

УДК 504:622.279

И.В. Балакирев, А.С. Никишова, Е.Е. Ильякова, С.И. Липник

## Применение методов биоиндикации при экологическом мониторинге объектов добычи газа

**Ключевые слова:** биоиндикация, биоиндикатор, качество окружающей среды, производственный экологический мониторинг.

**Keywords:** bioindication, biological indicator, the quality of the environment, self-monitoring.

Обустройство и эксплуатация объектов добычи газа и газового конденсата неизбежно оказывает влияние на естественные экосистемы. Оценка экологической ситуации, планирование и проведение мероприятий по контролю биоценозов в районах разработки месторождений является необходимой составляющей мониторинга качества окружающей среды, предусмотренного законодательством Российской Федерации, например ст. 23 Закона РФ «О недрах», ст. 3, 4 Закона «Об охране окружающей среды».

Традиционные методы экологического мониторинга, как правило, сводятся к химическому контролю концентрации загрязняющих веществ и констатации факта ее соответствия или несоответствия требованиям, установленным нормативными документами. Зачастую они не позволяют провести комплексную оценку фактического влияния производственной деятельности на окружающую среду, а ориентация на санитарно-гигиенические показатели (ПДК) – объективно оценить состояние экосистем.

Методы биоиндикации более информативны в части определения прямой реакции экосистемы на антропогенное воздействие, а экологический мониторинг с применением данных подходов позволяет получать более объективные результаты и проводить количественную оценку процессов восстановления объектов окружающей среды, оценивать уровень эффективности природоохранных мероприятий.

### Биоиндикация окружающей среды

В литературе встречается множество определений понятия *биоиндикация*. Главные различия заключаются в том, какой компонент природной среды является объектом мониторинга. В целом же *биоиндикация* – это оценка качества природной среды по состоянию населяющих ее живых организмов. Живые организмы или сообщества организмов, жизненные функции и наблюдаемые изменения которых тесно коррелируют с определенными факторами среды и которые могут применяться для их оценки, называются *биоиндикаторами*.

При биоиндикации может учитываться разный уровень реакции ответа биосистем на антропогенные воздействия:

- биохимические и физиологические реакции на вредные факторы (молекулярный, клеточный, организменный уровни);
- морфометрические, биометрические отклонения (клеточный, организменный уровень);
- фаунистические и хорологические (размещение ареалов обитания) изменения (организменный и популяционный уровни);
- изменение биоценозов.

Повышение уровня организации живой природы при биоиндикации может приводить к усложнению, неоднозначности биологического отклика на воздействие антропогенных факторов, поскольку они могут сочетаться с природными факторами. Поэтому в качестве объектов выбираются организмы, наиболее чувствительные к исследуемым техногенным воздействиям.

В зависимости от времени развития биоиндикационных реакций выделяются различные типы чувствительности организмов:

I тип – биоиндикатор проявляет быструю реакцию, продолжающуюся некоторое время, после чего перестает реагировать на загрязнение;

II тип – биоиндикатор в течение длительного времени линейно реагирует на воздействие возрастающей концентрации загрязнения;

III тип – после быстрой сильной реакции наблюдается ее затухание: сначала резкое, затем постепенное;

IV тип – под влиянием загрязнения реакция биоиндикатора постепенно становится все более интенсивной, но при достижении максимума постепенно затухает;

V тип – реакция и типы неоднократно повторяются, возникает осцилляция биоиндикаторных параметров.

Различают биоиндикацию: пассивную и активную, неспецифическую и специфическую, прямую и косвенную.

При *пассивной* биоиндикации у свободно живущих организмов исследуются видимые или заметные изменения или отклонения от нормы, являющиеся признаками стрессового воздействия. При *активной* анализируют те же самые воздействия на тест-организмы, находящиеся в стандартных условиях на исследуемой территории.

*Неспецифический* биоиндикатор реагирует одинаково на различные антропогенные факторы; при *специфической* биоиндикации те или иные изменения можно связать только с одним фактором.

