах отходов рудообогашения в результате создания сеяного фитоценоза // Сб. докладов VIII Всероссийской конференции «Освоение Севера и проблемы природовосстановления», 24-26 мая 2011 г. Сыктывкар, 2011, С.75-83. **ГЛАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Месяц Светлана Петровна – заведующая лабораторией, mesyats@goi.kolasc.net.ru,

Румянцева Наталья Сергеевна – ведущий технолог,

Волкова Елена Юрьевна – ведущий технолог,

Горный институт Кольского научного центра Российской академии наук.



ENVIRONMENT-CREATING ROLE OF BIOTA AND ROCKS IN REMEDIATING MINING-INDUCED LANDSCAPES

Mesyats S.P., Mining Institute of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Head of Laboratory of geocotechnologies, mesyats@goi.kolasc.net.ru, Russia,
Rumyantseva N.S., Leading technologist, Mining Institute of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Russia,
Volkova E.Y., Leading technologist, Mining Institute of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Russia.

Analysis of long-term monitoring data during rehabilitating damaged lands of mining-induced landscapes through forming seeded phytocenosis without applying a fertile layer (in accordance with a concept of natural soil-formation) indicates environment-creating role of vegetable cover and rocks in forming biogenic-humus-accumulative horizon as an indicator of biological organization of rocks. The basic thesis for returning damaged lands to biospheric fund is remediation of damaged lands in accordance with the concept of natural soil-formation through forming seeded phytocenosis without applying a fertile layer with the aim to create biologically active environment providing much more rapid formation of biogenic-humus-accumulative horizon compared to self-growing. The biogenic-humus-accumulative horizon performs basic ecosystemic functions such as synthesis and decay of organic substances and deposition biogenic elements. Seeded phytocenosis serves as backbone structure and creates conditions for much more rapid formation of phytocenosis with a structure of surrounding landscape compared to self-growing. Increase in biological diversity during succession elevates ecological capacity of a territory and indicates remediation of its ecosystemic functions.

Key words: mining-induced landscapes, remediation, biota, rock, seeded phytocenosis, formation, biogenic-humus-accumulative horizon, biogenic elements, settling, local kinds

REFERENCES

1. Global Biodiversity Outlook 2. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Montreal. 2006 (<http://www.biodiv.org/gbo2/default.shtml>)
2. Mesyats S.P. *Vosstanovlenie pochvenno-jekologicheskij funkcij territorii – konceptual'naja model' adaptivnyh tehnologij vosstanovlenija narushennyh zemel'* (Restoration of soil ecological functions of the site – conceptual model of adaptive technologies to restore disturbed lands) // *Jekologija antropogena i sovremennosti: priroda i chelovek. Sbornik nauchnyh dokladov, predstavlenykh na mezhdunarodnuju konferenciju, Volgograd-Astrahan', 24–27 sentjabrja 2004, SPb.: «Gumanistika», 2004. pp. 398–408.*
3. Mesyats S.P., Volkova E.Ju. *Bazovye polozenija strategii vozvrashhenija narushennyh zemel' tehnogennyh landshaftov biosfernomu fondu* (Basic provisions of the strategy of returning disturbed land of technogenic landscapes of the biosphere Foundation) // *Jekologija resursopol'zovanija: GIAB. Otdel'nye stat'i (spec.vyp.)*. Moscow: izd. «Gornaja kniga», 2014. No 12. pp. 3–11.
4. Mesyats S.P., Mel'nikov N.N. *Koncepcija i tehnologicheskie reshenija vosstanovlenija narushennyh zemel' gornopromyshlennogo kompleksa* (The concept and technological solutions for restoration of disturbed land mining complex) // *Formirovanie osnov sovremennoj strategii prirodnopol'zovanija v Evro-Arkticheskom regione*. Apatity: Izd-vo Kol'skogo nauchnogo centra RAN. 2005. pp. 357–364.
5. Vikhman M.I. *Ekologicheskie osnovy formirovanija produktivnyh b ustojchivyh agrosistem na Kol'skom Severe* (Ecological bases of formation of productive and sustainable agricultural systems in the Kola North): avtoreferat diss...d-ra boil.nauk: 03.02.08. Petrozavodsk, 2011. 51 p.
6. Mesyats S.P., Rumjanceva N.S., Volkova E.Ju. *Dinamika formirovanija biogennogumuso-akkumuljativnogo sloja molodyh pochv pri sozdanii sejanogo fitocenoza na otvalah*

otvodov rudoobogashhenija (Dynamics of formation of the biogenic-Gumus-accumulative layer of young soil when creating a seeded plant dumps waste radiobulgaria) //Sb. dokladov VIII Vserossijskoj konferencii «Osvoenie Severa i problemy prirodovosstanovlenija», 24–26 maja 2011. Syktyvkar, 2011, pp. 69–75.

7. Ganzha N.A., Mesyats S.P., Rumjanceva N.S., Volkova E.Ju., Bocharov A.N. *Sozdanie biogeobaŕera dlja sohranenija tehnogennyh mestorozhdenij i uluchshenija prirodnoj sredy na primere predpriyatij Kol'skogo GPK* (Create biogeographer for the preservation of technogenic deposits and improve the natural environment on the example of Kola GPK) // Gornyj zhurnal, 2010, No 9, pp. 98–101.

8. Vernadskij V.I. *Himicheskoe stroenie biosfery Zemli i ee okruženija* (Chemical structure of Earth biosphere and its environment). Moscow: Nauka, 1965. 373 p.

9. Mesyats S.P., Ostapenko S.P. *Metodicheskij podhod k izucheniju biogeohimicheskogo krugovorota jelementov pri vosstanovlenii narushennyh zemel'. Jekologičeskaja strategija razvitija gornodobyvajushhej otrasli, formirovanie novogo mirovozzrenija v osvoenii prirodnyh resursov* (Methodological approach to the study of the biogeochemical cycle of elements in the restoration of disturbed lands. Ecological strategy of mining industry, formation of the new worldview in natural resources development): sb. dokl. Vseross. nauch. — tehn. konf. s uchastiem inostrannyh specialistov, 13–15 okt. 2014.: V 2 t./ Rossijskaja akademija nauk, Gornyj in-t Kol'skogo nauchnogo centra RAN. T.1. Apatity; SPb.: «Renome», 2014. pp. 340–344.

10. Mel'nikov N.N., Mesyats S.P., Volkova E.Ju. *Metodologičeskij podhod k rešeniju problemy vosstanovlenija jekosistemnyh funkcij tehnogennyh landshaftov* (Methodological approach to solving the problem of restoring the ecosystem functions of technogenic landscapes) //Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh. 2014. No 6. pp.190–198.

11. Lehninger A. *Biochimija* (Biochemistry) / Per. s angl. Moscow: Mir, 1976. – 95 p.

12. Mesyats S.P., Rumjanceva N.S., Volkova E.Ju., Chizhikova N.P. *Issledovanie struktury i mineralogičeskaj sostavljajushhej molodyh pochv, formirujushhihsja na otvalah othodov rudoobogashhenija v rezul'tate sozdanija sejanogo fitocenoza* (The study of the structure and mineralogical component of the young soil formed on the dumps of waste rudobashta in the establishment of seeded plant) //Sb. dokladov VIII Vserossijskoj konferencii «Osvoenie Severa i problemy prirodovosstanovlenija», 24–26 maja 2011, Syktyvkar, 2011, pp. 75–83.