

**«Проблемы экологического мониторинга»,
Италия (Рим), 10-17 апреля 2012 г.**

Биологические науки

**БИОМОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ
РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ВОДОРΟΣЛЕВОЙ
БИОПРОБЫ»**

Горчакова А.Ю., Дуденкова Н.А.

*ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный
педагогический институт имени М.Е. Евсевьева»,
Саранск, e-mail: goralfiya@yandex.ru*

Оценка качества среды становится узловой проблемой в области охраны природы. В последние десятилетия для интегральной характеристики состояния среды стали интенсивно изучаться и применяться методы биологической оценки. Только биотесты могут всесторонне охарактеризовать всё многообразное воздействие поллютантов и пригодность среды для живой природы, оценить её в показателях, имеющих биологический смысл [1, с. 76].

Почва является одним из самых загрязнённых компонентов окружающей среды [3, с. 15]. В процессах восстановления земель велико значение водорослей. Они способны вступать во взаимодействия со всеми компонентами сообществ и выполнять важнейшую роль в их функционировании [10, с. 441]. Кроме того, они выделяют в окружающую среду спектр биологически активных веществ, витаминов, различных слизей, что способствует склеиванию отдельных минеральных частиц субстрата и созданию структуры будущей почвы, а также служат противозерозионным барьером [3, с. 17].

В использовании водорослей для индикации изменений, происходящих в почве под влиянием антропогенных факторов, выделяют два направления:

1) о характере и степени техногенного воздействия судят по структуре сообщества почвенных водорослей;

2) используют определённые виды водорослей в качестве тест-объектов в условиях лабораторного опыта.

Актуальность исследований заключается в том, что в ботанической литературе практически нет сведений о связи видового разнообразия почвенных водорослей с типом почв, а также не изучен ритм вегетации почвенных водорослей.

Объект исследования: лесные почвы как биотоп водорослей.

Предмет исследования: почвенные водоросли различных типов лесных почв в зависимости от их экологического состояния.

Цель работы: выяснить видовое разнообразие почвенных водорослей в различных типах лесных почв, их взаимосвязь с экологией почв, представить его в таксономических таблицах.

Задачи исследования:

1) изучить видовой состав и таксономическую структуру водорослей в различных почвах районов Республики Мордовия;

2) выяснить соотношение между типом почв и их альгофлорой;

3) выяснить зависимость между ритмом вегетационного периода и доминантными видами водорослей в данный период.

Научная новизна исследований – впервые изучена альгофлора различных типов лесных почв Республики Мордовия.

Исследование выполнено в рамках проекта «Бореальные злаки: особенности биологии и экологии» (Государственный контракт № П 1047 от 31 мая 2010 г.) федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

В настоящее время оценка состояния обитающих в почве организмов, их биоразнообразия имеет важное значение при решении задач природоохранной практики: выделении зон экологического неблагополучия, расчете ущерба, нанесенного деятельностью человека, определении устойчивости экосистемы и воздействию тех или иных антропогенных факторов [9, с. 3]. Микроорганизмы и их метаболиты позволяют проводить раннюю диагностику любых изменений окружающей среды, что важно при прогнозировании изменений окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов [11, с. 1449].

Особое значение в структуре микрофлоры почв занимают почвенные водоросли, объединяемые понятием альгофлора [9, с. 3]. Альгофлора почв включает две экологические группировки: наземные водоросли, образующие макроскопически заметные талломы на поверхности почвы, и собственно почвенные водоросли – микроскопические формы, обитающие в аккумулятивной части почвенного профиля [7, с. 367].

Для каждой зоны характерен определенный качественный состав альгофлоры. При этом выявлено, что микроорганизмы почв обладают высокой чувствительностью к антропогенному воздействию, и в городских условиях их состав сильно меняется.

Республика Мордовия расположена на стыке лесостепной и степной природных зон, ха-

рактируется разнообразным сочетанием факторов почвообразования и сложной историей развития, что способствует образованию в её пределах многочисленных разностей почв.

