

ПРИМЕНЕНИЕ NOSTOC COMMUNE В КАЧЕСТВЕ БИОИНДИКАТОРА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ УЧЕБНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

APPLICATION OF NOSTOC COMMUNE AS A BIOINDICATOR OF ENVIRONMENTAL POLLUTION: LITERATURE REVIEW AND RESULTS OF EDUCATIONAL EXPERIMENTS

O. Vitjazeva

Summary. Based on the literature data, *Nostoc commune* is recommended as one of the objects of bioindication of environmental pollution. During the first (pilot) stage of student educational experiments, calibration series for some pollutants were constructed for the purpose of subsequent evaluation of soil samples when studying the state of the soil according to its "flowering". The assessment of the biodiversity of microphototrophs in the soil also made it possible to assess both the impact of oil pollution and its processing products, as well as various nitrogen-containing substances. It turned out to be possible to apply similar techniques also for the determination of specific pollutants in snow samples.

Keywords: bioindicator, *nostoc commune*, environmental contamination, soil contamination.

Витязева Ольга Владимировна

К.п.н., доцент, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала

С.О. Макарова»

vitjazeva_olga@mail.ru

Аннотация. На основании литературных данных, одним из объектов биоиндикации загрязненности окружающей среды рекомендован *Nostoc commune*. В ходе первой (пилотной) стадии учебных студенческих экспериментов при исследовании состояния почвы по ее «цветению» были построены калибровочные ряды для некоторых загрязнителей, с целью последующей оценки проб почвы. Оценка биоразнообразия микрофототрофов в почве также позволила оценить как воздействие загрязнений нефтью и продуктами ее переработки, так и различными азотсодержащими веществами. Применить подобные методики оказалось возможным также для определения специфических загрязняющих веществ в пробах снега.

Ключевые слова: биоиндикатор, *nostoc commune*, загрязненность окружающей среды, загрязнение почвы.

Важнейшей составной частью экологического мониторинга окружающей природной среды является биомониторинг, как система наблюдений, оценки и прогноза различных изменений в биоте, вызванных факторами антропогенного происхождения. Значимость биомониторинга определяется следующими аспектами:

1. Он, делает возможной оценку качества тех или иных компонентов окружающей среды (как прямую, так и косвенную, в зависимости от оцениваемых параметров и выбранных маркеров) [8].
2. Проведение биомониторинга необходимо с целью разработки систем раннего оповещения, диагностики и прогнозирования степени загрязнения (в том числе биоты) [6];
3. Многие биоиндикаторы имеют большое значение при моделировании поведения различных загрязнителей в природной среде — а соответственно, пригодны для гигиенического нормирования [9].

Одними из основных биоиндикаторов, во всех этих смыслах, являются цианобактерии, в том числе рода

Nostoc. Это обусловлено оптимальным сочетанием их биофизиологических характеристик, хорошей исследованностью основных закономерностей особенностей роста и размножения, известными параметрами морфологии и ферментного обмена. Хотя и не все водоросли этого рода одинаково изучены, и не все обладают одинаковой чувствительностью к загрязнителям окружающей среды, поэтому выбор биоиндикатора ограничен всего несколькими видами, и в том числе *Nostoc commune* [1].

При этом некоторые морфологические и биохимические особенности делают именно *Nostoc commune* удобным объектом для биомониторинга загрязнения почвы и воды, по следующим причинам:

- ♦ он, наряду с другими сине-зелеными водорослями присутствует в большинстве экосистем (от тундры до тропической зоны), поэтому может быть компонентом качественно и количественно различных природных сообществ;
- ♦ скорость его роста в различных условиях известна, как и особенности реагирования на разнообразные загрязнители окружающей среды;

- ◆ различные представители рода носток имеют разную чувствительность к тем или иным загрязнителям воды и почвы.

