

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Вятская государственная сельскохозяйственная академия»
Кировское региональное отделение
«Общество почвоведов им. В.В. Докучаева»

МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**Материалы Международной
научно-практической конференции, посвящённой 100-летию
со дня рождения профессора**

АЛЕКСАНДРА ФИЛИППОВИЧА ТИМОФЕЕВА

26-27 февраля 2019 г.

Часть 1

Киров 2019

УДК 631.4(063)
ББК 40.3я431

Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства. В 2 ч.: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.Ф.Тимофеева, 26-27 февраля 2019г. – Ч.1. – Киров: Вятская ГСХА, 2019. – 205 с.

Главный редактор – и.о. ректора Вятской ГСХА, доктор технических наук, профессор В.Г. Мохнаткин.

Зам. главного редактора – проректор по научной работе и инновациям Вятской ГСХА, доктор ветеринарных наук, профессор И.Г. Конопельцев.

Ответственный за выпуск – председатель методической комиссии агрономического факультета, зав. кафедрой почвоведения, мелиорации, землеустройства и химии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент А.В. Тюлькин.

Редакционная коллегия:

Семенов А.В. – декан агрономического факультета, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Копысов И.Я. – профессор кафедры почвоведения, мелиорации, землеустройства и химии, доктор сельскохозяйственных наук;

Абашев В.Д. – профессор кафедры почвоведения, мелиорации, землеустройства и химии, доктор сельскохозяйственных наук;

Уланов А.Н. – профессор кафедры почвоведения, мелиорации, землеустройства и химии, доктор сельскохозяйственных наук;

Прокашев А.М. – профессор кафедры географии и методики обучения географии ВятГУ, доктор сельскохозяйственных наук;

Полуэктова Е.А. – доцент кафедры почвоведения, мелиорации, землеустройства и химии, кандидат сельскохозяйственных наук;

Охорзин Н.Д. – доцент кафедры географии и методики обучения географии ВятГУ, кандидат сельскохозяйственных наук.

В сборнике научных трудов рассматриваются актуальные вопросы всех основных направлений аграрной науки, ее состояние и перспективы, даются рекомендации авторов статей по изученным ими вопросам.

Материалы сборника могут быть полезны исследователям естественнонаучного профиля: агрономам, почвоведом, биологам, экологам, преподавателям, аспирантам, студентам вузов и др.

Тексты статей представлены в авторской редакции. За качество и достоверность представленных материалов ответственность несут авторы.

Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

7. Сергейчик, С.А. Влияние формальдегида (НСНО) на флуоресценцию хлорофилла, содержание фотосинтетических пигментов, белков и активность пероксидазы древесных растений / С.А. Сергейчик // Экологический вестник. 2012. №1. С. 16–24.

8. Флуоресценция хлорофилла растений как показатель экологического стресса: теоретические основы применения метода / В.С. Лысенко [и др.] // Фундаментальные исследования. 2013. №4. С. 112–120.

9. Шалыго, Н.В. Биосинтез хлорофилла и фотодинамические процессы в растениях. Минск: ИООО «Право и экономика», 2004. 156 с.

УДК 550.4

АДАПТАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ К АНТРОПОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Н.К. Чертко, А.А. Карпиченко, А.С. Семенюк
Белорусский государственный университет,
г. Минск, Республика Беларусь, tchertko@yandex.by

Рассматривается адаптация растительности к антропогенному воздействию в условиях Молодечненского района Беларуси. Природные и агроландшафты здесь находятся под влиянием среднего антропогенного воздействия. За индикаторы загрязнения агроландшафтов приняты содержание свинца в почвах и зольность растений. Для разработки способов геохимической адаптации растительности с использованием химических элементов следует использовать наиболее токсичные элементы и определять их соотношение в системе почва-растение. Из исследуемых нами химических элементов для этой цели подходят Cu, Cr, Ni, Pb.

Ключевые слова: адаптация, растительность, почвы, зольность, свинец, известкование.

