

## Ландшафтно-экологические и популяционные аспекты стратегии восстановления нарушенных земель

А. К. МАХНЕВ, Н. Е. МАХНЕВА

Ботанический сад УрО РАН  
620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а  
E-mail: afrmah@rambler.ru

### АННОТАЦИЯ

Дана краткая характеристика основных этапов формирования стратегии восстановления нарушенных промышленностью земель и их мониторинга, приводятся примеры ее позитивного использования.

**Ключевые слова:** нарушенные промышленностью земли, стратегия восстановления, направление биологической рекультивации, культурдендроценоз, естественное возобновление.

Исследования в области биологической рекультивации, или в более широком смысле восстановления (реабилитации), нарушенных земель прошли несколько последовательных этапов, включающих все более сложные задачи, адекватные расширению сферы промышленного производства и включению в него новых в природно-климатическом отношении регионов.

Цель данной работы – сделать краткий обзор основных этапов формирования стратегии восстановления нарушенных промышленностью земель с приведением примеров ее корректной реализации на крупных объектах.

Исследования земель, нарушенных промышленностью, несколько раньше начались в промышленно развитых странах. В частности, в СССР работы в области рекультивации земель, нарушенных промышленностью, начались еще со второй половины 50-х гг. [1]. На этом этапе впервые сформировано научное направление “биологическая рекультивация нарушенных земель” и дано толкование используемых научных терминов [2, 3].

На втором этапе, окончательно сложившемся уже в послевоенные годы XX в., наряду с традиционным ранее сельскохозяйственным направлением получило развитие перспективное в крупных промышленных центрах санитарно-гигиеническое направление биологической рекультивации нарушенных земель, ставшее неизбежным в условиях хронического загрязнения промышленными выбросами воздуха и почв. Поэтому для улучшения экологической ситуации становится весьма актуальным зеленое строительство, особенно на промплощадках и в санитарно-защитной зоне крупных промышленных предприятий, где растительность выполняет функцию зеленого фильтра [4]. Таким образом, потребовалась разработка ассортимента газостойчивых растений и типов насаждений [5–7], а также физиологических аспектов устойчивости растений [8–11]. Примечательно, что на данном этапе, ознаменовавшемся рядом крупных фундаментальных исследований, в различных регионах Союза сформировались оригинальные научные школы, в том числе в Сибири (Новосибирск), на Дальнем Востоке, в Украине (Донецк, Кривой Рог), Эстонии [1] и на Урале – уральская школа, пред-

Махнев Африкан Кузьмич  
Махнева Наталья Евгеньевна

ставленная сотрудниками Уральского государственного университета им. А. М. Горького, а также Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР. В данной научной школе впервые сформировалось оригинальное научное направление по проблеме, получившее название “Промышленная ботаника” [12]. В рамках этого направления создавались и изучались в порядке мониторинга многочисленные культурфитоценозы и естественные фитоценозы на нарушенных землях разных категорий [13], необходимая классификация которых также была своевременно разработана [14]. В результате обширных фитоценологических исследований убедительно показано, что естественный восстановительный потенциал растительности на нарушенных землях весьма высок и, как правило, во всех природных районах идет по зональному типу [13, 15, 16].

К концу второго этапа благодаря накопленным данным исследования в области промышленной ботаники вышли на новые популяционно-экологический и ландшафтно-экологический уровни [17] и было показано, что рекультивацию целесообразно рассматривать как одну из задач ландшафтного строительства [18].

В рамках третьего этапа получили свое развитие популяционно-экологические аспекты промышленной ботаники. В частности, соответствующие исследования по отдельным лесобразующим видам: сосне обыкновенной *Pinus sylvestris* L. [19, 20], березе *Betula pendula* Roth и др. [21, 22] выполнены в Институте экологии растений и животных УНЦ АН СССР. Показано, что наблюдается сравнительно высокая внутри- и межпопуляционная изменчивость лесобразующих видов по устойчивости к промышленному загрязнению, что свидетельствовало о перспективности соответствующих генетико-селекционных работ. Так, например, установлено наличие в Сибири устойчивых к фтору популяций лиственницы даурской (*Larix dahurica* Turcz. ex Trautv.) [23] и березы повислой (*Betula pendula* Roth) в Северном Казахстане [6]. Одновременно разработаны ландшафтно-экологическое районирование деградированных промышленных территорий [6, 24] и принципы экологического нормирования техногенно загрязненных наземных экосистем [25].