На территории Республики Мордовии распространены следующие виды лесных почв: чернозёмные, дерново-подзолистые, серые лесные, супесчаные и песчаные. Подзолистые почвы распространены в основном в западных и северо-западных районах республики и занимают большие массивы в Зубово-Полянском, Теньгушевском, Ельниковском, Темниковском, Ковылкинском, Краснослободском, Атюрьевском, Торбеевском районах. Встречаются они и в северо-восточной части Мордовии: в Ардатовском, Ичалковском, Больше-игнатовском районах.

Серые лесные почвы занимают 38% от общей площади земель, используемых в сельском хозяйстве республики.

В западных районах республики широко распространены светло-серые и серые, в восточных – серые и темно-серые почвы. Большие площади светло-серых почв сосредоточены в Теньгушевском, Темниковском, Зубово-Полянском, Торбеевском, Атюрьевском, Ельниковском, Краснослободском, Большеберезниковском, Дубёнском и Чамзинском районах.

Серые лесные почвы широко представлены в почвенном покрове Зубово-Полянского, Теньгушевского, Старошайговского, Краснослободского, Дубёнского, Лямбирского, Рузаевского, Чамзинского, Ромодановского административных районов [13, с. 20].

Чернозёмы на территории республики Мордовия занимают 34,6% от всей площади угодий. Представлены в основном оподзоленными и выщелоченными подтипами. На долю выщелоченных приходится около 2/3 всей площади чернозёмов, оподзоленных – около 1/3. Оподзоленные чернозёмы в пределах республики не образуют крупных массивов, а, как правило, встречаются вблизи территорий, занятых выщелоченными чернозёмами, а также в виде небольших участков среди темно-серых лесных почв в Темниковском, Краснослободском, Старошайговском, Инсарском, Атяшевском и других районах [13, с. 21].

Выщелоченные чернозёмы в Мордовии занимают обширные водораздельные участки, а также покатые долинские склоны. В основном они сосредоточены в восточных районах республики [13, с. 25].

Аллювиальные (пойменные) почвы располагаются довольно густой речной сетью и значительной площадью, сконцентрированных в долинах Мокши, Суры и многочисленных притоков. Этот тип почв представлен в Мордовии аллювиальными дерновыми насыщенными, аллювиальными луговыми кислыми, аллювиальными луговыми насыщенными, аллювиальными лугово-болотными, аллювиаль-

ными болотными иловато-глеевыми и аллювиально-болотными иловато-торфяными почвами. Среди них большие территории занимают аллювиальные луговые насыщенные почвы, меньшие – аллювиальные дерновые [13, с. 26].

Для почв характерны следующие отделы водорослей: синезелёные, желтозелёные, зелёные и диатомовые (относительно редки) [9, с. 10].

Изучение водорослей мы проводили в течение трёх вегетационных периодов 2009-2011 гг.

Для диагностики экологического состояния почв были выбраны участки размером 1010 м, представляющие собой основные типы растительных сообществ, типов почв Республики Мордовия, подверженные в разной степени антропогенной нагрузки.

На каждой площадке были отобраны образцы почвы объёмом 1 см² на глубине до 1 см. Затем все образцы были тщательно перемешаны и из полученного объёма почвы взята средняя проба весом 1 г. Один грамм почвы был размешан в 10 мл среды Дрю в чашках Петри.

Среда Дрю (вещество г/100 мл): КН₂Р₄ – 0,04, MgSO₄ – 0,02, СаСl₂ – 0,01, FeСl₃ – 0,01. Затем чашки Петри были закрыты и установлены на рассеянный свет (восточная сторона) при комнатной температуре. Тестирование проходило в трёхкратной повторности. Выращивание происходило в течение 15 дней [4, с. 153; 5, с. 172; 6, с. 151; 7, с. 368; 8, с. 312].