Введение

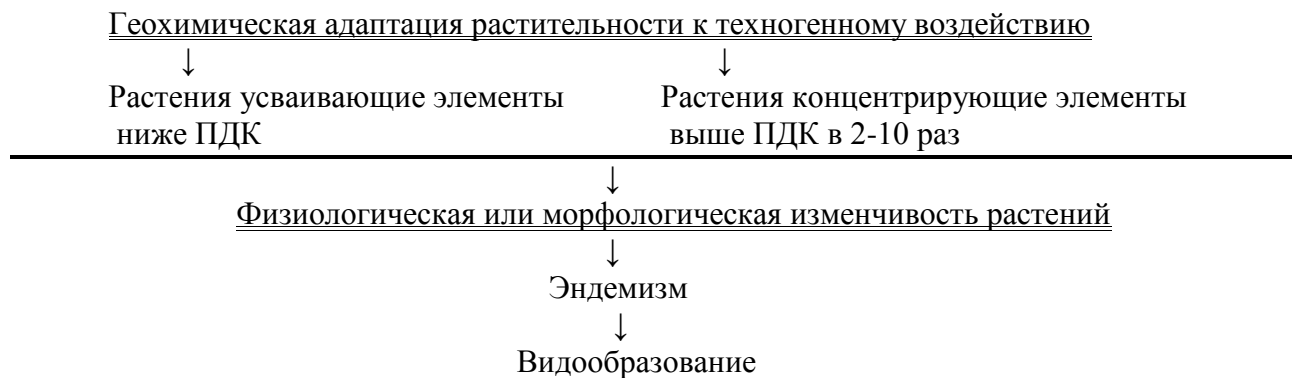
Среди многочисленных и хорошо изученных адаптивных способностей растительности (морфологических, физиологических, биохимических и др.) к неблагоприятным условиям недостаточно изучена геохимическая адаптация растительности к среде, загрязненной химическими элементами различной степени токсичности. Она также отсутствует в приводимых исследователями классификационных схемах по адаптации растительности. Избыток химических элементов при недостаточной адаптации к ним растений приводит к опаданию листвы (кремний), изменению окраски лепестков (марганец), замедлению (свинец) или ускорению (бор) роста, появлению пятен на листе (медь и др.), формированию эндемиков (селен – астрагалы), видообразованию (радионуклиды), в крайних случаях к отмиранию растений.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования были адаптация растительности в Молодечненском районе Минской области Беларуси к почвенным условиям. Антропогенное воздействие на почвы оказывает средненаселенный город

Молодечно (100 тыс. населения). Метод исследования – сравнительный, аналитический.

Общую схему геохимической адаптации растительности к антропогенной среде можно представить следующим образом:



Антропогенному воздействию подвержены в различной степени окружающие город Молодечно природные (лесные, лугово-болотные) и агроландшафты. Дополнительно агроландшафты целенаправленно и обоснованно подвергаются регулярной химической мелиорации (внесение минеральных и органических удобрений, извести или доломитовой муки, изредка – внесение пестицидов и микроэлементов).

Воздействие на окружающие город природные и агроландшафты происходит в результате атмотехногенеза (воздушного переноса). При высокотемпературных и механических технологических процессах образуются на предприятиях аэрозольные частицы, которые содержат металлы и переносятся воздушным потоком на большие расстояния. Они выпадают в виде пыли или в составе осадков. Происходит трансформация природных циклов миграции элементов, в которых участвует и трансграничный перенос. Местный перенос агроландшафтной пыли не нарушает природного цикла миграции. Поэтому нами используется методика сбора техногенной пыли на лист шереховатой бумаги размером 20 x 20 см в сухую безветренную погоду. Для г. Молодечно выпадение техногенной пыли в среднем составило $0,5 \text{ г} / \text{м}^2$ ($500 \text{ кг} / \text{км}^2$) в сутки, для окружения г. Молодечно – $0,1 \text{ г} / \text{м}^2$ ($100 \text{ кг} / \text{км}^2$) в сутки или $36500 \text{ кг} / \text{км}^2$ в год.

