



УДК 543  
ББК 35

## ПРИМЕНЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

*Г.К. Лобачева, Н.В. Колодницкая, В.Ф. Желтобрюхов,  
В.М. Осипов, И.Ж. Гучанова, А.И. Гучанова*

В данной работе представлены исследования по оценке состояния окружающей среды. Сделан расчет степени риска проживания на антропогенных территориях, прилегающих к промышленным предприятиям. Разработан способ санации загрязненных почв с использованием биопрепаратов. Биотехнологии – это одно из направлений для решения экологических проблем региона.

**Ключевые слова:** *риск, здоровье людей, промышленные предприятия, почва, биотехнология, атмосфера, химические вещества.*

Современные эколого-гигиенические условия проживания в Волгограде, по нашим оценкам, являются неблагоприятными. Прежде всего, это связано с негативным влиянием инженерных систем, техногенных объектов урбанизированной территории на компоненты природной среды.

В большинстве случаев антропогенному воздействию в результате хозяйственной деятельности человека подвергаются верхние горизонты земной коры.

Выявлено, что загрязнение почвы (особенно их мелкодисперсная фракция РМ10 с высокой концентрацией микроэлементов) является опасным вторичным источником загрязнения окружающей среды (ОС). Превышение ПДК для почв по свинцу, цинку, меди и другим тяжелым металлам (ТМ), которые были зафиксированы в 2005–2009 гг. вблизи крупных ПП северного промышленного узла («РУСАЛ», ВМЗ «Красный Октябрь»), указывает на опасные уровни их накопления на территории Волгоградской агломерации северного промузла.

Обследование почвы в зоне влияния полигона в Красноармейском районе показало,

что основная часть территории характеризуется допустимым уровнем загрязнения почвы по содержанию соединений тяжелых металлов. В то же время с северной стороны полигона выявлено содержание меди и свинца в количестве 1,3 ПДК. На полигоне в 70 м юго-восточнее участка складирования отходов, почва загрязнена подвижными формами цинка в количестве 6,0 ПДК, меди – 11,5 ПДК, свинца – 7,3 ПДК. С южной стороны полигона выявлен свинец в количестве 1,5 ПДК и медь в количестве 1,4 ПДК.

На расстоянии более 1 500 м от границ полигона – загрязнение ртутью, формальдегидом, фенолом, фторидами, нефтепродуктами, ионами цинка, соединениями меди, свинца и марганца в концентрациях, не превышающих ПДК.

Вблизи полигона имеет место загрязнение приземных слоев атмосферы диоксидом серы, аммиаком, формальдегидом, метилмеркаптаном, сероводородом; подземных горизонтов – фильтратом, содержащим растворенные загрязняющие вещества, в том числе соединения тяжелых металлов.

Анализ показал, что основными загрязняющими веществами техногенного характера являются формальдегид, фенол, фториды, цинк, медь, свинец.

Уровень загрязнения почвы формальдегидом южного промузла по отдельным при-

родным территориям в 2003 г. составил: в Дендрологическом саду – 1,9–5,7 ПДК; в Чапурниковской балке – 2 ПДК; на территории Ергенинского источника – 1,5–1,6 ПДК; в Григоровой балке – 1,4–2,5 ПДК; в прибрежной полосе акватории нереста – 2,5 ПДК; в прибрежной полосе островной системы «Сарпинский – Голодный» – 1,3–3,7 ПДК.

В ходе мониторинговых исследований почв особо охраняемых природных территорий выявлено незначительное превышение по фторидам: 1,4–1,5 ПДК на территории Ергенинского источника и 1,5 ПДК на территории Дендросада Красноармейского района. Высокие концентрации фторидов ухудшают плодородные свойства почвы. Наиболее опасны водорастворимые формы фторидов, вызывающие повторное загрязнение подземных и грунтовых вод.

В результате исследований выявлено, что почва особо охраняемой территории тоже подвержена техногенной нагрузке.

Также отметим, что качество почв вблизи химических предприятий г. Волгограда оценивается как низкое. Отмечается следующее:

1. Превышение существующей нормы по содержанию формальдегида в изучаемых почвах. Формальдегид находится в количествах 2,0–23,3 мг/кг (ПДК = 7,0 мг/кг), кратность превышения в отобранных пробах составляет 1,4–3,3 раза.

