

УДК 504.064.2.001.18

МЕТОДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ЗАСОРЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ ГЭС**Пережилин А.И., Корпачев В.П., Андрияс А.А., Максимова Е.М.***ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный технологический университет»,**Красноярск, e-mail: ivr@sibgtu.ru*

При создании водохранилищ ГЭС в Сибири было затоплено около 1 млн га лесопокрытых территорий с запасом древесины более 30 млн м³. В перспективе планируется строительство еще ряда ГЭС и создание для их работы новых водохранилищ. Этот факт обуславливает необходимость проведения работ по прогнозированию, а также планированию и проведению работ по мониторингу загрязнения и засорения проектируемых водохранилищ древесной массой и органическими веществами растительного происхождения. Имея в наличии сведения об объемах засорения и загрязнения водохранилищ, можно дать оценку их влияния на качество воды. В статье излагаются общие принципы прогнозирования взаимодействия водохранилищ ГЭС с окружающей средой, приводятся основные источники засорения и загрязнения. В основу предложенного метода прогнозирования принят метод суммирования количественных показателей отдельных источников загрязнения и засорения.

Ключевые слова: водохранилище, засорение, загрязнение, источники засорения, методы прогнозирования

METHODS OF ENVIRONMENTAL PREDICTION OF POLLUTION AND CLOGGING RESERVOIRS OF HPS**Perezhilin A.I., Korpachev V.P., Andriyas A.A., Maksimova E.M.***Siberian state technological university, Krasnoyarsk, e-mail: ivr@sibgtu.ru*

When creating reservoirs of HPS in Siberia was sunk about 1 million hectares of forested areas with a supply of wood for more than 30 million cubic meters. Now It is planned to build another HPS and the established new reservoirs. This fact makes it necessary to work on forecasting and planning and implementation of monitoring pollution and contamination of water by wood pulp and organic substances of plant origin. Having the information available on the amount of contamination and pollution of water reservoirs we can assess their impact on water quality. This article sets out the general principles of HPS reservoirs prediction of interaction with the environment, presents the main sources of contamination and pollution. The basis of the proposed prediction method adopted by the summation method of quantitative indicators of individual sources of contamination and pollution.

Keywords: reservoir, clogging, pollution, sources of clogging, methods of prediction

Электропотребление в России в 1991–1998 гг. сократилось почти на 25 % и лишь с 1998 года начался рост, который к 2006 году составил 980 млрд кВт·ч (что всего на 9 % ниже максимума 1990 г.), а уже к 2015 г. прогнозируется уровень в 1426–1600 млрд кВт·ч, и рассматривается также возможность широкомасштабного экспорта электрической энергии и мощности в Китай из Сибири. При этом приоритетом наращивания генерирующих мощностей в Сибири является развитие ГЭС [4].

В структуре энергетического обеспечения России доля ГЭС составляет 22 %, а остальная часть приходится на ТЭС – 67 % и АЭС – 11 %. Потенциал экономически эффективных гидроресурсов Сибири составляет 46 % от общероссийского [10]. К числу перспективных ГЭС в бассейне Енисея, кроме вводимой в эксплуатацию Богучанской ГЭС, относятся Нижнебогучанская, Выдумская и Стрелковская на р. Ангара, Тувинская и Шивелигская на р. Большой Енисей, Эвенкийская с контррегулятором на р. Нижняя Тунгуска и Нижне-Курейская на р. Курейка [4, 10]. Поэтому задача разработки методов прогнозирования взаимодействия водохранилищ с окру-

жающей природной средой является весьма актуальной.

Цель исследования – дать оценку существующим методам прогнозирования взаимодействия водных объектов с окружающей природной средой, описать основные источники засорения и загрязнения водохранилищ ГЭС, построенных на лесопокрытых территориях Сибири.

Материал и методы исследования

Базой для проведения исследований явились работы российских и зарубежных ученых в области прогнозирования и математического моделирования в управлении водопользованием, а также собственные материалы и наработки по данной проблеме. Основным методом исследований – проведение сравнительно-сопоставительного анализа существующих методик с целью определения наиболее оптимальной.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования, проводимые с целью выяснения причин проблем, связанных с охраной окружающей среды, настолько сложны, что для правильного понимания, а, следовательно, и эффективного решения подобных проблем необходимо располагать фактиче-

скими данными (количественными характеристиками системы) [11].

Опыт эксплуатации водохранилищ ГЭС Ангаро-Енисейского бассейна позволил сформулировать общие принципы прогнозирования влияния водохозяйственного строительства на окружающую среду.