Для агроландшафтов характерно запланированное внесение удобрений, поэтому для них поступление химических элементов составляет в среднем:

- с органическими удобрениями $6,4 \text{ т/га}$;
- известковыми материалами $0,92 \text{ т/га}$;
- минеральными удобрениями $0,297 \text{ т/га}$.

Всего с химическими мелиорантами поступает в агроландшафты дополнительно $7,617 \text{ т/га}$ или $761700 \text{ кг} / \text{км}^2$ в год химических элементов. Это в 20,08 раза больше чем в окружающий природный ландшафт и в 4,17 раза больше чем в урболандшафты г. Молодечно. Различие состоит в количественном и качественном содержании элементов и их динамике. В

выпадениях по г. Молодечно осаждаются преимущественно токсичные металлы, а в окружении города в агроландшафтах – преимущественно полезные питательные для растений элементы с целью сохранения их положительного баланса. Примеси в удобрениях токсичных металлов незначительны.

Для оценки соотношения между выбросами и выпадениями нами использован коэффициент имиссии $IF = D / Q$ (где D – количество выпадений загрязняющих веществ, т / км² в год; Q – плотность выбросов от всех источников, т / км² в год), показывающий долю выпадений от суммы выбросов. Использовался следующий оценочный уровень коэффициента имиссии: более 1 – очень высокий, 0,75–1,0 – высокий, 0,5–0,75 – средний, 0,25–0,50 – низкий, менее 0,25 – очень низкий. Для окружения г. Молодечно рассчитанный коэффициент имиссии нулевой, так как атмосферные выбросы в окружении города отсутствуют, но увеличивается плановое внесение химических мелиорантов в агроландшафты, которые рассмотрим ниже.

Для окружения г. Молодечно средний уровень загрязнения пылью менее 100 кг / км² в сутки, т.е. экологическая опасность низкая.

По степени радиоэкологической напряженности Молодечненский район входит в первую группу с низкой степенью и диапазоном баллов 1–4 по превышению допустимого содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr [6].

Структура земель в районе следующая: общая площадь района составляет 139218 га, из них под лесами Молодечненского района занято 47985 га, под пашней – 42178 га, улучшенными сенокосами и пастбищами – 16828 га, прочими землями – 32227 га.

В составе лесной растительности преобладают породы: сосна 60,4 %, ель – 19,6, береза – 14,6, ольха черная – 2,4, дуб – 1,3, осина – 1,0, прочие породы – 1,1 %. Все леса отнесены к первой группе по их использованию. Основное назначение – выполнение санитарно-гигиенических и защитных функций в сочетании с лесопользованием.

Морфологическое состояние хвои и листьев деревьев в норме, отсутствуют пятна на листьях, усыхание хвои. Отмечено присутствие всех видов лишайников на коре многих деревьев – индикатор чистоты воздуха.

Среди способов геохимической адаптации растительности к техногенным условиям наиболее эффективен учет количества токсичных элементов в золе растений. Это достигается регулированием содержания элементов в почве. Оценка их нормального или избыточного содержания определяется прежде всего путем сравнения с фоном территории. Для Минской области приводится следующее их фоновое содержание (табл. 1).

Таблица 1 – Фоновое содержание химических элементов в почвах Минской области, мг/кг, 2010 [8]

Форма	Cd	Zn	Pb	Cu	Ni	Mn	SO ₄ ⁻²	NO ₅
Валовая	0,17	34	5,7	5,0	2,7	299		
Подвижная	0,07	4,2	1,6	0,3	0,2	58	65	24,5