2. Почва исследуемых территорий загрязнена подвижными формами металлов, в отдельных местах концентрация последних превышена (цинк – 13,6 ПДК, медь – 2,3 ПДК, свинец – 1,6 ПДК).

3. В результате исследований установлено, что водорастворимых фторидов в отобранных пробах почвы содержится в основном от 1,4 до 9,5 мг/кг (ПДК = 10,0 мг/кг).

4. Довольно высокий уровень фоновых концентраций загрязняющих веществ.

По способу поступления в почву различные загрязнители можно условно разделить на поступающие с атмосферными осадками, осаждающиеся в виде пыли и аэрозолей, непосредственно поглощающиеся влажной почвой газообразные соединения и вещества, поступающие в почву с растительными и животными останками.

Загрязнение тяжелыми металлами связано с их широким использованием в промышленном производстве совместно со слабыми системами очистки, в результате чего тяжелые металлы попадают в окружающую среду, в том числе и почву, загрязняя и отравляя ее.

Тяжелые металлы поступают в почву преимущественно из атмосферы с выбросами промышленных предприятий, а свинец – с выхлопными газами автомобилей.

Наиболее типичными загрязнителями данной группы являются свинец, кадмий, ртуть, цинк, молибден, никель, кобальт, олово, титан, медь и ванадий.

Из атмосферы в почву тяжелые металлы попадают чаще всего в форме оксидов, где постепенно растворяются, переходя в гидроксиды, карбонаты или в форму обменных катионов.

Необходимо отметить, что гигиеническое состояние почвы ухудшается, хотя способность почвы к самоочищению является основным гигиеническим требованием для сохранения биологического равновесия. Почва уже не в состоянии справиться без помощи человека с загрязнениями [1–3; 5; 6].

Изучение важных диагностических признаков городских почв (распределение карбонатов и гипса по профилю, уровень минерализации и состав водной вытяжки) показало, что это влияние значительно превышает способность почвы противостоять антропогенному воздействию. Накопление токсичных веществ в почвах влечет за собой не только деградацию почвенного покрова, но и нарастание экологически опасных последствий, создающих угрозу здоровью человека. Для выявления и предупреждения нежелательных последствий техногенного влияния необходима организация контроля загрязнения почвы.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха связан с воздействием на него загрязняющих веществ, поступающих из источников выбросов вредных компонентов промышленных предприятий, выбросов автотранспорта, а также в результате процессов жизнедеятельности человека.

На данном этапе работы проведен расчет индивидуального канцерогенного риска для 1-го химического вещества, обнаруженного лабораторным путем, обладающего канцерогенным эффектом и поступающего в орга-

низм взрослого человека ингаляционным путем: бенз(а)пирена.

Установлено, что показатель индивидуального канцерогенного риска для здоровья взрослого населения, обусловленного вероятным воздействием бенз(а)пирена, составляет  $0,468 \times 10^{-5}$  или  $(4,68 \times 10^{-6})$ .

Такая величина в соответствии с критериями приемлемости риска относится ко второму диапазону (индивидуальный риск в течение всей жизни более  $1 \times 10^{-6}$ , но менее  $1 \times 10^{-4}$ ) и соответствует предельно допустимому риску, то есть верхней границе приемлемого риска. Именно на этом уровне установлено большинство зарубежных и рекомендуемых международными организациями гигиенических нормативов для населения. Данные уровни подлежат постоянному контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению.

Заметим, что полученная величина индивидуального канцерогенного риска соответствует величине целевого риска для условий населенных мест в России, которая составляет  $10^{-5}$ – $10^{-6}$ .

Оценка риска неканцерогенных эффектов проводилась на основе расчета коэффициентов опасности (табл. 1).

В атмосферном воздухе чаще всего содержится не одно, а несколько загрязняющих веществ, в связи с чем их влияние на организм отличается от воздействия только од-

ного из загрязнителей. Причем реакция организма на комплекс загрязняющих веществ зависит от их сочетания и концентрации.

С учетом однонаправленности воздействия веществ рассчитываются индексы опасности (НИ) на основе полученных коэффициентов опасности (табл. 1).

В данном исследовании рассматриваются:

- 3 химических вещества (азота диоксид, азота оксид, серы диоксид), обладающих однонаправленным действием на органы дыхания (табл. 2);
- 3 химических вещества (азота диоксид, азота оксид, углерода оксид), обладающих однонаправленным действием на органы кровообращения (табл. 3).

