

Голубев Дмитрий Андреевич

инженер,
Дальневосточный
научно-исследовательский институт
лесного хозяйства
г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 158,
Тел. +7 9242246594
e-mail: poet.golubev@mail.ru

Крупская Людмила Тимофеевна

доктор биологических наук, профессор,
Заслуженный эколог РФ,
главный научный сотрудник
Дальневосточный научно-исследовательский
институт лесного хозяйства;
профессор кафедры экологии,
ресурсопользования и безопасности
жизнедеятельности
Тихоокеанский государственный университет
Тел. +7 9241067708,
E-mail: ecologyia2010@yandex.ru

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ
ГОРНЫМИ РАБОТАМИ ЗЕМЕЛЬ В
ДФО**

Аннотация:

В статье рассмотрены перспективные технологии рекультивации нарушенных горными работами земель в ДФО. Обобщены результаты экспериментальных исследований в оранжерее и производственных условиях по изучению воспроизводства биологической продуктивности и восстановления почвенного плодородия с использованием комплекса метаболического потенциала биологических объектов для обеспечения экологической и социальной их безопасности.

Ключевые слова: рекультивация, нарушенные земли, биоремедиация, биологическая продуктивность, отходы переработки минерального сырья

Dmitri Andreevich Golubev

Federal Budget Institution "Far Eastern Research
Institute of Forestry (FBU" Dal NIILH "),
engineer
Khabarovsk, ul. Tihookeanskaya, 158
Tel. +7 9242246594
e-mail: poet.golubev@mail.ru

Krupskaya Lyudmila Timofeevna

Sc.D., Professor, Honored Russian ecologist
Federal Budget Institution "Far Eastern Research
Institute of Forestry (FBU" Dal NIILH "),
Chief Scientist
Pacific National University (PNU),
professor of ecology,
resource management and life safety
Tel. +7 9241067708
e-mail: ecologyia2010@yandex.ru

**ADVANCED TECHNOLOGIES OF
RECLAMATION LANDS DISTURBED
BY MINING IN the FEFA**

Abstract:

The article examines advanced technologies of reclamation lands dicturbed by mining operations in the of FEFA. The results of experimental studies in the greenhouse and production conditions for studying reproduction of biological productivity and soil fertility reconstruction using complex metabolic potential of biological objects to ensure environmental and social safety are generalized.

Keywords: reclamation, disturbed lands, bioremediation, biological productivity, wastes of mineral processing

По образному выражению академика В.И. Вернадского (1940), человечество превратилось в мощную геологическую силу, трансформирующую окружающую среду и преобразующую ландшафты. Известно, что освоение твердых полезных ископаемых способствует интенсивному загрязнению природной среды не только посредством химического загрязнения экосистем, но и физико-механического нарушения почвенно-растительного покрова. Особую опасность представляют техногенные системы (нарушенные земли, отвалы, дражные полигоны, хвостохранилища и др.). В связи с этим цель исследования состояла в изучении воспроизводства биологической продуктивности и восстановления почвенного плодородия на нарушенных горными работами землях с использованием комплекса метаболического потенциала биологических объектов для обеспечения экологической и социальной их безопасности. Сформулированы следующие задачи: 1) проанализировать, обобщить и систематизировать существующие ре-

зультаты исследования в России и материалы патентного поиска по названной проблеме; 2) оценить влияние источников техногенного загрязнения на экосистемы; 3) провести экспериментальные исследования в оранжерее и производственных условиях по воспроизводству биологической продуктивности нарушенных хвостохранилищем ОАО «Солнечного ГОКа» земель с использованием смешанного корокомпоста из лесопромышленных отходов.

Объекты и методы исследования. Исследования проведены в течение 1988 – 2013 гг., объектом послужили техногенные системы. Эксперименты проведены в оранжерее ДальНИИЛХ и в производственных условиях. Методологической основой явилось учение академика В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере [1, 2] и основные положения, изложенные в программе и методике изучения техногенных биогеоценозов Б.П. Колесниковым и Л.В. Моториной [3].

