

МОНИТОРИНГ БИОТЫ ПРИ ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОРО НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

*М. Ю. Воронин, к. б. н.,
Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского;
А. А. Баюнов, группа компаний «Размах»*



www.sakhalinenergy.ru

При долгосрочной оценке воздействия полигона ТКО на окружающую среду в соответствии с приказом Минприроды РФ № 66 от 04.03.2016 важнейшей составной частью мониторинга окружающей среды является наблюдение за состоянием биоты.

По определению Н. Ф. Реймерса [1] биологический мониторинг – это наблюдение за биологическими объектами (наличием видов, их состоянием) и оценка качества окружающей среды с помощью организмов-биоиндикаторов. Биомониторинг может осуществляться на различных уровнях организации живой природы: макромолекул, клетки, ткани, органа, организма, популяции, биоценоза. Проведение наблюдений за состоянием окружающей природной среды с использованием биоиндикаторных организмов называют биоиндикацией [2, 3]. Методы биоиндикации широко используются в практике качественной и количественной оценки антропогенного влияния на природные среды (воз-

дух, воду, почву) и экосистемы. Преимуществами их являются доступность и относительная дешевизна по сравнению с химико-аналитическими и физико-химическими методами мониторинга, а также высокая степень чувствительности биологических объектов, позволяющая выявить негативные воздействия, не регистрируемые при оценке только химических и физических факторов. Основным недостатком данных методов – трудность интерпретации реакции биоиндикаторов на различного рода факторы среды [4, 5]. Один отдельно взятый метод биологического мониторинга не позволяет сделать окончательное заключение о наличии и степени интенсивности антропогенного воздействия. Поэтому принято использовать комплекс методов мониторинга растительного и животного мира, отражающих различные стороны структурно-функциональной организации экосистем, что позволяет выявить общие закономерности их реакции на изменение качества среды.

ПРОВЕДЕНИЕ МОНИТОРИНГА РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО МИРА

Проведение мониторинга растительного мира района расположения объектов размещения ТКО (далее – ОРО) в соответствии с п. 16 приказа Минприроды РФ № 66 от 04.03.2016 [6] (далее – приказ № 66) предусматривается в случае обнаружения загрязнения грунтовых вод и/или почвенного покрова по результатам анализа геохимических данных. Такой подход является достаточно сбалансированным с экономической и экологической точек зрения, однако формулировка обоснования необходимости мониторинга животного мира оставляет желать лучшего. «Решение о необходимости проведения наблюдений за объектами животного мира принимается по результатам анализа геохимических данных о состоянии растительного покрова при наличии свидетельств о его загрязнении и/или по результатам анализа физиономических данных о состоянии растительного покрова при наличии свиде-

тельств о его угнетении». Выражение «по результатам анализа геохимических данных о состоянии растительного покрова» – это бессмысленный набор слов: у растений не может быть геохимических данных. Анекдотично звучит рекомендация при необходимости обоснования проведения зоомониторинга ориентироваться на «анализ физиономических данных», вероятно, авторы подразумевали геоботанические данные.

По нашему мнению, обоснование необходимости проведения мониторинга растительного и животного мира лучше приведено в приказе Минприроды РФ № 92 от 16.03.2017 «Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля». Пункты 9.6 и 9.6.1 этого приказа содержат обоснование необходимости проведения мониторинга растительного и животного мира со ссылками на Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

ВЫБОР ИНДИКАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОНИТОРИНГА

При проведении мониторинга растительного и животного мира в районе полигона ТКО в качестве отправной точки следует использовать данные о состоянии растительного покрова и животного мира, полученные на этапе проектирования объекта, являющиеся обязательной составной частью проектной документации [7]. Наличие материалов по растительному и животному миру предусматривает также п. 7.2 Федерального закона от 23.11.1995 № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» и постановление Правительства РФ от 19.01.2006 № 20 «Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства». Для оценки состояния растительности района проектируемого объекта учитываются характеристики рельефа и почвенного покрова, определяются основные типы сообществ, видовой состав

и структура, выделяются виды-эдикторы как виды растений с сильно выраженной средообразующей способностью, то есть в той или иной мере определяющие облик сообщества. При необходимости выявляются площади распространения конкретных видов (хозяйственно ценных, редких и охраняемых), определяется хозяйственная ценность растительных сообществ или отдельных видов. Также на этапе проектирования полигона ТКО должны быть установлены основные источники антропогенного воздействия на растительность, характер и предполагаемая степень интенсивности этого воздействия.