Определение водорослей происходило с помощью цифрового микроскопа «Микмед-1» при 300-кратном увеличении: предварительно делались фотографии водорослей с микроскопа, а затем они идентифицировались в лабораторных условиях с помощью определителей Я.В. Гарибовой [2, с.10], интернет-определителя «International Journal of Algae» [14] и сайта: <http://www.mstu.edu.ru/algae/green/table.shtml> [15].

На изучаемых участках почв нами было выявлено 12 основных видов почвенных водорослей из трёх групп: синезелёные, зелёные и диатомовые.

Из синезелёных водорослей нами были выявлены виды:

1. *Oscillatoria splendida* L.
2. *Nostok commune* Vauch.
3. *Gleotrichia echinulata* Parker (Eds.).
4. *Anabaena cyanophyta* L.
5. *Anabaena spiroides* L.

Было выявлено, что синезелёные водоросли характерны для всех типов почв, т.к. они могут приспосабливаться к различным условиям существования. Они были обнаружены во всех районах, кроме Кочкуровского и Старошайговского.

Из зелёных водорослей нами были выявлены виды:

1. *Chlorochytrium inclusum* Reincke.
2. *Bolbocoleon piliferum* Pringsheim.
3. *Entocladia viridis* Reincke.
4. *Ulotrix zonata* Kutz.

Зелёные водоросли в основном характерны для чернозёмных, дерново-подзолистых, супесчаных и серых лесных почв (все исследуемые районы Республики Мордовия, кроме Краснослободского и Атюрьевского), т.к. для своего существования им нужно гораздо больше питательных веществ, чем для синезелёных водорослей.

Из диатомовых водорослей нами были выявлены:

1. *Navicula lanceolata* (Agardh) Ehrenb.
2. *Surirella saxonica* Ehr.
3. *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr.

Диатомовые водоросли характерны лишь для чернозёмов, которые господствуют в ГО Саранск, Рузаевском, Ардатовском, Zubovo-Полянском, Инсарском, Кадошкинском, Большеигнатовском, Ичалковском, Кочкуровском, Лямбировском, Торбеевском, Атяшевском, Дубёнском районах, т.к. они служат индикаторами состояния почв.

Желтозелёных водорослей в почвах Республики Мордовия выявлено не было, они требуют для вегетации экологически чистые почвы, очень чутко реагируют даже на небольшие изменения в соотношении элементов питания.

Таким образом, по нашим данным, в Республике Мордовия сезонная ритмика вегетации водорослей почв следующая:

1) в весенний период доминируют синезелёные водоросли, т.к. для своего существования им требуется мало питательных веществ, они могут питаться и авто- и гетеротрофно, и могут переносить любые экологические условия;

2) в летний период доминируют зелёные водоросли, т.к. в этот период достаточно питательных веществ и хорошие экологические условия;

3) в осенний период обнаруживается большее количество диатомовых водорослей, т.к. вегетационный период у диатомовых водорослей идёт в начале осени и к этому времени в их створках накапливается большое количество CaCO_3 , они размножаются.

Апробированная нами методика «водорослевой биопробы» лесных почв Республики Мордовия позволяет сделать следующие **выводы**:

1. Качественный и количественный состав альгофлоры лесных почв Республики Мордовия позволяет говорить о нарушении нормально функционирующей почвенной микрофлоры.

2. Для лесных почв Республики Мордовия характерно следующее соотношение между типом почв и их альгофлорой:

а) синезелёные водоросли – все исследуемые типы почв (во всех исследуемых нами районах, кроме Кочкуровского и Старошайговского);

б) зелёные водоросли – чернозёмные, дерново-подзолистые, супесчаные и серые лесные почвы (все исследуемые районы);

в) диатомовые водоросли – чернозём (ГО Саранск, Рузаевский, Ардатовский, Zubovo-Полянский, Инсарский, Кадошкинский, Боль-

шеигнатовский, Ичалковский, Кочкуровский, Старошайговский, Теньгушевский, Атяшевский и Дубёнский районы).