Кроме того, носток может быть индикатором и степени нарушенности почв вследствие антропогенной нагрузки. Так, усиление развития его отмечалось при увеличении рекреационной нагрузки парков и лесов, так как эти водоросли предпочитают открытые, уплотненные участки почвы и щелочную реакцию среды. И напротив, одной из причин слабого развития ностока в эродированных почвах является неблагоприятные условия существования и особенно смыв гумуса — но, соответственно, носток может служить как маркером антропогенной нагрузки, так и степени эрозии почв. [7].

С помощью ностока в качестве индикатора принципиально возможно:

- ◆ обнаруживать места скоплений в экологических системах различного рода загрязнений, прежде всего в аспекте специфичных отклонений от нормальной морфологии клетки;
- ◆ можно судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы — в этом смысле ностоки более или менее типичны для любого биоценоза и любого конкретного экологического объекта (лес, река, озеро, бентос, отмель каменная или песчаная и т.д.);
- ◆ прогнозировать дальнейшее развитие экосистемы, так как существуют некоторые математические модели, по которым возможен такой прогноз [5].

В этом смысле преимуществом методов биоиндикации и биотестирования, с помощью ностока, является интегральный характер ответных реакций на то или иное загрязнение. Кроме того, в условиях хронической антропогенной нагрузки носток, в силу своего достаточно быстрого роста, способен реагировать на очень слабые воздействия, а также позволяет оценивать скорость и интенсивность происходящих в окружающей среде изменений (в данном случае опосредованно, через скорость роста, и типы обмена веществ у ностока на разных глубинах в почве) [7].

Кроме того, по ряду морфологических признаков ностока возможно определить места скоплений загрязнителей и сделать вывод о происхождении этих скоплений (залповый выброс, хроническое либо субхроническое воздействие, аккумуляция, перенос загрязнителя талой или дождевой водой, и т.п.) [4].

Все эти выводы из анализа доступных источников были подтверждены на первой (ориентировочной) стадии ряда студенческих проектов по экологии с исполь-

зованием *Nostoc commune* в качестве модельного объекта.

Прежде всего, были проведены исследования состояния почвы по ее «цветению», под которым понимается массовое размножение водорослей и цианобактерий на поверхности почвы. При этом такое явление инициировалось при помещении различных проб почвы в чашки Петри в лабораторных условиях, с соответствующим увлажнением. При этом при избыточном содержании пестицидов и нефтепродуктов такое цветение значительно ниже, чем в незагрязненных почвах, а при избытке азота — выше. Постановка такого опыта с построением «модельного ряда» (то есть, когда в чистую пробу почвы вносится точно отмеренное количество определенного загрязнителя) позволяет построить калибровочные ряды для каждого загрязнителя, с целью последующей оценки проб почвы, взятых в неблагоприятных по данному загрязнителю регионах.

Второй важный вопрос биомониторинга, поддающийся исследованию в условиях учебных студенческих проектов — это оценка биоразнообразия микрофототрофов в почве. Так, при естественном состоянии почвы Нечерноземья, в ней примерно в равном соотношении присутствуют пять основных группировок почвенных микрофототрофов: одноклеточные (зеленые, желто-зеленые), нитчатые (зеленые, желтозеленые водоросли), диатомовые водоросли, а также безгетероцистные (не азотфиксирующие) и гетероцистные (азотфиксирующие) цианобактерии [2]. Резкое снижение или отсутствие любой из таковых пяти группировок предполагает определенное неблагополучие, а при отсутствии двух или трех из них позволяет диагностировать нарушение биологического баланса. В сильно загрязненных почвах (особенно нефтепродуктами) обнаруживалась только одна группировка водорослей — одноклеточные зеленые (чаще всего, хлорелла), с малой численностью клеток.

Кроме того, по результатам первой стадии учебных студенческих проектов, перспективным можно признать метод стеклообрастания. Первоначально он использовался для определения качественного и количественного состава микробиоты [3]. Мы же предлагаем использовать его для биотестирования структурных изменений микробиоценозов при химическом загрязнении почвы. В условиях увлажнения, примерно на третьи сутки, на покровных стеклах в чашках Петри развиваются сообщества, которые являются полными аналогами таковых в нативной (природной) почве. Так становится возможным на качественном уровне судить о том, обладает ли проба почвы с конкретного участка фитотоксичными свойствами (и какими именно), и требуются ли те или иные мероприятия по ее оздоровлению.