Тем не менее на обширных территориях Сибири и Крайнего Севера, в условиях которой методология и методы рекультивации нарушенных земель были разработаны еще сравнительно слабо [17], реализация традиционных подходов при рекультивации положительного эффекта не давала. Нарушенные земли, как правило, загрязнялись нефтью, токсичной для растений. Поэтому в процессе рекультивации нарушенных земель необходимо было обеспечить деградацию нефти в субстрате [26]. С этой целью все более эффективно использовались бактерии, естественно присутствующие в почвах или искусственно вводимые в нее активные штаммы [27, 28]. Накопленный опыт рекультивации и мониторинга нарушенных земель свидетельствовал о том, что, как уже отмечено, выражен процесс естественного восстановления растительности на нарушенных землях разных категорий, который идет по зональному типу [29–31].

Таким образом, с точки зрения социально-экономической значимости и в экологическом отношении все более актуальным и принципиально важным становится вопрос об определении корректной стратегии восстановления нарушенных земель с учетом природно-климатических и многочисленных других особенностей соответствующих объектов рекультивации.

Вопрос о выборе оптимальной стратегии восстановления нарушенных земель в связи с неуклонным увеличением их площади, особенно в районах интенсивной нефтегазодобычи, становится все более актуальным [32], что следует также из материалов Всероссийской научной конференции “Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель”, проходившей в июне 2007 г. в г. Екатеринбурге, основными научными направлениями которой были следующие:

- экологические основы биологической рекультивации нарушенных земель и итоги экспериментальных работ;
- мониторинг состояния антропогенных (техногенных) экосистем.

Анализ специальной литературы и материалов конференции [33] показывает, что проблема эта весьма актуальна, но представляется многоуровневой и сложной. Поэтому,

на наш взгляд, ее следует рассматривать в порядке очередности по значимости отдельных уровней. В этом случае на верхний уровень по социально-экономической значимости следует поставить выбор корректного направления рекультивации. В этом отношении в резолюции по итогам упомянутой конференции отмечено, что “в связи со сложившейся в России негативной обстановкой в области сельскохозяйственного производства необходимо переориентировать бывшее основным сельскохозяйственное направление рекультивации на санитарно-гигиеническое и другие направления, востребованные в данный период”.

Следующий весьма важный аспект проблемы, непосредственно вытекающий из результатов обобщения продолжительного опыта биологической рекультивации и мониторинга нарушенных земель, заключается в том, что при определении стратегии следует использовать дифференцированный подход, учитывающий региональные особенности природно-климатического комплекса. Так, например, в условиях Крайнего Севера (Республика Коми) с целью максимального использования естественного восстановительного потенциала природы и при этом минимизации риска обострения экологической ситуации возникла необходимость разработки особой концептуальной схемы природовосстановления техногенно нарушенных земель, что показано в работе И. Б. Арчеговой и др. [34]. Примечательно, что в данной схеме предусматривается на начальных этапах сингенеза обязательное частичное искусственное восстановление растительности с целью ускорения последующих стадий.

Напротив, в более благоприятных для растительности условиях, например южнотаежной подзоны и частично лесостепи, при рекультивации в эколого-экономическом отношении целесообразно в максимальной степени на всех стадиях сингенеза использовать природный восстановительный потенциал, поскольку естественное восстановление, как отмечено выше, в данных регионах идет интенсивно и по зональному типу. На Среднем Урале соответствующий пример можно наблюдать на отвалах асбестовского рудника (г. Асбест), на склонах которых естественным путем, особенно в его верхней части, сфор-



Рис. 1. Естественное возобновление древесных растений на внутреннем откосе Асбестовского карьера

мировалось смешанное хвойно-лиственное насаждение, явно предохраняющее отвал от эрозии. Интенсивное естественное возобновление древесных наблюдается здесь также на внутренних откосах карьера (рис. 1).