Первый принцип заключается в том, что полностью избежать отрицательных влияний водохранилищ на окружающую среду невозможно, но необходимо предусматривать минимизацию негативных воздействий.

Второй принцип 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.

Третий принцип представляет собой комплекс компенсационных мер, направленных на возмещение неизбежных потерь (ущербов).

Четвертый принцип подразумевает профилактику возможных неблагоприятных последствий водохозяйственных мер (например, профилактика вод от загрязнения и засорения).

Особенности экологического прогноза заключаются в следующем:

- природа развивается по своим законам и наши знания о них всегда относительны;
- человек вмешивается в природную среду со своими законами, действующими в человеческом обществе и не совмещающимися 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, подтверждающихся количественными и качественными показателями, необходимо соблюдать основные принципы прогнозирования в природопользовании [3]:

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

2. Принцип объективности, научной обоснованности.

3. Принцип совпадения, подтверждения, адекватности: совпадение теоретиче-

ских моделей (имитация) с практическими проявлениями.

4. Вариантность, альтернативность предлагаемых решений и ожидаемых последствий.

Оценке воздействия на окружающую природную среду (ОВОС) в настоящее время в международной практике уделяется первостепенное внимание. При проведении ОВОС необходимо анализировать положительные и отрицательные воздействия строительства и эксплуатации водохранилищ ГЭС, осуществлять прогноз изменившегося состояния окружающей среды, производить анализ сценариев развития возможных аварий, экологически чрезвычайных ситуаций, давать количественную эколого-экономическую оценку состояния водохранилищ с учетом выявленных последствий [1].

Прогнозирование как научное определение переживает период бурного развития. В работе [12] отмечается, что стадия выработки методов прогнозирования еще не закончена.

Прогнозирование основывается на информации о развитии процесса в период, предшествующий рассматриваемому, однако эта информация является необходимым, но не достаточным условием для качественного прогнозирования, так как в природных явлениях действует много случайных процессов, что прогнозирование возможно лишь с определенной степенью точности.

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

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

Наибольшее 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. Однако основным недостатком является то, что каждая рассматриваемая альтернативная стратегия задается субъективно и поэтому нельзя исключить того, что наилучшая просто может не попасть в число рассматриваемых [2].

Метод математического моделирования является наиболее общим и вместе с тем достаточно строгим методом прогнозирования. Однако составить общую математическую модель прогнозирования взаимодействия водохранилища с природной средой достаточно трудно ввиду наличия между отдельными блоками системы функциональных связей. Поэтому математическое прогнозирование, как правило, используется для прогноза отдельных подсистем блоков, например, размыв берегов.

В настоящее время для экологического прогнозирования открываются возможности использования современных геоинформационных систем (ГИС), позволяющие выполнять пространственно-временной прогноз [9]. Примером ГИС-технологии, разработанной для использования в водном хозяйстве России, является ГИС «Гидроменеджер» [13].

Каждый из существующих методов прогнозирования имеет свои достоинства и недостатки. Поэтому выбор метода в каждом случае определяется поставленной целью.

Гидротехнические сооружения представляют собой сложную синергетическую систему, определяемую не только суммой и разнообразием факторов взаимодействия с окружающей средой, но и длительностью времени функционирования сооружения и наличием большого количества действующих факторов, которые все формальным образом не могут быть учтены. В решении проблемы прогнозирования взаимодействия водохранилищ ГЭС с окружающей природной средой необходимо использовать системный подход, предполагающий охват максимального числа действующих факторов.

Рассмотрим данную проблему на примере разработки методики прогнозирования засорения и загрязнения водохранилищ ГЭС древесной массой и органическими веществами.

К настоящему времени не существует общепринятой методики прогнозирования засорения и загрязнения водохранилищ ГЭС древесной массой и органическими веществами, которая позволяет полностью вскрыть причины и объемы поступления древесной массы в водохранилище.

На основе многолетних наблюдений были установлены основные источники за-

сорения водохранилищ древесной массой [6, 8]:

- антропогенные – засорение в результате хозяйственной деятельности человека: затопление древесины в ложе (на корню, порубочных остатков, сухостоя и захламленности), отпад частично подтопленной древесины, поступление древесины от проведения лесотранспортных и технологических работ на водохранилище и реках-притоках;

- природные – засорение, обусловленное естественными факторами в процессе формирования и эксплуатации водохранилищ: поступление древесной массы от размыва берегов, от выноса из рек незадействованных для целей лесосплава и лесотранспорта, от различных стихийных бедствий и неучтенных факторов.

