

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОДХОДОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ СИБИРСКОЙ АРКТИКИ

Е.Н. Шестакова^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

APPLICATION POSSIBILITIES OF COMPLEX AND INTEGRATED APPROACHES FOR THE ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF WATER RESOURCES OF THE SIBERIAN ARCTICE

E.N. Shestakova^{1,2}

¹Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

²Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

Дана сравнительная оценка применимости комплексных и интегральных подходов к экологической оценке водных ресурсов Сибирской Арктики. Наиболее эффективным является интегральный подход, оправдывающий себя в условиях дефицита данных режимных наблюдений за биотической компонентой водных экосистем.

A comparative assessment of the applicability of complex and integrated approaches to the environmental assessment of the water resources of the Siberian Arctic is given. The most effective is an integral approach that justifies itself in the conditions of the lack of data from regime observations of the biotic component of aquatic ecosystems.

Интенсивное освоение ресурсов Сибирской Арктики стало причиной формирования многочисленных импактных районов. Многие из них сформировались в результате добычи и транспортировки углеводородного сырья и характеризуются критическим экологическим состоянием геосистем, обусловленного трансформацией геохимического фона, нарушением почвенно-растительного покрова и загрязнением вод.

Оценка современного экологического состояния водных ресурсов этого региона приобретает особенную актуальность в связи с отсутствием гидробиологических наблюдений ГСН для большинства сибирских арктических рек, с несовершенством единичных и косвенных методов экологической оценки водных объектов при отсутствии или разрозненности данных гидробиологического мониторинга и в связи несогласованностью исследований водного режима рек и химического состава вод.

Оценка состояния и антропогенных изменений экосистем по абиотическим параметрам является классическим подходом в экологических оценках. В рамках данного подхода значения конкретных показателей или факторов сравниваются с установленными нормативными (предельно допустимыми) значениями. Наиболее широко известным нормативом являются нормативы ПДК. Стоит отметить, что количество нормируемых антропогенных факторов не соответствует их реальному многообразию, поскольку знания о них ограничены, факторы имеют разную природу (химическую, биологическую, физическую) антропогенного и естественного происхождения. В настоящее время, преимущественно ведётся регламентация содержания химических веществ, а другие виды воздействия по-прежнему регламентированы недостаточно [1].

Биоиндикация является закономерным этапом развития экологических оценок в связи с несостоятельностью нормирования только абиотических параметров среды. Биотические характеристики имеют ряд преимуществ перед абиотическими, а именно объективность и надёжность. Однако биоиндикация не характеризует причины антропогенных изменений экосистемы, а только уровень этих изменений. Вопрос о лимитирующем антропогенном факторе из всего многообразия факторов остаётся открытым. Результаты биоиндикации зависят от цели исследования и правильного выбора индикатора и его характеристик.

Совместное использование абиотических и биотических параметров экосистемы для оценки её состояния позволяют использовать преимущества каждого подхода. В целом этот подход

можно уже назвать комплексным. Этот подход лежит в основе оценки качества вод стандартными методами в России [2]. Примером является шкала сапробности. При таком подходе биотические характеристики учитываются явно недостаточно. Например, при оценке природных вод обычно используется индекс Вудивисса и его модификации, показатели биохимического потребления кислорода (БПК₅) и обилие бактерий. Биотические и абиотические показатели могут сводиться в единый показатель, такой как ИЗВ.

Иногда приоритетное значение приобретают абиотические параметры, а методы биоиндикации служат только для проверки результатов, получены прямыми аналитическими методами качества среды. Раздельное использование факторов живой и неживой природы приводят к тому, что выделение основных факторов, определяющих состояние биоты, и количественно определить многофакторные воздействия на экосистему становится невыполнимой задачей.

Как уже отмечалось выше, экологические оценки должны учитывать всё многообразие состояний оцениваемых систем и воздействий на них путём использования как абиотических, так и биотических показателей. Для решения проблем многомерности исходных данных исследователи применяют различные подходы к оценкам, ставя условные ограничения на выбор оцениваемых компонентов окружающей среды и их свойств.

Существует два пути так называемого свёртывания информации. Первый включает субъективный выбор параметров, то есть усечение информации, а второй подразумевает наличие процедуры свертывания, которая может быть как вербальной, так и формализованной [3].