Результаты исследования. В настоящее время уже пройден поисковый, начальный этап разработки вопросов восстановления продуктивности нарушенных земель и накоплен обширный фактический материал [1 – 8, 12, 14, 15, 17]. Однако необходима систематизация и обобщение этой информации для построения основ общей теории рекультивации техногенных ландшафтов. Целенаправленное воспроизводство продуктивности техногенных ландшафтов особенно актуально для юга Дальнего Востока, где ощущается дефицит плодородных почв, мощность которых не превышает 10 см. Однако здесь темпы рекультивации крайне низки (0,001 % от всей площади нарушения) [5 и др.].

Анализируя литературные данные [2 – 9, 12, 14, 17 и др.], следует сказать, что практически отсутствуют публикации научно-исследовательских работ, содержащие конструктивные критические оценки существующей рекультивационной практики и практического применения альтернативных методов и технологий рекультивации на территории рассматриваемого региона. В настоящее время применяемый в производственной практике термин "рекультивация", на наш взгляд, не слишком корректен. Согласно межгосударственному стандарту, соответствующему СТ СЭВ 3848-82 (ГОСТ 17.5.1.01-83) [10] (дата введения 1984-07-01), рекультивация – комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества. Однако в этом определении место почве как фундаменту, базису любой наземной экосистемы, выполняющей биосферные функции, не находится. И не случайно, на рекультивируемых площадях в ДФО (где проведен технический этап, предусматривающий только планировку) создается, как правило, растительный покров с низкой продуктивностью, не обеспечивающий экологическую безопасность нарушенных в процессе освоения минерального сырья земель. Недостаточная проработанность методологии обоснования и принятия решений в области природоохранной деятельности предприятий минерально-сырьевого комплекса в ДФО является причиной невозможности обеспечения должного качества окружающей среды здесь, в том числе рекультивационных работ. Тем более, что в исследуемом регионе не проводится биологический этап рекультивации. И не случайно продуктивность восстановленных земель в целом значительно ниже, чем была до их нарушения.

Авторы согласны с мнением И.М. Гаджиева, В.А. Андроханова [11], что только почвенные параметры с заданными свойствами позволяют добиться определенного уровня восстановления почвенно-экологических функций. Анализ литературных источников [3 – 17 и др.] и современной экологической ситуации в горнопромышленных районах ДФО позволяет утверждать необходимость проведения комплексного восстановления нарушенных экосистем с учетом биоклиматических особенностей региона, экологических, почвенных и хозяйственных параметров. На этой основе можно предложить следующее определение рекультивации земель: это комплекс мероприятий, направленный на улучшение ландшафта, включающий восстановление всех его абиотических, в том числе почвенно-экологических, функций, а также биотических компо-

нентов, нарушенных горными работами, создание на их месте биологически продуктивных и рационально организованных элементов культурных антропогенных биогеоценозов.

Изучение и анализ международного правового опыта развитых промышленных стран показывает, что проблема рекультивации решается успешно [11 и др.].

В южной части ДФО освоением твердых полезных ископаемых нарушено более 750 000 га продуктивных земель, оказывающих негативное влияние на среду обитания. Наиболее актуальными для ДФО являются исследования по рекультивации техногенных образований с использованием биоремедиации, т.е. комплекса методов с использованием метаболического потенциала биологических объектов – растений, грибов, микроорганизмов, насекомых, червей и других организмов [12]. Ее преимущества заключаются в относительно низкой себестоимости проводимых работ по сравнению с традиционными методами и безопасностью для окружающей среды, а также возможностью экстракции ценных веществ из зеленой массы растений (Ni, Au, Cu) и возможностью мониторинга процесса очистки почвогрунтов от тяжелых металлов.