В каждом конкретном случае выбор ключевых участков мониторинга и объектов его проведения зависит от размера и категории опасности полигона ТКО, а также от природных условий окружающей территории. Однако разработаны общие принципы выбора ключевых участков и объектов проведения мониторинга растительного и животного мира. Ключевые участки (пробные площади) должны располагаться в типичных для района проведения работ экосистемах, быть внутренне однородными и сходными между собой по абиотическим параметрам (положение в рельефе, тип почвы, гидрологические условия и др.), составу и структуре биотических компонентов. При планировании сети ключевых участков мониторинга также учитываются расстояние до объекта, типы возможного антропогенного воздействия. Обязателен выбор фоновых участков, расположенных за пределами вероятного воздействия объекта либо иных возможных источников негативного влияния на растительность и животных [8].

Выбираются виды – индикаторы состояния окружающей среды. Биоиндикатор – это группа особей одного вида или сообщества, по наличию, состоянию и поведению которых судят о естественных и антропогенных изменениях в среде, в том числе и о присутствии и концентрации загрязнителей [3, 9].

К биоиндикаторам предъявляются следующие требования:

- присутствие их в большом количестве в исследуемой экосистеме;
- легкость идентификации;
- хорошая изученность биологии вида-индикатора;
- доступность получения (сбора в природе) или легкость культивирования;
- четко выраженная количественная и качественная реакция на отклонение свойств среды обитания от экологической нормы;
- наличие корреляции между реакцией организма и уровнем воздействия стресс-фактора на систему.

В качестве индикаторов воздействия полигона ТКО на объекты животного мира в п. 17 приказа № 66 предлагается использовать рыб, земноводных или млекопитающих (грызунов). В перечне отсутствуют беспозвоночные животные, в первую очередь почвенные и связанные своей жизнедеятельностью с почвой, тогда как именно беспозвоночные животные полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к видам-индикаторам, а по показателям количественного присутствия в экосистеме, легкости сбора и культивирования заметно превосходят позвоночных животных, которых предлагается использовать как индикаторов.

Методы биоиндикации подразделяются на два вида: регистрирующая биоиндикация и биоиндикация по аккумуляции. Регистрирующая биоиндикация позволяет судить о воздействии факторов среды по состоянию особей вида или популяции, а биоиндикация по аккумуляции использует свойство растений и животных накапливать те или иные химические вещества. В соответствии с этими методами различают регистрирующие и накапливающие индикаторы. Регистрирующие биоиндикаторы реагируют на изменения состояния окружающей среды изменением физиологических, биохимических, анатомо-морфологических, популяционных характеристик. Накапливающие индикаторы концентрируют загрязнители в своих тканях, определенных органах и частях тела, которые могут быть подвергнуты химическому анализу.

МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО МИРА

В рамках экологического мониторинга проводится диагностика состояния экосистем, определение перспектив их развития и поиск способов минимизации вреда, наносимого хозяйственной деятельностью человека [10]. Учитывая сложность изучения экосистем в целом, гораздо эффективнее использовать индикаторные живые системы, которые позволяют в определенной мере судить о состоянии и тенденциях развития более крупной экосистемы. Одним из главных условий подбора биоиндикаторов является обязательное проведение исследований на разных уровнях организации живого:

- молекулярно-клеточном, характеризующем нарушения структуры клеток и биохимических процессов;
- организменном, отражающем морфологические и физиологические нарушения у индивидуумов;
- популяционном, фиксирующем изменения популяционной структуры;
- биоценотическом, аккумулирующем изменение структуры и функционирования экосистем.