Примерами первого пути являются единичные покомпонентные оценки, которые проводятся путём сопоставления характеристик системы с уровнями и нормами. Косвенные оценки подразумевают установление значимости объекта по показателям, отражающим функциональные и корреляционные взаимосвязи между оцениваемыми свойствами, то есть отражают объект через сопряжённые показатели.

Комплексные оценки могут относиться как к первому, так второму пути свёртывания информации. Они обычно строятся на основе единичных оценок и включают в себя различные методы, которые условно по форме выражения можно разделить на 3 группы [4]: нахождение коэффициентов загрязнённости, расчёт индексов загрязнённости воды, классификации качества воды и загрязнённости по численным значениям различных индексов.

Классификация индексов может быть произведена на основе способов их получения. Они делятся на индексы-маркеры (интенсивность водообмена, продуктивность и др.), аналитические индексы (индексы разнообразия и др.) и функции желательности [3, 5, 6].

Считается, что комплексные показатели не лишены проблем. Индексы, характеризующие различные аспекты водных экосистем, порой не могут быть сопоставимы. Выходом из сложившейся ситуации принято считать использование интегральных показателей. Рассчитываемые на основе комплексных, а также единичных и косвенных оценок, интегральные показатели сравниваются с нормой для получения адекватной оценки состояния экосистемы [7].

Интегральные оценки позволяют использовать разнородную неточную информацию о весовых коэффициентах параметров, использовать нечисловую информацию, оперировать неполной информацией, получать модельные интегральные оценки в условиях дефицита информации о точных значениях весовых коэффициентов параметров.

Процесс построения интегральных оценок в условиях многомерности экологических систем и дефицита информации довольно сложен в связи с не проработанностью правил нормирования и учета вида связей между параметрами, отсутствием методик и правил для формирования интегральных критериев, а также разноплановостью агрегируемых показателей, требующей наличия нескольких уровней свертки, для которых также необходимы унифицированные правила организации.

Тем не менее, учитывая дефицит данных наблюдений для регионов Сибирской Арктики, интегральный подход является наиболее оптимальным решением. Для оценки совокупного состояния водных ресурсов какого-либо бассейна предлагается рассматривать состояние низовий крупных и средних рек в границах данного бассейна, где наиболее развита сеть наблюдений за гидрологическим и гидрохимическим режимом.

Исходными данными при комплексных и интегральных оценках могут послужить данные наблюдений государственной сети Росгидромета о гидрологическом режиме рек Арктической

зоны Российской Федерации, которые публикуются в изданиях государственного водного кадастра, в том числе в «Гидрологических ежегодниках» (до 1980 года), «Ежегодных данных о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» (с 1981), «Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» и др. Данные наблюдений за гидрохимическим и гидробиологическим режимом рек публикуются в «Ежегодниках качества поверхностных вод» и «Ежегодниках качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям». Кроме того, исходными данными являются также экспедиционные наблюдения, которые проводились на ряде притоков Оби (р. Щучья, р. Сось, р. Сыня) Институтом экологии растений и животных РАН в начале 2000-х годов [8], на реке Лена рамках российско-германских экспедиций [9], на реке Норилка и др.

В таблице 1 приведены сведения о наличии данных наблюдений за гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим режимами рек Арктической зоны Российской Федерации.

Таблица 1. Сведения о наличии данных наблюдений за гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим режимами рек Арктической зоны Российской Федерации