Завершающей, но далеко не последней ступенью в рассматриваемой иерархии стратегии восстановления нарушенных земель является корректный выбор его методов, что прежде всего зависит от особенностей категории нарушенных земель. На упомянутой конференции выяснилось, что в случае шаблонного подхода к использованию рекомендуемых методов может быть нанесен существенный вред природным экосистемам [35]. Так, например, в экстремальных условиях – на верховых олиготрофных грядово-мочажинных болотах, загрязненных нефтью, методы проведения реабилитационных работ должны основываться на так называемых мягких технологиях, не затрагивающих основной биопродуцирующий торфяной слой.

Однако известно, что в отдельных случаях очистка и биологическая рекультивация загрязненных нефтью болот более эффективны с помощью шокового метода сетевых взрывов [36].

В качестве примера, показывающего принципиальную важность корректного выбора метода и направления рекультивации, на наш взгляд, целесообразно представить результаты, полученные при рекультивации крупных золоотвалов, например Рефтинской ГРЭС [37]. Как известно, золоотвалы тепловых электростанций, работающих на углях,

по степени влияния на природный комплекс стоят в ряду наиболее опасных и вредных. Поэтому с социальной и экологической точек зрения вопрос о реабилитации такого нарушенного ландшафта возникает немедленно после выхода золоотвалов из эксплуатации. Что касается Рефтинского золоотвала № 1, имеющего площадь 450 га, то здесь, с учетом напряженной экологической ситуации в Асбестовско-Сухоложском промцентре [38], выбрано лесохозяйственное направление рекультивации. При этом учитывалось, что проведенные предварительно эксперименты и созданные производственные культурдендроценозы, а также опыт соответствующих работ, выполненных ранее на крупном Верхнетагильском золоотвале, показали возможность данного направления рекультивации в условиях золоотвалов [37]. Экспериментальные и производственные посадки, выполненные ручным и механизированным способом, позволили создать достаточно устойчивые и высокопродуктивные культурдендроценозы из хвойных и лиственных видов (рис. 2). Посадки производились в основном крупными блоками 500 × 50 м, расположенными в шахматном порядке. Толщина нанесенного почвогрунта на этих блоках (полосах) составляет 0,4–0,5 м, а межполосные пространства отсыпались почвогрунтом толщиной 10–15 см и предназначались для посева многолетних трав и последующего самозарастания с участием главных лесобразующих видов, таких как сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), листвен-



Рис. 2. Фрагмент культурдендроценоза *Pinus sylvestris* L. на золоотвале № 1 Рефтинской ГРЭС

ница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), березы (*Betula pendula* Roth, *B. pubescens* Ehrh.).

Кроме того, в экспериментальном порядке посадки ручным и механизированным способом производились здесь в полосы, имеющие ширину 4–8 м. Межполосные пространства почвогрунтом не отсыпались.

Последнюю оценку естественного возобновления лесобразующих видов на рекультивированном золоотвале Рефтинской ГРЭС выполняли в 2006 г. на 41 пробной площади (427 уч. пл. по 10 м<sup>2</sup>) в условиях следующих, сложившихся к этому времени экотопов:

1. Участки, не покрытые почвогрунтом (условно “чистая” зола), которые расположены около дамбы или на различном удалении от нее (от 10 до 100 м).

2. Площади, расположенные между полосами с посадками, в том числе имеющие сравнительно небольшую ширину – 4–8 м (не покрытые почвогрунтом) или значительно больше – до 50 м (покрытые почвогрунтом).

3. Площади, расположенные между рядами посадок сосны на широких 50-метровых полосах с нанесенным почвогрунтом толщиной 0,4–0,5 м.

По результатам мониторинга выявлено, что естественное возобновление идет успешно на “чистой” золе, в частности на площадях, расположенных с наветренной стороны золоотвала, где лучше условия для заноса семян. В условиях данного экотопа преимущественно возобновляются лиственные породы: белые березы (*Betula pendula*, *B. pubescens*) и осина (*Populus tremula* L.), а также ивы (*Salix* sp., включая *S. cinerea* L., *S. dasyclados* Wimm., *S. myrsinifolia* Salisb., *S. pentandra* L., *S. triandra* L., *S. viminalis* L., *S. caprea* L.) [39] (рис. 3).

