

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ГЭС, ПОСТРОЕННЫХ В ЛЕСОПОКРЫТЫХ РЕГИОНАХ СИБИРИ

© В.П. Корпачев, Ю.И. Рябоконь

ГОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет», Красноярск, Россия

Излагаются методологические основы экологического состояния речных искусственных водохранилищ ГЭС на различных этапах их строительства. Приводится схема системно-комплексного анализа экологического состояния, перечень основных исходных параметров необходимых для экологической экспертизы водохранилищ.

Methodological grounds for forecasting of ecological state in river artificial reservoirs of hydroelectric power stations at different stages of their building have been stated. The scheme of system-complex analysis of ecological state and the list of basic initial parameters essential for the ecological expertise of water basins have been outlined.

Как известно, метод прогнозирования в природопользовании – способ теоретических, а в последствии, практических действий, направленных на прогнозирование, на создание представлений (возможно даже в количественных показателях) о вероятном состоянии природных ресурсов, объектов, комплексов [1].

«Несмотря на несомненную важность экологическое прогнозирование по существу еще не имеет достаточно разработанной теории... цель экологического прогноза при создании водохранилищ и их каскадов – разработка максимального адекватного представления (качественного и количественного) об изменении природной среды в результате строительства и функционирования гидротехнических объектов» [2]. О сложности разработки методики прогнозирования и оценки влияния водохранилищ на окружающую природную среду подчеркивают многие авторы и научные организации. Так в работе [3] отмечается, что пока мы не имеем примеров четких методических разработок, которые могли бы быть использованы как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации водохранилищ.

Прогнозирование как научное определение переживает период бурного развития. В работе [4] отмечается, что стадия выработки методов прогнозирования ещё не закончена (Пирс, 1974, приводит 18 примеров различных методов прогнозирования).

Прогнозирование основывается на информации о развитии процесса в период, предшествующий рассматриваемому, однако эта информация является необходимым, но недостаточным условием для качественного прогнозирования. В общественных, экономических и природных явлениях действует так много случайных процессов, что прогнозирование возможно лишь с определенной степенью точности. Таким образом, если провести анализ имевших место явлений, сопутствующих намеченным направлениям прогнозирования, можно ожидать, что будут получены лишь пределы неопределенности, которые будут тем шире, чем больший период взят для прогнозирования.

Точность прогнозирования основывается на результатах наблюдений и измерений за прошедший период и их предварительной обработки (входные данные).

Опыт строительства и эксплуатации водохранилищ ГЭС Ангаро-Енисейского региона (АЕР) позволил сформулировать общие принципы к формированию прогнозирования влияния водохозяйственного строительства на окружающую среду [3].

Принцип первый заключается в том, что полностью избежать отрицательных влияний формирования водохранилищ на окружающую среду невозможно, но наука должна предусмотреть минимум отрицательных воздействий.

Принцип второй заключается в комплексном характере водных

преобразований. Это значит, что в проекте водохозяйственных мероприятий должны предусматриваться не только первичные последствия воздействия на окружающую среду, но и последствия второго, третьего и последующих порядков, которые могут явиться результатом косвенных воздействий, определение которых представляет собой очень сложную задачу.

Третий принцип представляет собой комплекс компенсационных мер.

Четвёртый принцип – профилактика возможных неблагоприятных последствий водохозяйственных мер (например, профилактика вод от загрязнения и засорения).

Особенности экологического прогноза заключаются в следующем:

- природа развивается по своим законам, наши знания о них всегда относительны;
- человек вмешивается в природную среду со своими законами, действующими в человеческом обществе и которые трудно состыковать с законами природы;
- природные ресурсы и объекты планеты взаимообусловлены;
- прогнозирование природопользования непосредственно связано с прогнозом развития технического прогресса.