Изменения на клеточно-генетическом уровне обычно происходят раньше, чем на популяционном и уровне сообществ. Однако изменения на уровне экосистем и сообществ свидетельствуют о более длительном и существенном антропогенном воздействии.

Разработан широкий спектр научных методик наблюдения за состоянием окружающей среды. Перечисление огромного количества методов мониторинга растительного и животного мира, апробированных для разных целей, не входит в рамки данной статьи, поэтому ограничимся лишь некоторыми из них, наиболее широко применяемыми и зарекомендовавшими себя как точные. Как уже упоминалось, общим принципом организации биологического мониторинга является комплексность: необходимо сочетать методы, отражающие состояние живых организмов на разных уровнях организации [11].

На генетическом уровне проводится анализ генетических измене-

ний в соматических и половых клетках, характеризующих как мутагенность среды, так и эффективность иммунной системы организма. Относительно простые и высокочувствительные цитогенетические методы основаны на оценке структурных и числовых изменений хромосом в соматических клетках (ядрышковый тест, метод учета хромосомных аберраций) [12–14]. Для выявления и прогнозирования вредного влияния мутагенных факторов окружающей среды, а также опосредованных эндогенных цитогенетических факторов удобным и чувствительным объектом являются эритроциты рыб [15]. Это прежде всего определение количества микроядер, так как данный показатель является объективным критерием целостности и устойчивости генетического аппарата.

На биохимическом и клеточном уровнях оценивается изменение активности ключевых ферментов в метаболизме биологических объектов, что позволяет зафиксировать токсическое действие. Для мониторинга состояния растительных организмов широко применяется метод анализа количества и соотношения основных фотосинтетических пигментов, позволяющий судить о степени негативного влияния [16]. Также в практике мониторинга состояния растительности в районе расположения промышленных объектов применяется пролиновый тест, основанный на определении содержания в тканях растений пролина – аминокислоты, накапливающейся в ответ на стрессирующие воздействия [17].

На морфологическом и морфогенетическом уровнях используются разнообразные методы, оценивающие фенотипические признаки живых организмов. Также разработаны методы регистрации загрязнения окружающей среды по повреждениям ассимиляционных органов растений (листья, хвоя), уменьшению линейного роста побегов и снижению фертильности пыльцы [18–20].

На популяционном уровне определяются показатели состояния популяций индикаторных видов организмов – обилие, плотность, возрастная структура, жизненность. Состояние популяции видов-инди-

каторов – один из важнейших показателей состояния экосистемы, высокочувствительный к основным антропогенным факторам. В результате антропогенного воздействия параметры состояния популяции отрицательных видов-индикаторов снижаются, а положительных видов-индикаторов – возрастают. Применяются также методики изучения семенной продуктивности доминирующих видов растений [21, 22].

Наиболее широко в мониторинге применяются методы оценки флуктуирующей асимметрии, основанные на регистрации нарушений билатеральной симметрии органов в популяции индикаторного вида как животных, так и растений. Наиболее широко применяемыми индикаторами являются рыбы и древесные растения [23–25]. Вместе с тем необходимо помнить, что индикация на популяционном уровне обязательно должна дублироваться другими методами, поскольку уровень флуктуирующей асимметрии неспецифически возрастает в ответ на любое воздействие, в том числе и неантропогенное.

На экосистемном уровне для оценки состояния растительных сообществ используются флористические и геоботанические исследования. В связи с этим выделяют флористические и геоботанические индикаторы. Флористические индикаторы – это виды и внутривидовые таксоны растений, геоботанические индикаторы – растительные сообщества и их комплексы, экологические ряды, сезонные особенности смены аспектов фитоценозов. Оценка состояния проводится и по показателям животных сообществ, так, например, макрзообентос – важнейший объект биологического мониторинга пресноводных водоемов [26], находящихся в зоне возможного воздействия полигона ТКО. Важным показателем степени нарушенности экосистем является биоразнообразие, оцениваемое с применением специальных индексов [27–29], снижение биоразнообразия под действием внешних негативных факторов обычно оценивается по индексам Шеннона, Пиелу [30]. ♻️

Список литературы приведен на www.solidwaste.com