Важнейшей задачей экологического мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, с использованием снега как индикатора, является отработка методов определения в пробах снега (в органической части сухого остатка талой воды) специфических загрязняющих веществ, однако в зависимости от их конкретики выбор модельного объекта может предполагать не только носток, но и многие другие почвенные водоросли.

Таким образом, на основании обзора литературы и учебных экспериментов студентов можно заключить следующее.

1. Ввиду особенностей биологии и экологии *Nostoc commune*, его применение в качестве объекта мониторинга для определения степени загрязнения вод и почвы обусловлено, прежде всего, особенностями его обмена веществ. Прежде всего, в части сочетания потребления различных связанных форм азота (что актуально при загрязнении почвы нитратами и солями аммония), а также загрязнений водоёмов отходами животноводческих ферм, азотными удобрениями или (обычно во время снеготаяния) смывами почвы с органическими удобрениями с полей.

2. Ввиду своих биофизиологических особенностей, *Nostoc commune* обладает оптимальным набором биоиндикационных свойств, и потому к нему применимы все основные качественные и количественные методы мониторинга численности и видового разнообразия почвенных водорослей (как в зонах загрязнения, так и в экологически чистых зонах, выбираемых в качестве контрольных). Особенно это значимо в части загрязнения почв и вод нефтью и продуктами ее переработки
3. Несомненным преимуществом *Nostoc commune* является достаточно широкий диапазон, и обычность его для большинства биоценозов на территории России — соответственно, при анализе данных это исключает неконтролируемый разброс параметров при мониторинговых исследованиях. Хотя многое зависит не только от химической природы этих веществ, но и от генетических свойств штамма. Соответственно, в ходе последующих экспериментов может быть выбран штамм, особо чувствительный к значимым изменениям концентрации тех или иных веществ в окружающей среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гераськин С.А. Принципы эколого-генетического мониторинга загрязнения окружающей среды ксенобиотиками. // в сб.: Мониторинг загрязнения почв ксенобиотиками и адсорбционные методы детоксикации. Краснодар. 1993. — С. 7–10.
2. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы в агроэкосистемах и закономерности его развития. Автореферат диссертации ... докт. биол. наук. М., 1998. — 28 с.
3. Кузьяхметов Г.Г., Дубовик И.Е. Методика изучения почвенных водорослей. Уфа, 2001. — 156 с.
4. Лапочкина И.Ф., Ячевская Г.Л., Иорданский И.В. и др. Влияние внесения осадков сточных вод и сорбентов на цитологические параметры растений. // Тезисы юбилейной конференции «Актуальные проблемы естественных и гуманитарных наук. Биология, Химия». — Ярославль, 1995. — С.20–23.
5. Левич А.П. Биотическая концепция контроля природной среды. // Доклады академии наук. — 1994. -N2. — С.280–282.
6. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х., Воронина Л.П. Биотест для определения экологических последствий применения химических средств защиты растений. // Доклады ВАСХНИЛ. — 1991. -N. 7. — С.5–9.
7. Русанов А.М. Перспективы сохранения и восстановления свойств и экологических функций почв сельскохозяйственного назначения // Экология. — 2003 — № 1. — с. 12–17.
8. Черненькова Т.В. Методика комплексной оценки состояния лесных биогеоценозов в зоне влияния промышленных предприятий // Пограничные проблемы экологии. Сб. Научн. трудов. — Свердловск: УНЦ АН ССР. 1986. С. 116–127.
9. Шандала М.Г. Генетическое и экологическое нормирование: методологические подходы и пути интеграции. // Гигиена и санитария. — 1992. — № 4. — с. 19–24.

© Витязева Ольга Владимировна (vitjazeva_olga@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»