Однако наиболее успешно естественно возобновляются указанные лиственные породы и частично сосна (*Pinus sylvestris* L.) на узких межполосных пространствах, где отсутствует обильный травяной покров и формируются благоприятный микроклимат и эдафические условия для всходов древесных растений [40].

На наиболее представительных экотопах, формирующихся в широких межполосных пространствах, на первоначальном 10-летнем этапе естественное возобновление, за небольшим исключением, выражено слабо, в том



Рис. 3. Естественное возобновление древесных растений на золоотвале № 1 Рефтинской ГРЭС

числе и лиственных пород. Это связано с тем, что на более открытом пространстве отсутствует затенение, что вызывает периодическое пересыхание поверхности нанесенных почвогрунтов, включающих тяжелый суглинок [37], ранний сход снега весной, а также отсутствуют семена древесных видов, поскольку посадки сосны и лиственницы еще только начали вступать в стадию семеношения. Кроме того, на данных экотопах золоотвала наблюдается обильное разрастание облепихи крушиновидной (*Hippophaë rhamnoides* L.), местами ив, а также донников (*Melilotus officinalis* (L.) Pall., *M. albus* Medik.), полыней (*Artemisia absinthium* L., *A. sieversiana* Willd.) и на пониженных местах – тростника обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), что, безусловно, препятствует естественному возобновлению лесобразующих видов [41].

Выбранное в данном случае направление биологической рекультивации крупных золоотвалов – лесохозяйственное с ориентировкой на комбинированное искусственное и естественное лесовозобновление – вполне обоснованно, поскольку соответствующий процесс четко управляется, ускоряется и при этом достигаются необходимые показатели качества [42], что весьма важно в эколого-экономическом и социальном отношениях.

Соответствующий эффект достигается благодаря тому, что на территории золоотвала в данном случае помимо посадок (культурдендроценозов) остается определенный резерв самозрастающих площадей, который эффек-

тивно используется для формирования разновозрастных смешанных хвойно-лиственных насаждений, устойчивых в противопожарном и лесозащитном отношениях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема выбора оптимальной стратегии восстановления нарушенных земель в той или иной степени решалась с момента их возникновения в результате нерационального хозяйственного использования и особенно промышленного стресса. Однако она все более обострялась и остается актуальной в связи с продолжающимся увеличением их площади, особенно в районах активной нефтегазодобычи, а также в связи с разрастающимся мировым финансово-экономическим и экологическим кризисом. Вместе с тем исторический опыт исследований по данной проблеме показывает, что на самом деле она является многоуровневой и весьма сложной, причем отдельные уровни по мере их значимости могут быть скомплектованы в форме своеобразной иерархической системы.

Естественно, что на верхнюю ступень, учитывая большую социально-экономическую значимость, следует поставить направление рекультивации, которое в связи со сложившейся в настоящее время негативной обстановкой в области сельскохозяйственного производства в России целесообразно переориентировать из ранее предпочтительного сельскохозяйственного на санитарно-гигиеническое и другие, востребованные в данный период. Необходимость включения в рассматриваемую иерархию следующей по значимости ступени с неизбежностью следует из того, что продолжительный опыт рекультивации и мониторинга нарушенных земель свидетельствует о необходимости дифференцированного подхода к стратегии их восстановления с учетом особенностей природно-климатической и экологической ситуации вдоль широтного, долготного и техногенного градиентов.