При оценке отходов горнорудного производства как источника негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека на примере хвостохранилища бывшего Солнечного ГОКа учитывался их минеральный и вещественный состав. Исследованиями установлено очень высокое содержание сульфидной серы, общий объем которой в хвостохранилище составляет 21 000 т, при среднем ее содержании 2,16 %. Характерная геохимическая особенность «хвостов» – это значительные концентрации в них токсичных химических элементов: меди (свыше 4 000 г/т), мышьяка (более 2 000 г/т), свинца (около 1500 г/т) и др. Кратность превышения максимальных концентраций загрязняющих веществ колебалась от 16 до 80 раз. Ранее полученными результатами показано, что загрязнение воздушного бассейна отходами обогащения, например в поселке Солнечный, по аэрозолям сульфат-ионов, токсичной пыли, тяжелым металлам относится к экстремально высокому уровню [9, 15, 17 и др.].

Микроэлементный состав снежного покрова как индикатор техногенного загрязнения представлен в табл. 1. Установлено превышение не только фоновых содержаний тяжелых токсичных металлов (Pb, Mn, Cu, Cr, Co, Ni, Cd) в почвах, водах и растительности, но и ПДК. Суммарный коэффициент загрязнения в районе исследования составлял более 140. Наши исследования свидетельствуют о цитогенетическом изменении в клетках растений-биоиндикаторов (тест-системы «Стерильность пыльцы», например, или «Ростовой тест»). Выявлена прямая корреляционная зависимость между концентрацией подвижных форм тяжелых металлов (ТМ) в почвах зоны влияния отходов переработки минерального сырья и стерильностью пыльцы. При увеличении техногенного загрязнения ТМ она возрастает и достигает 22 %. Состав микрофлоры, структура и функционирование микробоценозов нарушены.

Таблица 1

Микроэлементный состав снежного покрова (водорастворимая фракция), отобранного в зоне влияния хвостохранилища ЦОФ ОАО «Солнечный ГОК»

Показатель	Cu	Pb	Cd	Mn	Ni	Co	Cr	Sb
С _{ср} , мг/дм ³	0,0205	0,0028	0,0075	0,038	0,004	0,0025	0,0075	0,012
ПДК	0,001	0,006	0,005	0,01	0,01	0,01	0,02	-

Ранее выполненными исследованиями установлено, что загрязнение экосистем, обусловленное миграций тяжелых металлов в почвенном профиле, вызывает ухудшение здоровья, особенно детей и пожилых людей, в горняцком поселке Солнечный Хабаровского края. На основе изучения архивных данных и статистической информации о

заболеваемости в исследуемом районе установлено, что загрязнение токсичными элементами объектов окружающей среды увеличивает число заболеваний органов дыхания, нервной системы, системы кровообращения, пищеварения. Важное значение при индикации экологического состояния территории имеют онкологические заболевания, что может быть обусловлено присутствием в районе исследования канцерогенных элементов – As, Sb, Hg. Особого внимания требует детское население, поскольку дети наиболее уязвимы и чувствительны к действию химических агентов вообще (рис. 1) [8, 15]. В связи с негативным влиянием отходов переработки минерального сырья на среду обитания возникает необходимость обеспечения их экологической безопасности.