Анализ индексов опасности этих веществ показал, что суммарный НИ в несколько раз превышает единицу, то есть допустимый уровень, и составляет от 22,23 (сложившаяся ситуация в северной части города) до 25,3 (существующая обстановка в Тракторозаводском районе). Таким образом, неканцерогенный риск характеризуется как недопустимый, а канцерогенный риск для здоровья от воздействия бенз(а)пирена составляет  $0,468 \times 10^{-5}$  или  $(4,68 \times 10^{-6})$ , то есть приблизительно 4 случая онкологических заболеваний на 1 млн населения в течение средней продолжительности жизни, что по критериям приемлемости близко к величине целевого риска для условий населенных мест в России, которая составляет  $10^{-5}$ – $10^{-6}$ .

Таблица 1

**Коэффициенты опасности (неканцерогенный риск) загрязняющих веществ, присутствующих в атмосферном воздухе жилой зоны**

Наименование веществ	Код	Коэффициент опасности
Оксид азота	304	4,300
Диоксид азота	301	16,000
Диоксид серы	330	5,000
Пыль	–	2,600
Фтористый водород	342	17,000
Оксид углерода	337	1,930
Хлористый водород	316	13,300
Оксид меди	146	0,750
Оксид цинка	207	0,030
Оксид магния	–	0,375
Свинец	184	0,200

Таблица 2

**Индексы опасности (неканцерогенный риск) загрязняющих веществ при хроническом воздействии на органы дыхания**

Наименование веществ	Код	Коэффициент опасности, существующий в Тракторозаводском районе
Азота оксид	304	4,3
Азота диоксид	301	16,0
Серы диоксид	330	5,0
НІ		25,3

Таблица 3

**Индексы опасности (неканцерогенный риск) загрязняющих веществ при хроническом воздействии на органы кровообращения**

Наименование веществ	Код	Коэффициент опасности, существующий в северной части города
Азота оксид	304	4,30
Азота диоксид	301	16,00
Углерода оксид	337	1,93
НІ		22,23

**Состояние атмосферного воздуха в южной зоне города**

Максимальный и средний уровни загрязнения атмосферного воздуха за 2008 г., по данным наблюдений поста ПНЗ № 5, представлены в таблице 4.

Ситуация медико-экологической направленности, сложившаяся в Кировском районе г. Волгограда, требует оценки риска для здоровья населения от влияния выбросов одного из волгоградских химических заводов для принятия управленческих природоохранных решений по снижению негативного воздействия.

Проведем характеристику риска для здоровья населения от выбросов химического предприятия.

Были проведены расчеты индивидуального канцерогенного риска для одного существенного химического вещества, обнаруженного в выбросах предприятия и поступающего в организм человека ингаляционным путем, – винилхлорида.

Установлено, что показатель индивидуального канцерогенного риска для здоровья взрослого населения, обусловленного воздействием винилхлорида, составляет  $9 \times 10^{-5}$ .

Оценка риска неканцерогенных эффектов проводится на основе расчета коэффициентов опасности (табл. 5) для существенных компонентов, характерных и для выбросов предприятия и присутствующих в атмосферном воздухе рассматриваемого района города.

Таблица 4

**Сведения по загрязнению атмосферного воздуха на 01 января 2009 г. по данным наблюдений поста ПНЗ № 5**

№ п/п	Ингредиент	ПДК ср. с. мг/м <sup>3</sup>	ПДК м. р. мг/м <sup>3</sup>
1	Пыль	0,100	0,300
2	Диоксид серы	0,007	0,031
3	Диоксид азота	0,050	0,230
4	Сероводород	0,001	0,005
5	Фенол	0,003	0,018
6	Хлорид водорода	0,130	0,610

**Коэффициенты опасности (неканцерогенный риск) загрязняющих веществ, присутствующих в атмосферном воздухе Кировского района г. Волгограда**

Наименование веществ	Код	Значения коэффициента опасности
Диоксид азота	301	1,2
Диоксид серы	330	0,8
Хлорид водорода	316	1,4

В атмосферном воздухе чаще всего содержится не одно, а несколько химических веществ, в связи с чем их влияние на организм отличается от воздействия только одного из загрязнителей. Причем реакция организма на комплекс загрязняющих веществ зависит от их сочетания и концентрации.