При *прямой* биоиндикации фактор среды действует непосредственно на биологический элемент; при *косвенной* – наблюдаемые изменения у биоиндикатора происходят под влиянием других непосредственно затронутых элементов.

Чувствительные биоиндикаторы реагируют значительным отклонением текущего состояния от нормы. У аккумулятивных биоиндикаторов результаты воздействий проявляются постепенно, без быстро проявляющихся нарушений. Пример последних – накопление тяжелых металлов растениями-аккумуляторами, двусторчатками моллюсками и т.п. [1].

В работах российских ученых можно найти достаточно большое количество результатов исследований по изучению влияния ан-

тропогенных факторов на состояние различных экосистем посредством наблюдения за живыми организмами. Разработаны методики по биоиндикации атмосферного воздуха, преимущественно основанные на наблюдении реакций растений (например, хвойных), лишенофлоры (лишайники) и бриофлоры (мхи). При биоиндикации водных экосистем чаще всего рассматриваются состав и численность донной (бентосной) беспозвоночной фауны, зоопланктона, рыбной фауны. Для контроля загрязнения почвы используются почвенная микро- и мезофауна, растительность, а также микроорганизмы [2].

В настоящее время в России применение методов биоиндикации как основного инструмента производственного экологического мониторинга не востребовано в связи тем, что сравнительной базой контроля состояния окружающей среды являются концентрации загрязняющих веществ. В США и странах ЕС биоиндикация как метод контроля качества среды имеет более значимый характер. Особенно ярко это выражено при мониторинге состояния поверхностных вод, где осуществлен переход от химического контроля к биологическому, основанному на системе биоиндикации. Основной причиной перехода является тот факт, что сообщества водных организмов отражают совокупное воздействие факторов среды на качество поверхностных вод [3].

### Применение методов биоиндикации в ОАО «Газпром»

Начиная с середины 1990-х и до начала 2000-х гг. был проведен ряд исследовательских работ по применению методов биоиндикации при экологическом мониторинге на объектах ОАО «Газпром».

В работе под руководством Г.П. Босняцкого рассматриваются результаты апробации методов биоиндикации, разработанных ВНИИГАЗом совместно с Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН. Работа проводилась в 1998–2001 гг. в санитарно-защитной зоне Невинномысской КС.

Проведенные работы подтвердили, что в качестве естественного индикатора состояния окружающей среды может служить лишайник, особенно чувствительный к газам  $\text{NO}_x$  и  $\text{H}_2\text{S}$ : *Usnea filipendula*, *Bryoria capillaries*, *Lobaria pulmonaria*. В основу разработанных методов легли исследования ученых Германии, где рассматривается активный метод

стандартизированной экспозиции листового лишайника *Hypodyvia physodes* [4].

В работе [5] приводятся результаты экспериментальных исследований качества вод специалистами ВНИИГАЗа на территории объектов газовой промышленности с помощью метода биоиндикации, который обеспечивает возможность прямой оценки состояния водоемов в натуральных условиях с помощью индикаторных таксонов – дафний.

Л.В. Разумовский в своей работе по изучению современных диатомовых комплексов из речных осадков Волго-Ахтубинской поймы на территориях, примыкающих к Астраханскому газоконденсатному месторождению, указывает, что полученные результаты и разработанные методики могут применяться специалистами-экологами в районах размещения объектов газовой промышленности при проведении производственного экологического мониторинга [6, 7].

К сожалению, дальнейшего развития применение методов биоиндикации в газовой промышленности не получило. Периодически авторами публиковались работы по оценке воздействия производственных объектов на компоненты окружающей среды. Например, в работе И.Н. Цибарт указывается, что в 2004 г. сотрудниками отдела охраны окружающей природной среды ООО «ТюменНИИгипрогаз» на территории Собинского нефтегазоконденсатного месторождения проводились биоиндикационные исследования – определение степени отклонения среды от нормы по нарушению стабильности развития листьев березы повислой *Betula pendula* [8].