Обсуждение результатов

Нашими исследованиями [5] установлено, что по мере снижения степени антропогенного воздействия зольность растительных образцов несколько снижалась в половине рассматриваемых случаев. Достоверность различий между зольностью листовых пластинок древесных растений, произрастающих на территории промышленных предприятий и зон с различным уровнем антропогенного влияния, оценивалась с помощью дисперсионного анализа. Лишь при значительной разнице в уровнях антропогенного воздействия на растительность отмечается статистически достоверное различие между значениями зольности исследуемых растительных образцов. Это позволяет *использовать зольность для индикации загрязнения атмосферного воздуха и рекомендации зольности как способа геохимической адаптации растительности к техногенным условиям*. Среди древесных растений для этой цели по предварительным исследованиям подходит береза повислая. Лишь по мере накопления данных исследования по адаптации растительности в других городах можно предложить конкретную градацию по зольности.

По травянистым растениям тенденция увеличения зольности по мере повышения степени антропогенного воздействия прослеживается более четко по *бобовым*, и во всех случаях по сравнению с древесными породами в пределах промышленных предприятий, что также можно использовать их как способ геохимической адаптации растительности к антропогенным условиям. Зольность травянистых растений в большинстве случаев превышает показатели зольности древесных растений.

Для разработки способов геохимической адаптации растительности с использованием химических элементов следует подбирать наиболее токсичные элементы и определять их соотношение в системе почва-растение. Из исследуемых нами химических элементов для этой цели подходят Cu, Cr, Ni, Pb. Медь, хром и никель выполняют в растениях биологическую функцию и при нарушении ее может происходить сбой в обменных процессах, что обычно отражается на морфологии растений. Свинец влияет отрицательно на синтез белка и обменные процессы, является лидером по распространению в техногенных урболандшафтах с интенсивным автомобильным движением, что приводит к его лидирующей роли как индикатора в оценке степени адаптации растений к антропогенным условиям.

Накопление химических элементов растениями определяется свойствами почвы, свойствами самих элементов и биологическими особенностями растений [4]. Растения могут ограничивать индивидуально поступление избыточных ионов в надземные органы, особенно в органы запаса ассимилянтов. Сорные растения способны чаще накапливать отдельные токсичные элементы без видимых причин их угнетения, другие растения не поглощают их даже при высокой их концентрации. К сожалению, эти свойства изучены недостаточно, особенно для дикорастущих видов и на данном этапе нами не могут быть использованы.

Выделяют два способа приспособления растений к высоким концентрациям тяжелых металлов: использование защитных механизмов, природа которых неизвестна (возможно генетический контроль), и иноктивация поступивших металлов, транспорт их в менее поражаемые компоненты клетки. Более жесткий генетический контроль характерен для злаковых культур – ячменя, кукурузы.

Физиологические особенности растений определяют строго акропетальный характер накопления элементов в сельскохозяйственных растениях: стебли, листья > плоды, зерно. Депонирование загрязнителей в растениях возрастает с ростом их концентраций в почве, однако заметно снижается во времени [2]. Имеет значение синергизм или антагонизм между элементами при поступлении их в растения из почвы, что необходимо учитывать при анализе результатов исследования металлов.

Геохимическую адаптацию растительности к антропогенным условиям можно реализовать с использованием адаптогенов для детоксикации почвы. Детоксикация почвы это совокупность приемов, методов, направленных на создание в загрязненных почвах условий, способствующих и приводящих к ослаблению или полному освобождению от действия различных токсичных химических элементов или веществ, а также обеспечение в почве благоприятных условий для ее самоочищения [3].

Всю совокупность способов детоксикации почв можно условно разделить на физические, химические и биологические;

- физические – удаление загрязненного слоя почвы и его захоронение;
- химические – инактивация или снижение токсичного действия загрязнителей (поллютантов) с помощью ионообменного слоя мелиорантов (органика, гумус, хелатные соединения, известкование, минеральные удобрения, глина, глауконит);
- биологические – выращивание культур-концентраторов токсичных металлов и вынос их из зоны детоксикации.

Вариант физической детоксикации почв эффективен при загрязнении радионуклидами. Выращивание культур-концетраторов токсичных металлов эффективно в парковой и агроландшафтной зоне. Более эффективен химический способ при разработке мероприятий по геохимической адаптации растительности к антропогенному воздействию.