Последней по порядку, но далеко не последней по значимости ступенью в данной иерархии является выбор корректного метода реабилитации нарушенных земель, который не должен приводить к нарушению природной среды и обострению экологичес-

кой ситуации, хотя в отдельных случаях в условиях экстремальной обстановки локально может быть экстремальным по степени воздействия на среду.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников Б. П. О научных основах биологической рекультивации техногенных ландшафтов // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. С. 12–24.
2. Колесников С. П., Моторина Л. В. Методы изучения биогеоценозов в техногенных ландшафтах // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М.: Наука, 1978. С. 5–21.
3. Моторина Л. В. Комплексность в рекультивации техногенных ландшафтов и терминологические аспекты проблемы // Там же. С. 22–33.
4. Кулагин Ю. З. Индустриальная дендроэкология и прогнозирование. М.: Наука, 1985. 117 с.
5. Красинский Н. П. Теоретические основы построения ассортимента газоустойчивых растений // Дымоустойчивость растений и дымоустойчивые ассортименты. Горький; Москва: Изд-во АН СССР, 1950. С. 9–110.
6. Махнев А. К., Мамаев С. А. Итоги исследований по проблемам создания защитных и зеленых насаждений в условиях медеплавильных заводов на Урале // Проблемы создания защитных насаждений в условиях техногенных ландшафтов. 1979. С. 3–47.
7. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. 280 с.
8. Кулагин Ю. З. О причинах засухоустойчивости березы бородавчатой // Труды Института биологии УФ АН СССР. 1961. Вып. 25. С. 67–73.
9. Кулагин Ю. З. Экология березы бородавчатой и березы пушистой в связи с особенностями их водного режима // Там же. 1961. Вып. 33. С. 7–15.
10. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. Киев: Наук. думка, 1978. 246 с.
11. Николаевский В. С. Современное состояние проблемы газоустойчивости растений // Газоустойчивость растений. Пермь, 1969. Вып. 1. С. 5–33.
12. Тарчевский В. В. О выделении новой отрасли ботанических знаний – промышленной ботаники // Растительность и промышленные загрязнения. Свердловск, 1970. С. 5–9.
13. Чибрик Т. С., Елькин Ю. А. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях: (биологическая рекультивация). Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 220 с.
14. Колесников Б. П., Пикалова Г. М. К вопросу классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1974. С. 3–28.
15. Тарчевский В. В. Закономерности формирования фитоценозов на промышленных отвалах: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1967. 36 с.
16. Промышленная ботаника / под ред. Е. А. Кондратюка. Киев: Наук. думка, 1980. 260 с.
17. Капелькина Л. П. Экологические аспекты оптимизации техногенных ландшафтов. СПб: Наука ПРОПО, 1993. 190 с.
18. Трофимов С. С. Перспективы рекультивации земель, нарушенных промышленностью в Западной и Восточной Сибири // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. С. 3–11.
19. Шкарлет О. Д. Влияние промышленного загрязнения атмосферы и почвы на размеры пыльцевых зерен сосны обыкновенной // Экология. 1972. № 1. С. 53–57.
20. Мамаев С. А., Николаевский В. С. Некоторые особенности повреждаемости сернистым газом проростков сосны обыкновенной // Труды ИЭРиЖ УНЦ АН СССР. Вып. 62. Физиология и экология древесных растений. 2: материалы II-го Уральского совещания. Свердловск, 1968. С. 203–207.
21. Васфилов С. П., Махнев А. К. Рост и плодоношение белых берез в условиях воздушного загрязнения // Естественная растительность промышленных и урбанизированных территорий Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 111–120.
22. Махнев А. К., Любашевский Н. М. О закономерностях динамики лесных биогеоценозов в районах функционирования предприятий цветной металлургии // Динамика лесных фитоценозов и экология насекомых-вредителей в условиях антропогенного воздействия, 1989. С. 5–25.
23. Рожков А. С., Михайлова Т. А. Действие фторсодержащих эмиссий на хвойные деревья. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. 157 с.
24. Лукьянец А. И., Шилова И. И. Ландшафтно-экологическое зонирование территорий, подверженных воздействию дымовых выделений медеплавильных предприятий Урала // Человек и ландшафты. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979. С. 28–31.
25. Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ “Наука”, 1994. 280 с.
26. Оборин А. А., Шилова И. И., Колачничова И. Г. и др. Земли, загрязненные нефтью: самоочищение, естественное зарастание, рекультивация // Проблемы рекультивации нарушенных земель: тез. докл. V Уральского совещания. Свердловск, 1988. С. 136–137.
27. Чижов Б. Е. Рекультивация нефтезагрязненных земель Ханты-Мансийского автономного округа (практические рекомендации). Тюмень, 2000. 52 с.
28. Салангинас Л. А. Изменение свойств почв под воздействием нефти и разработка системы мер по их реабилитации. Екатеринбург, 2003. 412 с.
29. Курачев В. М., Андроханов В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн. 2002. № 3. С. 255–261.
30. Ветлужских Н. В. Анализ скорости и состояния естественного зарастания отвалов золотодобычи бассейна р. Кундат (Кемеровская область) // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы Междунар. науч. конф., Екатеринбург, 4–8 июня 2007 г. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. С. 80–90.
31. Глазырина М. А., Лукина Н. В., Чибрик Т. С. К вопросу восстановления фиторазнообразия на терри-