В настоящее время интерес к биоиндикации снова растет. Начиная с 2010 г. сотрудники Центра экологической безопасности, энергоэффективности и охраны труда ООО «Газпром ВНИИГАЗ» при участии специалистов Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН ведут научно-исследовательскую работу на территории производственных объектов ООО «Газпром добыча Краснодар» по теме «Оценка геоэкологической ситуации в районах деятельности ООО «Газпром добыча Краснодар» с ис-

пользованием метода биоиндикации». Целью работы является совершенствование системы производственного экологического мониторинга путем развития метода биоиндикации. Исследования проводятся на территории Прибрежно-Новотитаровского лицензионного участка, включающего объекты добычи и подготовки газа и газового конденсата. Районы разработок месторождений расположены в пределах плавнево-лиманных ландшафтов обширного природного комплекса регионального значения – дельты Кубани. В настоящее время проведена оценка абиотических и биотических особенностей экосистемы. Выявлены существующие стрессовые воздействия на объекты окружающей среды. В почвенных образцах определены представители мезо- и микрофауны, в водных объектах идентифицированы представители зоопланктона и зообентоса. Изучены и описаны представители растительных сообществ. Параллельно выполнен химический контроль загрязняющих веществ в почве и воде. Данные, полученные в ходе совместного дисперсионного анализа результатов биоиндикационных исследований и химического контроля, показывают, что в условиях Приазовья наиболее репрезентативными биоиндикаторами состояния почв могут быть панцирные клещи и жужелица, а вод – двустворчатые моллюски и личинки насекомых.

Применение методов биоиндикации позволяет определить совокупное воздействие стрессовых факторов на качество среды. Включение методов биоиндикации в программы производственного экологического мониторинга позволит облегчить интерпретацию получаемых данных, повысить точность оценки состояния окружающей среды и достоверность прогноза развития экологической ситуации. Биоиндикация является универсальным методом и применима на объектах транспорта, хранения, переработки и добычи газа, включая территорию шельфа. Установившаяся зарубежная практика показывает, что проведение мониторинга на основе методов биоиндикации может быть относительно недорогим мероприятием по сравнению с химическим контролем.

## Список литературы

1. Кузнецов А.Е. Прикладная эковиотехнология: В 2 т. – Т 2. / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова, С. Лушников. – М.: Бином, 2010. – С. 225–244.
2. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем: пер. с нем. / под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
3. Семенченко В.П. Принципы и системы биоиндикации текучих вод / В.П. Семенченко. – Минск: Орех, 2004. – 125 с.
4. Босняцкий Г.П. Опыт применения методов биоиндикации для контроля состояния окружающей среды / Г.П. Босняцкий // Газовая промышленность. – 1996. – 16 с.
5. Аكوпова Г.С. Проблемы охраны водной среды на объектах транспорта и хранения газа / Г.С. Аكوпова, Н.С. Немкова // Газовая промышленность. – 1995.
6. Разумовский Л.В. Биоиндикация общего уровня антропогенной нагрузки методом графического сопоставления внутренней структуры диатомовых комплексов (на примере речной системы Волго-Ахтубинского междуречья) / Л.В. Разумовский // Газовая промышленность. – 1999. – 72 с.
7. Разумовский Л.В. Биоиндикация уровня антропогенной нагрузки на тундровые и лесотундровые ландшафты по диатомовым комплексам озер Кольского полуострова / Л.В. Разумовский // Газовая промышленность. – 1997. – 92 с.
8. Цибарт И.Н. Оценка качества природной среды территории Собинского месторождения по состоянию живых организмов / И.Н. Цибарт // Проблемы развития газовой промышленности Сибири: сб. тезис. докл. XVI науч.-практич. конф. молодых ученых и специалистов. – Тюмень: ТюменНИИгипрогаз, 2010 – С. 219–220.