С учетом однонаправленности воздействия веществ рассчитываются индексы опасности на основе полученных коэффициентов опасности (табл. 5).

В данном исследовании 2 химических вещества (азота диоксид и серы диоксид) обладают однонаправленным действием на органы дыхания.

Анализ индекса опасности этих веществ показал, что полученное количественное значение в два раза превышает допустимый уровень и составляет 2. Таким образом, неканцерогенный риск характеризуется как недопустимый.

Таким образом, данные по оценке риска для здоровья людей влияния загрязняющих веществ в северной и южной зонах г. Волгограда дают нам основание говорить, что эколого-гигиеническая ситуация неблагоприятная.

Качество атмосферного воздуха тесно взаимосвязано с состоянием зеленого кольца города, что влияет на условия проживания людей.

Приоритетными проблемами озеленения Волгограда являются:

- равномерное распределение насаждений общего пользования в структуре города;
- реконструкция и сохранение «зеленых клиньев» – легких города, расположенных в естественных ландшафтных границах города (пойма р. Царицы, р. М. Мечетка, Ельшанская балка, Григорова балка и др.);
- формирование благоустроенной ландшафтно-рекреационной зоны прибрежной полосы города вдоль р. Волги и Волго-Донского судоходного канала;
- восстановление внешнего зеленого кольца города;

- увеличение ассортимента пород древесно-кустарниковой растительности, устойчивой к техногенным нагрузкам и акклиматизированной к условиям Нижнего Поволжья;
- реконструкция санитарно-защитных зон промышленных предприятий [4].

Современное состояние озеленения города характеризуется следующими моментами:

- допускается неудовлетворительная ландшафтная организация зеленых насаждений, не всегда соблюдаются агротехнические требования к их созданию;
- озеленение улиц и СЗЗ в Волгограде довольно однообразно. Оно представлено рядовыми посадками вдоль тротуаров и проезжей части. Магистральные улицы зачастую озеленены бессистемно, а территории СЗЗ промышленных предприятий нуждаются в серьезной реконструкции;
- высокая загазованность воздуха автотранспортом и выбросами промышленных предприятий, которые находятся в городе, примыкая к жилым районам. Основная задача озеленения городской агломерации – формирование озеленительных пространств в целях рекреации.

Таким образом, почти во всех районах города обстановка по озеленению неблагоприятная. И эта ситуация практически остается неизменной на протяжении ряда лет. Обращает на себя внимание весьма бедный ассортимент пород деревьев и кустарников, применяемых в городских озеленительных посадках. Основу озеленения составляют всего несколько пород деревьев. Это вяз приземистый (его в посадках до 45 %), клен ясенелистный, тополь пирамидальный. Изредка встречаются береза бородавчатая, липа мелколистная, вяз гладкий, клен остролистный и татарский, в последние годы высаживается каштан конский. Незначителен в посадках процент хвойных, в ряде районов наблюдается полное их отсутствие [7–9].

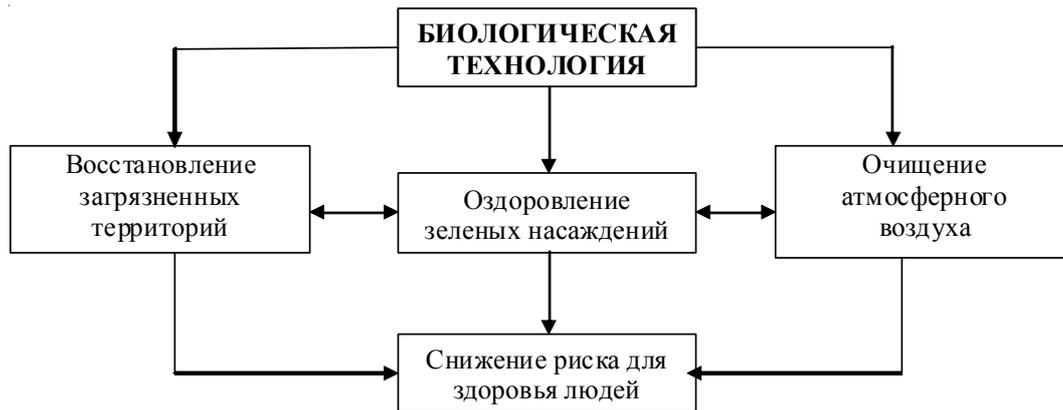


Схема влияния биотехнологии на компоненты окружающей среды как результат безопасной жизнедеятельности

Выявленные экологические проблемы на территории города требуют решения. В связи с этим нами разработана и предложена биологическая технология. Данный способ опирается на синтез следующих биокомпонентов: резерв питательных веществ – глауконитовые пески, азотсодержащее вещество, воду, сукцинат, биологически активный ил, органические соединения и штаммы культивируемых микроорганизмов – таких как, например, *Bacillus*.