- кониках угольных шахт Урала // Там же. С. 149–168.
32. Махнев А. К. О стратегии восстановления нарушенных земель // Комплексное решение проблемы переработки отходов и реабилитации загрязненных территорий на основе новейших технологий (Екатеринбург, 23 апреля 2008 года): тез. докл. науч.-практ. конф. УрО РАН: РНТЦ, 2008. С. 47–48.
  33. Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы Междунар. науч. конф. Екатеринбург, 4–8 июня 2007 г. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. 928 с.
  34. Арчегова И. Б., Дегтева С. В., Евдокимова Т. В. и др. Концепция природовосстановления нарушенных экосистем Севера // Республика Коми: Экономическая стратегия вхождения в XXI век.: материалы науч. конф. (13–14 марта 1995 г., Сыктывкар). Сыктывкар, 1996. С. 135–139.
  35. Вершинин Ю. А., Толстограй В. И., Вершинин М. Ю. Реабилитация загрязненных нефтью верховых болот // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы Междунар. науч. конф., Екатеринбург, 4–8 июня 2007 г. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. С. 72–80.
  36. Дедков В. С., Смирнов Ю. Г., Кайгородова С. Ю. Очистка и биологическая рекультивация загрязненных нефтью болот методом сетевых взрывов // Освоение Севера и проблема рекультивации: докл. III Междунар. конф. (27–31 мая 1996 г., С.-Петербург). Сыктывкар, 1997. С. 349–353.
  37. Махнев А. К., Чибрик Т. С., Трубина М. Р. и др. Экологические основы и методы биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций на Урале. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 356 с.
  38. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов обитания на здоровье населения Свердловской области в 1995 г. Екатеринбург: Аэрокосмоэкология, 1996. 218 с.
  39. Махнев А. К., Уманова Н. Е. Стратегия возобновления лесобразующих видов на нарушенных землях (золоотвалах) / Природное наследие России в 21 веке: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Башкирский государственный аграрный университет, 25–27 сентября 2008 года. Уфа, 2008. С. 272–275.
  40. Внуков А. А. Экологические аспекты лесовосстановления на нарушенных землях на примере золоотвалов Верхнетагильской и Рефтинской ГРЭС // Биологическая рекультивация нарушенных земель: материалы Междунар. совещ. Екатеринбург, 26–29 авг. 1996 г. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 32–49.
  41. Уманова Н. Е., Филимонова Е. И., Махнев А. К. Особенности самозарастания золоотвала Рефтинской ГРЭС // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: материалы Междунар. науч. конф., Екатеринбург, 4–8 июня 2007 г. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. С. 649–664.
  42. Калашникова И. В., Нагимов З. Я., Махнев А. К. Формирование фитомассы деревьев *Betula pendula* и *B. pubescens* в культурдендроценозах и при самозарастании в условиях золоотвала // Там же. С. 299–309.

## Landscape-Ecological and Population Aspects of the Strategy of Recovery of Disturbed Land

A. K. MAKHNEV, N. E. MAKHNEVA

*Botanical Garden of UrB RAS  
620144, Ekaterinburg, 8 Marta str., 202a  
E-mail: afrmah@rambler.ru*

Major stages of the formation of strategy aimed at the recovery of land disturbed by industry and land monitoring are characterized, the examples of the positive application of this strategy are described.

**Key words:** land disturbed by industry, recovery strategy, direction of biological recultivation, cultural dendrocoenosis, natural reproduction.