Для получения объективных прогнозируемых явлений взаимодействия водохранилищ ГЭС с окружающей природной средой, подтверждающиеся количественными и качественными показателями, необходимо соблюдать основные принципы прогнозирования в природопользовании [1]:

1. Системный принцип. Принцип системности предполагает неразрывность прогнозирования во времени и пространстве на основе анализа, учёта факторов, определяющих экологическое развитие. Системность предполагает взаимосвязь и взаимообусловленность: методов, иерархических уровней, этапности, последовательности, очерёдности.

2. Принцип объективности, научной обоснованности.

3. Принцип совпадения, подтверждения, адекватности: совпадение теоретических

моделей (имитация) с практическими проявлениями.

4. Вариантность, альтернативность предлагаемых решений и ожидаемых последствий.

Прогнозирование природопользования по охвату, масштабу явлений относятся к системно-комплексным прогнозам, которые четко скоординированы, объединены общей методологической концепцией и единым ожидаемым результатом, взаимосвязанных и адекватно отражающих состояние многочисленных показателей изучаемых режимов водохранилища и определяющих их факторов. В этом смысле системно-комплексными могут быть как исследования водоема, охватывающие различные аспекты его состояния (гидрологический, химический, биологический, санитарно-гигиенический, хозяйственного освоения водосбора и акваторий и т.п.), так и каждый отдельный его аспект (например, комплексные гидрологические исследования системы водохранилище – речная сеть притоков) или, происходящее под влиянием хозяйственной деятельности изменение гидрохимического режима водохранилища. Схема такого системно-комплексного анализа экологического состояния речного искусственного водохранилища с выделением характерных этапов исследований представлена в таблице 1.

Созданию крупных речных искусственных водохранилищ, согласно существующей практики, должны предшествовать основные рабочие этапы:

- первый – этап прогнозного планирования, заканчивающийся разработкой технико-экономической документации;
- второй – этап проектирования, включающий подэтапы, заканчивающийся технико-экономическим обоснованием и рабочей документацией;
- третий – этап непосредственного строительства водного объекта;
- четвертый – этап эксплуатации объекта.

Таблица 1 – Схема системно-комплексного анализа экологического состояния водохранилища

Этапы исследований	Функционально-целевая направленность исследований	Основные задачи исследований
1	2	3
I. Постановка задачи	Определение обобщенных целей и границ изучаемой системы и задание критериев	Анализ природных условий формирования и регламентация химического состава природных вод
II. Формирование исследуемой системы	Выделение приоритетов исследуемой системы и ее первичная структуризация при ориентировочном членении системы на подсистемы и элементы	Изучение влияния на качество природных вод загрязняющих веществ. Источников, поступающих в водохранилище: - сосредоточенные (точечные или условно точечные источники загрязнения; - рассредоточенные источники с территории водосброса, с береговой полосы и различных участков акватории водохранилища
III. Построение обобщенной модели как комплекса подмоделей системы	Математическое описание комплекса взаимосвязанных подмоделей, включающее: параметризацию системы (описание элементов системы и внешних воздействий на нее с помощью некоторого множества параметров и задание областей определения этих параметров); установление и формализацию математическими средствами зависимостей между введенными параметрами	Синтез результатов изучения влияния природных и антропогенных факторов на формирование качества воды
IV. Исследование модели и прогноз развития системы	Калибровка, верификация моделей и прогноз развития исследуемой системы, основанный на нахождении параметров системы для верификационных моментов (например, времени, уровня и др.) в результате, проигрывания на модели различных вариантов внешних воздействий	Оценка (оптимизация) условий формирования качества воды в водохранилище
V. Рекомендации по эксплуатации исследуемой системы модели	Анализ результатов прогнозирования состояния системы, проверка их соответствия поставленным целям, разработка рекомендации по совершенствованию модели и реального состояния системы	Оценка условий (или их оптимизация) формирования качества воды в водохранилище

Для определения реально существующей и прогнозируемой на ближайшую (2-3 года) и отдаленную перспективу оценки экологического состояния водохранилища, на различных этапах его создания собираются и изучаются различные по тематике и объемам материалы как ранее проведенных исследований, экспериментальных оценок, экспедиционных работ, так и требуемых на момент анализа исследований и результатов