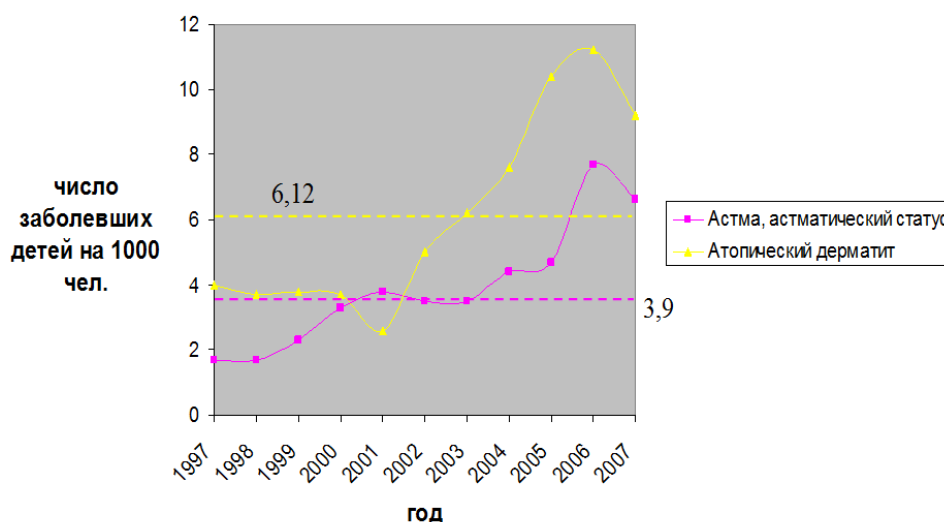


Рис. 1 – Распространенность заболеваний астмой и атопическим дерматитом (дети до 14 лет)

Нами впервые в 1988 г. для условий ДФО совместно с сотрудниками института ВНИИОСуголь (г. Пермь) опробована технология ускоренной рекультивации нарушенных горными работами земель путем бактериализации семян бобово-злаковой травосмеси (клевер белый + тимopheевка луговая) бактериальной культурой почвенных микроорганизмов и полива гуминовыми препаратами на площади более 400 га [16 и др.]. Исследования показали [5], что микробные ассоциации на отвалах 10 – 12-летнего возраста близки по составу к таковым в естественных почвах. В «молодых» почвах 25-летних отвалов, особенно в подстилке, они практически не отличаются от зональных почв, например, приуроченных к Хернучинскому, Кербинскому и другим приискам.

Сущность предлагаемой нами технологии заключается в проведении на техническом этапе разравнивания и планировки поверхности отвалов, рыхлении поверхности дисковой бороной на глубину корнеобитаемого слоя растений, внесении угольных отходов, посеве семян бобово-злаковой травосмеси (клевер белый + тимopheевка луговая), бактериализация которых осуществлена бактериальной культурой почвенных микроорганизмов, и поливе посевов гуминовыми препаратами.

В течение 2011 – 2013 гг. проведена ревизия рекультивированных в 1988 г. площадей в бывшем Кербинском прииске и действующем Корфовском каменном карьере. Установлено, что здесь сформировались сложные многовидовые сообщества. Господствующее положение занимает древесная растительность с сомкнутостью до 0,8 – 0,9. Практически завершилось формирование фитоценоза по ярусности и его сомкнутости. Доминирует типично вторичная таежная растительность, под пологом которой возобновляются хвойные породы. Проективное покрытие составляет до 80 %. Флористический состав более разнообразный на рекультивированных участках по сравнению с нереккультивированными. Рекультивация по предлагаемой технологии способ-

ствовала восстановлению почвенно-экологических функций, что позволяет эффективно развиваться всем компонентам нарушенных экосистем [15 – 16].

Перспективной является предложенная нами технология рекультивации хвостохранилищ, содержащих токсичные отходы переработки минерального сырья, с использованием смешанного корокомпоста из лесопромышленных отходов, новизна которой подтверждена патентом РФ от 10 июля 2013 г. Сущность ее состоит во внесении в субстрат (токсичные отходы) оптимальной дозы смешанного корокомпоста, которая подобрана экспериментальным путем исходя из санитарно-экологических свойств субстрата и достижения наивысшей продуктивности создаваемого фитоценоза на поверхности хвостохранилища. Для этого смешанный корокомпост из измельченной коры ели, лиственницы и березы в разном количестве вносился на поверхность отходов. Наилучшие результаты (по биомассе) получены в варианте с внесением смешанного корокомпоста в количестве 30 % под бобово-злаковую травосмесь (урожайность составила 218 ц/га) по сравнению с другими вариантами (например, 10 и 20 %), что хорошо видно на рис.2. В контроле всходы отсутствовали.