3. Сезонная ритмика вегетации водорослей почв Республики Мордовия отличается спецификой:

а) в весенний период доминируют синезелёные водоросли, т.к. для своего существования им требуется мало питательных веществ, они могут питаться и авто- и гетеротрофно, и могут переносить любые экологические условия;

б) в летний период доминируют зелёные водоросли, т.к. в этот период достаточно питательных веществ и хорошие экологические условия;

в) в осенний период обнаруживается большее количество диатомовых водорослей, т.к. вегетационный период у диатомовых водорослей идёт в начале осени и к этому времени в их створках накапливается большое количество CaCO_3 , они размножаются.

Список литературы

1. Абузарова Л.Х. Оценка экологического состояния городских территорий по качественному составу автотрофной микрофлоры // Общие проблемы мониторинга природных систем: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ч. 2 – Пенза, 2007. – С. 76-77.
2. Гарибова Я.В., Дундик Ю.К., Костяева Т.Ф. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР. – М.: Мысль, 1978. – 215 с.
3. Ганжара Н.Ф. Почвоведение. – М.: Агроконсалт, 2004. – 392 с.
4. Горчакова А.Ю., Дуденкова Н.А. Водоросли почв на территории, прилегающей к МГПИ им. М.Е. Евсевьева // Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования: матер. III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Нижний Тагил, 1-5 марта 2010 г. Ч.1 – Нижний Тагил: Нижнетагил. гос. соц. пед. акад. – С. 153-156.
5. Горчакова А.Ю., Дуденкова Н.А. Использование водорослевой биопробы для мониторинга состояния почв // Урбоэкология: проблемы и перспективы развития: матер. V Международной научно-практической конференции, Ишим, 26-27 марта 2010 г. – Ишим: ИГПИ. – С. 172-176.
6. Горчакова А.Ю., Дуденкова Н.А. Водоросли лесных почв Республики Мордовия // Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока. Чтения памяти Л. М. Черепнина: матер. Пятой Всероссийской конференции с международным участием, Красноярск, 23-26 мая 2011 г. – Красноярск: КГПУ им. В. П. Астафьева. – Т. 1. – С. 148-154.
7. Дуденкова Н.А. Водоросли почв лесов Республики Мордовия // Материалы Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов в области биологических наук в рамках Всероссийского фестиваля науки: матер. Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ, 2011 г. – Ч. 1. – Ульяновск: УлГУ, 2011. – С. 367-371.
8. Дуденкова Н.А. Водоросли почв лесов Республики Мордовия // Инновационный потенциал молодежи: матер. Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ «Инновационный потенциал молодежи», 2011 г. – Ч. 4. – Ульяновск: ООО «Колор-Принт», 2011. – С. 311-354.
9. Малахова Н.А. Водоросли спланированных отвалов Кузбасса: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2007. – 17 с.
10. Штина Э.А. Почвенные водоросли как экологические индикаторы // Ботанический журнал. – 1990. – Т. 75, №1. – С. 441-453.
11. Штина Э.А., Зенова Г.Н., Манучарова Н. А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. – 1989. – №12. – С. 1449-1461.
12. Шумлянская Н.А., Диденко О.А. Сравнительная характеристика альгофлоры участков естественного зарос-

тания в различных вариантах рекультивации // Исследования молодых ботаников Сибири. Сборник докладов молодежной конф. – Новосибирск, 2006. – С. 46-52.

13. Щетинина А.С. Агроэкологическая характеристика почв Республики Мордовия // Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования: матер. II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Нижний Тагил, 1-5 марта 2009 г. Ч.1 – Нижний Тагил: Нижнетагил. Гос. соц. пед. акад. – С. 15-27.