экспедиционных работ в бассейне, сети притоков и самом изучаемом водохранилище. Перечень основных видов материалов, необходимых для реализации одной из основных целей экологической экспертизы – оценка качества природных вод изучаемого водохранилища при различных условиях и параметрах его сооружения на различных этапах его создания приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень основных материалов необходимых для проведения экологической экспертизы речного искусственного водохранилища

Вид материалов	Этапы			
	I	II	III	IV
1. Природный ресурсно-сырьевой потенциал региона и бассейна водохранилища, их место и приоритеты в хозяйственном и геополитическом балансе региона и федерации	+	-	-	-
2. Хозяйственно-экономический комплекс и потенциал с элементами социально-промышленной (в т.ч. перспективной) инфраструктуры	+	+	-	-
3. Топографический	+	+	+	+
4. Метеорологический	-	+	+	+
5. Гидрологический	+	+	+	+
6. Геолого-геоморфологический	+	+	-	-
7. Инженерно-геологический	-	+	+	+
8. Гидрогеологический	-	+	+	+
9. Лесотаксационный	+	+	-	+
10. Гидрохимический	-	+	+	+
11. Гидробиологический	-	+	+	+

Раскроем содержание и структуру отдельных блоков при проведении экологической экспертизы водохранилищ.

1. Природный ресурсно-сырьевой и хозяйственно-экономический потенциал региона и бассейна водохранилища

Все виды природопользования – промышленное, сельскохозяйственное, лесохозяйственное, рекреационное и др. – сопровождаются не только получением положительных результатов, но и экологическими, эколого-экономическими и эколого-социальными негативными последствиями.

Разнообразие воздействий и пространственная дифференциация возможной реализации различных видов природопользования создают множество индивидуальных проблем. Причины возникновения экологических проблем могут иметь природный и антропогенный характер.

Однако при освоении природно-сырьевого потенциала и его водохозяйственного комплекса особое внимание рекомендуется уделять степени развитости антропогенной составляющей:

- районы нового хозяйственного освоения, где экстенсивные формы должны быть минимизированы;

- районы давнего хозяйственного освоения с устойчиво сложившимся взаимодействием хозяйственной деятельности и природных составляющих, где опасности может подвергаться не только ресурс, но и средовоспроизводящая способность их экосистем;

- урбанизированные территории, где основной комплекс проблем связан с качеством окружающей природной среды.

При анализе остроты проблем необходимо, исходя из общего масштаба последствий, различать следующие критерии:

- конфликтные (возможность необратимости негативных процессов);
- кризисные (угроза необратимых отрицательных последствий);
- катастрофические (необратимые).

Кроме того материалы данного блока должны дать исчерпывающую возможность:

- фундаментального представления о структуре, функционировании и трансформации природно-хозяйственных систем (комплексов) различного масштаба от локального до регионального;
- формирования экологических основ оценки промышленного производства и транспорта, с учетом как традиционных так и принципиально новых безотходных и малоотходных ресурсов и средосберегающих методов производства и способов утилизации отходов;
- выявления перспективных направлений уменьшения энерго-, материало- и водоемких производств и комплексного использования естественных сырьевых ресурсов;
- оценки состояния изученности, возможную эффективность, уровень и область применения, трудовое (кадровое), инвестиционное и материально-техническое обеспечение при реализации природно-сырьевого и хозяйственно-экономического потенциала

2. Гидрометеорологический блок материалов для оценки экологической ситуации водохранилища

Программа сбора, первоначального анализа и обобщения гидрометеорологической информации для проведения экспертизы экологического состояния водохозяйственной системы «Водохранилище боковая сеть притоков» (В-БСП) на примере строящегося водохранилища Богучанской ГЭС (БогЭС) на ближайшую и отдаленную перспективу, содержит следующие аспекты:

- оперативная информация о текущем гидрологическом и метеорологическом состоянии речной сети бассейна будущего водохранилища,
- режимные гидрометеорологические обобщения (кадастровые издания: Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши; справочники-монографии, материалы специализированных и экспедиционных исследований и др.) глубиной 25-30 лет, а также основные структурные закономерности гидрографической системы речной сети бассейна БогЭС;