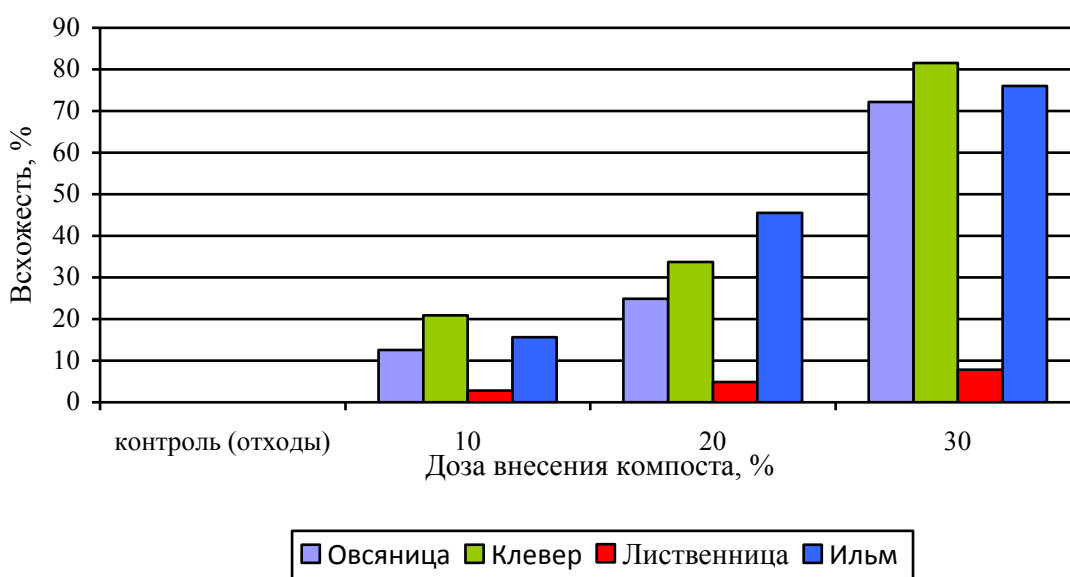


Рис. 2 – Всхожесть растений

В варианте с внесением 30 % смешанного корокомпоста содержится достаточное количество энергетических веществ (до 40 % органического материала) и питательных веществ, что способствовало ускоренной биологической переработке. Произошло связывание тяжелых металлов токсичных отходов углеродом органического вещества и иммобилизация основного их количества до неопасных пределов. Предлагаемая технология является более эффективной, так как позволяет увеличить продуктивность искусственного фитоценоза и одновременно улучшить санитарно-экологические свойства субстрата за счет изменений в нужных направлениях рецептуры смешанного корокомпоста. Опыт снижения токсичности отходов горнорудного производства с помощью смешанного корокомпоста является весьма перспективным. Он позволяет обеспечить благоприятные условия для восстановления лесной растительности на территориях, нарушенных горнодобывающими предприятиями, используя доступные компоненты, такие как кора хвойных и лиственных древесных пород, которые являются лесопромышленными отходами.

Экономическая эффективность предлагаемой технологии составляет около 50 тысяч рублей с одного гектара.

Рекомендации находятся в стадии разработки.

Использование биоремедиации в процессе проведения рекультивации нарушенных земель, загрязненных токсичными тяжелыми металлами, является наиболее предпочтительным по сравнению с традиционной технологией вследствие своей экологической безопасности, низкой себестоимости работ и достаточно высокой эффективности. Поэтому разработка и внедрение в практику эффективных технологий биоремедиации почвогрунтов, загрязненных ТМ, крайне актуальна.

В марте 2013 г. разработка была представлена на Международной технической ярмарке в Санкт-Петербурге и удостоена золотой медали и диплома первой степени за лучший инновационный проект и лучшую научно-техническую разработку 2013 года.