Универсальным и доступным способом оптимизации адаптации растений к антропогенному воздействию (по результатам наших исследований и других авторов [см. 3]) является внесение в почву в условиях Беларуси известковых материалов (известь, доломит), отчасти карбонатной глины. Их присутствие нейтрализует реакцию среды при которой оксиды металлов осаждаются и становятся мало доступны корневой системе растений, а наличие глинистых частиц приводит к необменной сорбции части металлов, что также снижает поступление металлов в растения.

Биоиндикаторами накопления избытка металлов в растениях могут быть береза > липа, тополь, которые распространены в городах и их окружении.

Среди металлов лидирующим является свинец в городе и его окружении, вдоль дорог.

Механизм действия извести состоит в следующем. При $\text{pH} = 6,0$ и выше в присутствии CO_2 происходит поглощение свинца и образование мало растворимого карбоната свинца (минерал церуссит). Растворимость церуссита в воде при $\text{pH} 6,0$ составляет 29 мг/дм^3 воды, для почвы фон подвижной формы свинца составляет $2\text{--}5 \text{ мг/кг}$. Аналогичная ситуация происходит при замене свинца на магний в доломите.

Другие природные сорбенты по кристаллоструктурному состоянию и характеру сорбции металлов уступают известково-доломитовым материалам, меньше распространены и менее экономичны. Среди них такие виды сырья как цеолит, бентонит, палыгорскит, глауконит, вермикулит, диатомит, трепел, опока, перлит, пемза, боксит, аллофан. Адсорбционные свойства цеолитов определяются кристаллической решеткой с развитой внутренней поверхностью и определенным размером входных окон, способных адсорбировать металлы.

Исследования [1] показали, что чувствительность или устойчивость разных видов растений к действию загрязняющих веществ определяются прежде всего степенью экологической пластичности фотосинтетического аппарата, его способностью к адаптации, соотношением между хлорофиллом *а* и *б*. Это соотношение уменьшалось по мере усиления антропогенной нагрузки.

Геохимические способы оптимизации ландшафтов отражены в [7].

Выводы

Таким образом, среди способов оценки геохимической адаптации растительности к техногенным условиям можно рекомендовать использование зольности растительности (береза, бобовые), соотношение между хлорофиллом *а* и *б*, внесение в почву извести или доломита, определение свинца в листьях или коре березы.

Литература

1. Голубева Е.И., Говорова А.Ф. Механизмы повреждения и адаптации растений при техногенном загрязнении. // Известия РАН. Серия географическая. 2006. № 1. С. 95–100.
2. Каплунова Е.В. Трансформация соединений цинка, свинца и кадмия в почвах: Автореф. дис... канд. биол. наук. М., 1983. 23 с.
3. Манджиева С.С., Минкина Т.М. Экологическое состояние почв и растений природно-техногенной сферы. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2014. 264 с.
4. Носовская И.И., Соловьева Г.А., Егоров В.С. Влияние длительного систематического применения различных форм минеральных удобрений и навоза на накопление в почве и хозяйственный баланс Pb, Cd, Ni и Cr // Агрохимия. 2016. № 1. С. 82–91.
5. Тюлькова Е.Г., Чертко Н.К. Адаптация растений к техногенным условиям // Экологический вестник / Учреждение образования «Международный

государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета. 2016. №3 (37). С. 40–44.

6. Цыбулько. Н.Н. Оптимизация использования загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель и агрохимических защитных мероприятий в отдаленный период Чернобыльской аварии: автореф. дис. док. с.-х. наук по спец. агропочвоведение, агрофизика. Минск, 2017.

7. Чертко Н.К. Геохимическая оптимизация ландшафтов. Минск: Четыре четверти, 2018. 168 с.

8. Refdb.ru 5 глава Земельные ресурсы и почвы Документ. Интернет-ресурс.