- краткосрочные гидрографические и метеорологические прогнозы Усть-Илимского водохранилища, р. Ангары в районе будущего водохранилища БогЭС;

- комплексные исследования гидрологической ситуации непосредственно контактирующих водохозяйственных систем В-БСП нижней части Ангарского каскада ГЭС – Усть-Илимского и строящегося водохранилища БогЭС;

перспективное использование наблюдательной сети гидрометеорологического обслуживания (включая ведомственную сеть) с расширением состава используемых метеорологических и гидрологических материалов и сведений о степени влияния на текущее состояние водохозяйственной системы «водохранилище – боковая сеть притоков» ряда потенциальных водопотребителей (таблица 3).

3. Геолого-геоморфологический блок материалов

Для предварительного прогноза экологических процессов происходящих в бассейне, береговой зоне и котловине будущего водохранилища необходим следующий объем плановых исследований:

- на акватории водохранилища выделяются основные зоны: нижняя (приплотинная), средняя, верхняя и зона выклинивания подпора;

- с учетом зонирования водохранилища производится районирование его котловины по видам и типам берегов;

- в результате выполнения предыдущих этапов составляются карты переформирования берегов водохранилища (ширина береговой полосы до 10 км с каждой стороны за проектируемыми отметками НПУ):

а - геоморфологическая (масштаб 1:100000 и более), для оценки типа переработки берегов;

б - геологическая (масштаб 1:100000) для уточнения и развития геоморфологической оценки береговой полосы с определением литологического состава и мощности пород слагающих склоны водохранилища;

в - гидрологическая (масштаб 1:50000 и крупнее но только в необходимых местах) для оценки зон существующих и будущих болот. мощности всплывающих островов торфа, объемов (площадей) затопляемого и подтапливаемого древостоя, освоение которого нецелесообразно экономически или невозможно технически;

-

Таблица 3 – Объем и содержание метеорологической и гидрологической информации для основных отраслей водохозяйственного комплекса, речных искусственных водохранилищ

Состав гидрологической информации	Основные отрасли водохозяйственного комплекса водохранилищ						
	Гидроэнергетика	Водный транспорт	Лесосплав	Рыбная промышленность	Коммунальное хозяйство	Сельское хозяйство	Гидротехническое строительство
1. Ежедневные уровни воды	+	+	+		+	+	+
2. Среднесуточный (декадный или по пятидневкам) приток воды в водохранилище	+						
3. Среднесуточные сбросы воды через плотину ГЭС	+	+	+				
4. Температура воды: - различные фазы гидрологического режима - в различных районах бьефов водохранилища		+	+	+			
5. Температура воздуха							+
6. Скорость и направление ветра		+	+				+
7. Волнение		+	+				+
8. Ледовые явления на водохранилище и основных притоках	+	+	+		+	+	
9. Толщина и прочность льда в различные периоды ледостава	+	+	+		+		+
10. Высота и плотность снежного покрова на: - водосборной площади - водохранилище	+				+	+	

г - топографическая (масштаб 1:50000 и крупнее) для определения основных характеристик (гидроморфологических, гидроэксплуатационных и др.) будущего водохранилища;

д - геодезические (масштаб 1:2000 и крупнее) для детализации условий наблюдения за интенсивностью переработки берегов, условий строительства или расположения защитных или гидротехнических сооружений (производится только на ограниченных площадях)

4. Лесотаксационный материал для проведения экспертизы

Лесотаксационный материал для проведения исследования различных экологических состояний водохранилища содержит:

- таксационные показатели древесной массы в ложе будущего водохранилища после проведенной лесосводки и лесочистки;

- таксационные показатели древесной растительности (поквартальные данные) на береговой зоне будущего водохранилища и крупных боковых его притоков.