Исходя из вышесказанного, можно построить схему взаимодействия качества окружающей среды, здоровья человека и биотехнологии как путь решения проблем (см. рис.).

Данный биологический способ позволяет восстанавливать нарушенные территории, в частности, земли, загрязненные углеводородами, близ промышленных предприятий, решает проблему детоксикации почв от тяжелых металлов вдоль автотрасс и вокруг металлургических предприятий.

Исходя из вышесказанного, данный метод имеет все основания для его применения на практике – при рекультивации загрязненных территорий в условиях городского хозяйства, а значит, он является источником для создания «зеленого» резерва на территории города.

Высокое качество почв – основа для озеленения урбанизированных территорий. Способность растений к улавливанию загрязняющих веществ, содержащихся в атмосферном воздухе, возрастет. Воздух будет насыщен кислородом, фитонцидами, что послужит фактором снижения риска для здоровья людей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аржанова, В. С. Миграция микроэлементов в почвах (по данным лизиметрических исследований) / В. С. Аржанова // Почвоведение. – 1977. – № 7. – С. 71–77.
2. Белкина, О. А. Ландшафтные аспекты лишеноиндикации загрязнения природной среды / О. А. Белкина, В. Н. Калущков // Вестник МГУ. Серия географическая. – 1982. – № 3. – С. 78.
3. Григорьев, Ал. А. Распространение пылевых загрязнений в Приаралье по наблюдениям из космоса / Ал. А. Григорьев, В. Б. Липатов // Известия АН СССР. Серия географическая. – 1982. – № 6. – С. 13–21.
4. Доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2007 году. – М. : Глобус, 2008. – 384 с.
5. Дончева, А. В. // Прогнозирование изменения природы горно-металлургическим производством в зоне тайги (на примере медно-никелевых комплексов в Мончегорске и Садбери) / А. В. Дончева, В. Н. Калущков // Вестник МГУ. Серия географическая. – 1976. – № 5. – С. 65–73.
6. Евдокимова, В. В. Микробиологическая активность почв при загрязнении тяжелыми металлами / В. В. Евдокимова // Почвоведение. – 1982. – № 6.
7. Семенютина, А. В. К вопросу рационального использования биоресурсов в условиях урбандолиндов / А. В. Семенютина // Экология и экономика : материалы круглого стола, г. Волгоград, 30 марта 2005 г. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2005. – С. 129–133.
8. Семенютина, А. В. Лесомелиорация и обогащение дендрофлоры аридных регионов России : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / А. В. Семенютина ; ВНИАЛМИ. – Волгоград, 2005.

9. Семенютина, А. В. Ассортимент деревьев и кустарников для мелиорации агро- и урболандшафтов засушливой зоны / А. В. Семенютина // Научно-методические рекомендации / ВНИАЛМИ, РАСХН. – М. ; Волгоград, 2002. – С. 60.

нютина // Научно-методические рекомендации / ВНИАЛМИ, РАСХН. – М. ; Волгоград, 2002. – С. 60.

### **APPLICATION OF BIOTECHNOLOGY FOR CLEARING OF THE POLLUTED SOILS**

*G.K. Lobacheva, N.V. Kolodnitskaya, V.F. Zheltobryukhov, V.M. Osipov, I.Zh. Guchanova, A.I. Guchanova*

The investigations of the environment's quality are considered in this report. The risk for the health of people in the urban territories, which are next to the industrial plants, has been assessed. The biological way for reclamation of contaminated soil has been invented. The biotechnology is the method, allowing to solve the ecological problems of Volgograd region.

**Key words:** *the risk, the health of people, the industrial plants, soil, the biotechnology, atmosphere, the chemical substances.*