№	Название реки	Данные о гидрологическом режиме	Данные гидрохимических наблюдений	Данные гидробиологических наблюдений
1	Обь	1936-2010 (г. Салехард)	г. Салехард (1980-2014)	-
2	Надым	г. Надым (1955-1991)	г. Надым (1990-2014); с. Дубровино (1990-2014)	-
3	Пур	п. Самбург (1939-1991) пгт. Уренгой (1961-2010)	п. Самбург (1980-2014)	-
4	Таз	п. Тазовский (1962-1996)	п. Тазовский (1980-2014)	-
5	Сыня	п. Овгорт (1963-2010)	п. Овгорт (1980-2014)	экспедиционные данные ИЭРиЖУрО РАН (2001 год)
6	Щучья	д. Лаборовая (1965-2010)	экспедиционные данные ИЭРиЖУрО РАН (1978, 2001-2004)	экспедиционные данные ИЭРиЖУрО РАН (1978, 2001-2004)
7	Правая Хетта	пгт. Пангоды (1979-1993)	пгт. Пангоды (1980-2014)	-
8	Сось	пгт. Харп (1952-1910)	С. Картовож (1990-2014)	экспедиционные данные ИЭРиЖУрО РАН (2001)
9	Енисей	г. Игарка (1936-2014)	г. Дудинка (1980-2014)	-
10	Турухан	факт. Янов Стан (1943-2013)	факт. Янов Стан (1980-2014)	-
11	Норилка	пос. Валек (1938-2013)	пос. Валек (1980-2014)	экспедиционные данные 80-х гг.
12	Лена	р. Лена - с. Кюсюр (1935-1992)	с. Кюсюр (1980-2014), экспедиционные данные (2005, 2010-2014)	с. Кюсюр, экспедиционные данные (2013, 2014)
13	Оленёк	с. Оленёк (1936-1992) 7,5 км ниже устья р. Буур (1964-1992)	с. Оленёк (1980-2014)	-
14	Анабар	с. Саскылах (1954-1992)	с. Саскылах (1980-2014)	экспедиционные данные СВФУ
15	Колыма	Колымское (1978-1992) Среднеколымск (1927-1992)	г. Среднеколымск (1980-2014)	-
16	Индибирка	пос. Индигирский, Вороцново (1936-1992)	п. Индигирский (1990-2014)	-

Предшествующие комплексные оценки состояния водных экосистем по гидрохимическим показателям показали, что экосистемы крупных и средних рек Арктики претерпевают значительные изменения. По степени загрязнённости они характеризуются как очень загрязнённые и грязные, а их состояние по легкоокисляемым органическим веществам - как переходное из естественного и равновесного в кризисное [10]. Полученные результаты в дальнейшем могут быть сопоставлены с гидрологическими данными наблюдений для более точной оценки состояния экосистем по абиотическим параметрам.

Очевидно, что даже при отсутствии данных стационарных гидробиологических наблюдений, использование интегрального подхода будет оправданным шагом при оценке состояния водных ресурсов. Этот подход позволит не только объективно сопоставить между собой имеющиеся сведения о химическом и водном стоке и диапазоне их колебаний, но и при наличии внести в модель разреженные данные экспедиционных наблюдений за биотической составляющей.

Литература

1. Шуйский В.Ф., Максимова Т.В., Петров Д.С. Изоболный метод оценки и нормирования многофакторных антропогенных воздействий на пресноводные экосистемы по состоянию макрозообентоса: Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ). 2004. 304 с.
2. Кучеренко А.И., Роговец А.И., Сотсков Ю.П. и др. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды. СПб: Союз, 1998. 896 с.
3. Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень). Екатеринбург: УИФ "Наука", 1994. 280 с.
4. Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества вод. СПб: Гидрометеоздат, 2005. 576 с.
5. Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т. Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. СПб., 2004. 294 с.
6. Дмитриев В. В. Интегральные оценки состояния сложных систем в природе и обществе// Биосфера. 2010. Т. 2, № 3. С. 507–520.
7. Дмитриев В.В. Эколого-географическая оценка состояния внутренних водоемов: автореф. докт. дисс. СПб., 2000. 52 с.
8. Богданов, Е. Н. Богданова, О.А. Госькова, Л.Н.Степанов, М.И. Ярушина. Экологическое состояние притоков Нижней Оби (реки Сыня, Войкар, Сось). Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 136 с.
9. Нигаматзянова Г.Р., Фролова Л.А., Четверова А.А., Федорова И.В. Гидробиологические исследования проток устьевого участка реки Лены // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. 2015. №4. С.96–108.
10. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Косменко Л.С., Даниленко А.О. Реки материковой части Российской Арктики. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2016. 276 с.

Исследование выполнено при финансовой поддержке СПбГУ в рамках НИР СПбГУ (мероприятие 1) «Урбанизированные экосистемы Арктического пояса Российской Федерации: динамика, состояние и устойчивое развитие» и гранта РФФИ 18-05-60291 «Адаптация арктических лимносистем к быстрому изменению климата».

The study was carried out with financial support from St. Petersburg State University as part of the St. Petersburg State University research project (activity 1) “Urbanized ecosystems of the Arctic belt of the Russian Federation: dynamics, state and sustainable development” and the RFBR grant 18-05-60291 “Adaptation of the Arctic Limnosystems to Rapid Climate Change”.