5. Гидрохимический блок материалов

Анализ гидрохимического режима Богучанского водохранилища и его боковой сети притоков основывается на накопленной сети гидрохимических постов Госкомгидромета СССР и России и другими ведомственными информации, которая должна содержать:

- сведения о составе водопотребителей и водопользователей в общем хозяйственном комплексе Богучанского водохранилища; их пространственно-временное размещение и перспективы развития;

- данные об объеме и числе лимитирующих и репрезентативных загрязняющих веществ (ЗВ), сбрасываемых в водохранилище одним или группой пользователей;

- представляется целесообразным при экспертной оценке экологического состояния водохранилища перейти к единой системе регламентации (по наиболее строгим величинам) предельно-допустимой концентрации (ПДК), лимитирующих показателей вредности (ЛПВ) и класса опасности (КО) загрязняющих веществ. Это необходимо для того, чтобы избежать применения неоднозначной системы ПДК, ЛПВ и КО (например, по рыбохозяйственным или гигиеническим требованиям), которая вносит дополнительные проблемы при оценке качества природных вод по гидрохимическим показателям.

Заключение

Выше обозначенные проблемы, связанные со строительством и эксплуатацией водохранилищ ГЭС, требуют внимательного анализа и принятия решений для устранения отрицательных воздействий на окружающую природную среду, которые могут проявиться через многие годы после завершения строительства водохранилищ. Дать точный экологический прогноз воздействия водохранилищ на окружающую природную среду на сегодня невозможно. Экологическое прогнозирование по существу еще не имеет достаточно разработанной теории. Мы не имеем примеров четких методических разработок прогнозирования, которые могли бы быть использованы как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации водохранилищ.

При прогнозировании природных процессов используются в основном методы аналогов, экстраполяции, экспертных оценок, картографический, математический, пространственно-временной прогноз с использованием геоинформационных систем, имитационное моделирование.

Метод аналогов используется в связи с возможностью переноса закономерностей справедливых для пространственных рядов, на временные ряды и наоборот, исходя из принципиальной близости пространственного и временного прогноза, степень сходства аналога и объекта прогноза определяется однородностью сравниваемых объектов.

Так для водохранилищ на р. Ангара в качестве аналога может быть принято водохранилище Братской ГЭС может. Критерием сходства может быть режим уровней водохранилищ, сходство геологических структур, таксационные характеристики зон затопления и зон, подверженных воздействию ветроволновых

явлений, климатические условия, сходство антропогенных нагрузок и т.п. Основой для успешного применения этого метода является достоверность данных, взятых для аналога.

Метод экспертных оценок основан на сборе информации групповой оценки события (метод Делфи). Однако теоретического обоснования точности и надежности методов групповой оценки не существует. Единственным критерием является экспериментальная проверка по характерным бассейнам. Метод Делфи был использован при оценке запасов затонувшей древесины на реках, выведенным из молевого сплава.

Метод экстраполяции предполагает распространение сложившихся во времени закономерностей в предпрогнозный период на определенный период в будущем. При экстраполяционном методе прогнозирования определяющим является выбор главных прогнозируемых факторов.

Метод экстраполяции используется при прогнозировании последствий строительства гидротехнических сооружений, переработки берегов в будущем. Метод экстраполяции опирается на материалы наблюдений, проведенных на ранее построенных водохранилищах, имеющих аналогичные критерии сходства.

Картографический метод – составная часть каждого вышеназванного метода прогнозирования. Этот метод используется для оценки пространственного развития процесса.

Метод математического моделирования основан на целесообразном абстрагировании процессов развития в будущем. В практике управления водными ресурсами, водным хозяйством, водопользованием математическое моделирование используется при планировании, проектировании, эксплуатации водохозяйственных систем, прогнозировании водопользования, последствий осуществления водохозяйственных мероприятий и при решении многих других задач.

Распространение получили оптимизационные и имитационные модели. С помощью оптимизационных моделей для заданной цели находится оптимальная стратегия ее достижения. Имитационные модели используются для оценки возможных последствий заранее выбранной стратегии при определенных значениях внешних воздействий.