14. Определитель водорослей Баренцева моря Шошина Е.В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mstu.edu.ru/algae/algae/use/russia.shtml> (дата обращения: 12.05.2011).

15. Электронный определитель водорослей / International Journal of Algae [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rjmcopany.com/microbe_tech.html (дата обращения: 10.03.2010).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Подольский А.Л., Тихомирова Е.И.,
Бобырев С.В., Беляченко А.А.,
Абросимова О.В., Угланов Н.С.,
Михалев С.Э., Маркина Т.А.

*Саратовский государственный технический
университет имени Ю.А. Гагарина, Саратов,
e-mail: tichomirova_ei@mail.ru*

Основной целью экологического мониторинга является разработка эффективных методов рационального природопользования, обеспечивающих сохранение экосистем и их развитие в желаемом направлении. Наиболее ценными качествами современных информационных технологий (ИТ), используемых в экологическом мониторинге являются:

1. Обеспечение совместного доступа к информации территориально удалённых пользователей.
2. Обеспечение общения исследователей в реальном времени.
3. Высокая скорость и относительно низкая стоимость вычислений за счёт использования эффективных алгоритмов.
4. Высокая защищённость информации от помех, возникающих при передаче информации по каналам связи, от ошибок оператора при вводе информации в систему и от несанкционированного изменения данных другими пользователями.
5. Развитые технологии искусственного интеллекта, позволяющие создавать эффективные экспертные системы оценки полученных результатов.

На современном этапе развития науки ИТ являются неотъемлемой частью любых экологических исследований. При разработке долговременных исследований следует с осторожностью применять различные аналитические методы обработки и интерпретации данных. Особенно это касается построения прогностических моделей. Необходимо точно представлять, какие математические процедуры лежат в основе применяемой методологии и насколько они применимы к данным биологическим объектам и косным компонентам экосистем. В ходе наших исследований естественных и нарушенных

экосистем региона учитываются следующие моменты:

1. Проводимые исследования должны быть комплексными: необходимо изучать все компоненты природных экосистем в их взаимосвязях между собой.

2. Исследования должны проводиться на достаточно больших территориях с целью уменьшения влияния пространственной неоднородности экосистем на полученные результаты.

3. Методология мониторинга должна соответствовать особенностям объектов исследования и быть неизменной на протяжении всего периода исследований. Это касается не только процедур учета биологических объектов и параметров окружающей среды, но и применяемых для обработки данных ИТ и программно-аппаратного обеспечения.

Результаты измерений параметров экосистем хранятся на общем сервере. При этом информация не обезличивается: всегда можно сказать, кем и когда эта информация была получена и по каким алгоритмам обработана. Это позволяет сопоставлять данные, полученные из различных источников. Если информация от какого-либо источника резко выделяется на фоне остальных измерений, это ещё не значит, что она не верна. Достоверность её может быть проверена дополнительными исследованиями.

Специальный раздел программного обеспечения позволяет осуществлять обратное движение по графу причинно-следственных связей в базе знаний и таким образом объяснять выводы, сделанные экспертной системой. Это позволяет корректно интерпретировать результаты мониторинга и обеспечивает адекватность полученных моделей пространственно-временной динамики экосистем.

Информационная безопасность обеспечивается разделением доступа пользователей к исходным данным, резервным копированием и внутренними средствами операционной системы.

В ходе исследования наземных и водных экосистем нами осуществляется мониторинг живых и косных компонентов экосистем, включая замеры физико-химических параметров среды и учёт численности биологических объектов. Собранные данные обрабатываются методами многофакторного статистического анализа. Это позволяет создать прогностические модели изучаемых экосистем. Для наглядного отображения результатов используются ГИС-технологии.

Аппаратная реализация разработанной нами системы мониторинга включает проведение замеров на подвижных измерительных станциях и передачу результатов на общий сервер. Это позволяет оптимизировать пространственное распределение точек проведения замеров и комплексно оценивать результаты онлайн. В качестве мобильных станций используются