Литература

1. Вернадский В.И. Живое вещество / В.И. Вернадский. - М.: Наука, 1978. - 357 с.
2. Вернадский В.И. Биогеохимические очерки. 1922-1932 гг. / В.И. Вернадский. - М.: Изд-во АН СССР, 1940. - 250 с.
3. Колесников Б.П. Методы изучения биогеоценозов в техногенных ландшафтах / Б.П. Колесников, Л.В. Моторина // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. - М.: Наука, 1978. - С. 5 - 21.
4. Колесников В.П. Исследования по рекультивации техногенных ландшафтов промышленных отвалов на Урале / Б.П. Колесников и др. // Рекультивация ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью: докл. VI междунар. симпоз. - М., 1976. - С. 17 - 23.
5. Крупская Л.Т. Охрана и рациональное использование земель на горных предприятиях Приамурья и Приморья / Л.Т. Крупская. - Хабаровск: Приамурское геогр. общество, 1992. - 175 с.
6. Елпатьевская В.П. Роль горнодобывающего производства в трансформации окружающей среды (юг Дальнего Востока) / В.П. Елпатьевская // География и природные ресурсы. - 1996. - № 3. - С. 53 - 62.
7. Галченко Ю.П. Основные положения концепции экологической безопасности горного производства в условиях устойчивого развития природы и общества / Ю.П. Галченко // Научные и практические аспекты добычи цветных и благородных металлов: доклад международного совещания. - Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 2000. - Т. 2. - С. 393 - 400.
8. Зверева В.П. Горнопромышленная техногенная система Дальнегорского района Дальнего Востока и ее воздействие на экосферу / В.П. Зверева, Н.В. Зарубина // Геоэкология, инженерная геология. гидрогеология. Геокриология. - 2008. - № 6. - С. 500 - 505.
9. Растинина Н.К. О роли экологических факторов в изучении здоровья населения горняцких поселков на юге Дальнего Востока / Н.К. Растинина, Л.Т. Крупская // Экология и промышленность России. - 2008. - № 12. - С. 56 - 57.
10. Межгосударственный стандарт СТ СЭВ 3848-82 (ГОСТ 17.5.1.01-83). Охрана природы: рекультивация земель. Термины и определения. - М., 1983. - 9 с.
11. Гаджиев И.М. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель / И.М. Гаджиев, В.М. Курачев, В.А. Андроханов. - Новосибирск: ЦЭРИС, 2001.
12. Kalin M. Ecological engineering: evidence of an able concept / M. Kalin. - Fudam. and Appl. Biohydromet., Proc. 6 Int. Symp. Biohydromet. - Vancouver, Aug. 21-24. - 1985. - Amsterdam, 1986. - P. 489 - 490.
13. Микроэлементы в окружающей среде. Биогеохимия, биотехнология и биоремедиация / ред. М.Н.Прасад, К.С.Саджван. - М.: Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 816 с.

14. Ивашов П.В. Биогеохимические и экологические исследования природных и техногенных экосистем Дальнего Востока / отв. ред. П.В. Ивашов. - Владивосток, 1996. – 191 с.
15. Крупская Л.Т. Оценка риска для здоровья населения, связанного с загрязнением атмосферного воздуха в районе хвостохранилища ЦОФ Солнечного ГОКа / Л.Т.Крупская, Н.К.Растанина // Горный информационно-аналитический бюллетень. Отдельный выпуск. – 2007. – ОВ № 15. - С. 318 – 323.
16. Красавин А.П. Временная инструкция по применению технологии ускоренной рекультивации нарушенных земель без нанесения плодородного слоя почвы с использованием препарата гуминовых кислот и активных штаммов микроорганизмов в Приморье и Приамурье / А.П.Красавин, А.Н.Хорошевич, Л.Т.Крупская, Е.В.Новикова. - Владивосток: Дальнаука, 1990. – 12 с.
17. Мамаев Ю.А. Обоснование общей модели рекультивации поверхности хвостохранилища ЦОФ Солнечного ГОКа ООО «Востоколово») / Ю.А.Мамаев, Л.Т. Крупская, Б.Г. Саксин // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2007. - № 1. - С. 187 - 194.