Привлекательность оптимизационных моделей существенно снижается потерей

точности вследствие вынужденного упрощения моделируемых систем, для которых строятся линейные функциональные зависимости.

Имитационные модели в этом отношении обладают рядом достоинств, с помощью которых можно более детально описать состояние будущего, оценить различные стратегии и выбрать наилучшую из них. Основным недостатком имитационного моделирования является то, что каждая рассматриваемая альтернативная стратегия задается субъективно, и поэтому нельзя исключить того, что наилучшая просто может не попасть в число рассматриваемых [5].

В настоящее время для экологического прогнозирования открываются возможности использования современных *географических информационных систем* (ГИС), позволяющие выполнять пространственно-временный прогноз [6]. Примером геоинформационной технологии, разработанной для использования в водном хозяйстве России, является ГИС «Гидроменеджер» [7].

Таким образом, разрабатывая экологический прогноз взаимодействия водохранилищ ГЭС с окружающей природной средой, необходимо учитывать следующие положения:

– на сегодня невозможно дать общий экологический прогноз взаимодействия водохранилищ ГЭС с окружающей природной средой ввиду не изученности многих природных взаимосвязей;

– выполнение прогнозных построений существенно замедляется из-за отсутствия критериев допустимости масштабов изменений и критических значений параметров экосистем, поэтому до сих пор для практических целей используются общие представления о положительных и отрицательных последствиях. В связи с этим экономическая оценка прогнозируемых экологических последствий не всегда совпадает с положительным экологическим прогнозом.

Для функционирующей системы водохранилищ и окружающей природной среды экологический прогноз можно представить состоящим из серии частных прогнозов:

гидрологический, гидрогеологический, климатический, почвенный, биотический, ландшафтный, гидрохимический, социально-экономический, медико-экологический, прогноз перестроения берегов и всплывания торфяников, прогноз засорения и загрязнения

древесной массой и органическими веществами водохранилищ. Экологический прогноз – весьма ответственная часть мониторинга окружающей среды, как в процессе проектирования водохранилищ, так и в процессе их эксплуатации.

Авторы представляют сложность полной реализации поставленной в работе задачи разработки комплексного прогноза взаимодействия водохранилищ и окружающей среды. Однако, исследователи проблем взаимодействия водохранилищ с окружающей природной средой на базе данной работы могут разработать серии частных прогнозов.

Библиографический список

1. Яндыганов, Я. Я. Экономика природопользования: учебник / Я. Я. Яндыганов. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. эконом. ун-та, 1997. – 764 с.
2. О методическом подходе к оценке влияния водохранилищ на природу / Ю. М. Матарзин, Т. П. Девяткова, С. А. Двинских, А. В. Китаев // Материалы конференций и совещаний по гидротехнике: Влияние водохранилищ ГЭС на хозяйственные объекты и природную среду. – ВНИИГ им. В.Е. Веденеева : Энергия, 1980. – С. 128-136.
3. Львович, М. И. Вода и жизнь. Водные ресурсы, их преобразование и охрана / М. И. Львович. – М. : Мысль, 1986. – 254 с.
4. Проектирование водохозяйственных систем / Пер. с чешс. Г.В. Шевалева; под ред. В. Х. Отмана. – М. : Стройиздат, 1984. – 368 с.
5. Вода России. Математическое моделирование в управлении водопользования / Под науч. ред. А. М. Черняева. – Екатеринбург : Изд-во «Аква-Пресс», 2001. – 520 с.
6. Юров, Е. Н. Использование ГИС-технологий при прогнозировании засорения водохранилищ ГЭС древесной массой / Е. Н. Юров, В. П. Корпачев // Лесозащита : межв. сб. научн. тр. – Красноярск, 2002. – С.12-20.
- Цхай, А. А. Математическое моделирование экосистемы проектируемого водохранилища / А. А. Цхай, В. Ю. Агейков // Приложение компьютера в гидротехнике и охрана водных ресурсов : Труды Междунар. школы. – София : БАН, 1990. – С. 428-439