В основу метода прогнозирования засорения водохранилищ ГЭС Ангаро-Енисейского региона нами принят метод суммирования количественных показателей отдельных источников. На основе собранных натуральных количественных показателей по отдельным источникам засорения по группе однородных водохранилищ определяются критериальные параметры каждого источника засорения, роль каждого источника в общем балансе объема засорения водохранилища древесной массой [5, 8]. Полный перечень источников поступления древесной массы для каждого объекта может сильно различаться (некоторые могут отсутствовать или играть несущественную роль, либо добавляться новые) и должен устанавливаться в каждом конкретном случае путем длительных натурных обследований или может быть принят по водоему-аналогу.

Для решения проблем прогноза засорения водохранилищ ГЭС древесной массой необходимо не только установить факторы (источники) поступления древесной массы на акваторию водохранилища, но и установить их количественные показатели в зависимости от конкретных причин.

Кроме засорения древесной массой водохранилищ ГЭС, построенные на лесопокрываемых территориях, серьезную проблему представляет загрязнение органическими веществами, которые оказывают влияние на качество воды в водохранилище и непосредственно на водные ресурсы в нижнем бьефе.

Прогноз загрязнения органическими веществами, поступающими в водохранилище, определяется также суммированием объемов всех источников [7]: объемы древесной массы с учетом древесины в пнях и корневой системе; объемы лесной подстилки, гумуса и торфа; размыв берегов;

органические вещества, приносимые впадающими в водохранилище реками, поступающие с промышленно-бытовыми сточными водами и атмосферными осадками; органические вещества, образующиеся в водохранилище за счет развития фитопланктона.

Выводы

1. На сегодняшний день нет общепринятой методики прогнозирования засорения и загрязнения водохранилищ ГЭС древесной массой и органическими веществами.

2. Точность прогнозирования достигается в результате наблюдений и количественных измерений за длительный период на водохранилищах-аналогах.

3. Принятый метод суммирования количественных показателей отдельных источников засорения и загрязнения дает возможность оценить прогнозные объемы для проектируемых в Сибири водохранилищ. Он был применен при составлении прогноза для водохранилища Богучанской ГЭС.

Список литературы

1. Векслер А.Б., Ивашинцов Д.А., Стефанишин Д.В. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятия решений. – СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2002. – 180 с.
2. Вода России. Математическое моделирование в управлении водопользования / под науч. ред. А.М. Черникова. – Екатеринбург: Изд-во «Аква-Пресс», 2001. – 520 с.
3. Воробьев Б.В., Косолапов Л.А. Водотоки и водоемы: взаимосвязь экологии и экономики. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 272 с.
4. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 г. – Одобрена распоряжением Правительства РФ № 215-р от 22.02.2008 г.
5. Корпачев В.П. Методика прогнозирования поступления древесной массы при затоплении и эксплуатации водохранилища ГЭС Ангаро-Енисейского региона // Лесное хозяйство. – 2004. – № 6. – С. 21–23.
6. Водные ресурсы и основы водного хозяйства: учеб. пособие / В.П. Корпачев, И.В. Бабкина, А.И. Пережилкин, А.А. Андрияс. – 3-е изд. испр. и доп. – СПб.: Лань, 2012. – 320 с.
7. Корпачев В.П., Гудаев К.В. Прогноз засорения водохранилищ ГЭС Сибири органическими веществами на примере строящейся Богучанской ГЭС // Лесное хозяйство. – 2005. – № 6. – С. 30–31.
8. Корпачев В.П., Малинин Л.И., Худоногов В.Н. Проблема загрязнения и засорения древесной массой рек и водохранилищ Ангаро-Енисейского региона // Лесозексплуатация: междуз. сб. науч. тр. – Красноярск, 1995. – С. 7–17.
9. Корпачев В.П., Юров Е.Н., Седришев Д.Н. Геоинформационные системы лесного комплекса // Лесозексплуатация: междуз. сб. науч. тр. – Красноярск, 1998. – С. 39–46.
10. Лапин Г.Г., Смирнов В.В., Ваксова Е.И. О состоянии и перспективах развития гидроэнергетики России // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 6. – С. 9–15.

11. Меньшиков В.В., Савельев Т.В. Методы оценки загрязнения окружающей среды: учеб. пособие. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 60 с.

12. Проектирование водохозяйственных систем: пер. с чешс. Г.В. Швалева; под ред. В.Х. Отмана. – М.: Стройиздат, 1984. – 368 с.

13. Цхай А.А., Агейков В.Ю. Математическое моделирование экосистемы проектируемого водохранилища // Приложение компьютера в гидротехнике и охрана водных ресурсов: тр. междунар. школы. – София: БАН, 1990. – С. 428–439.

References

1. Veksler A.B., Ivashincov D.A., Stefanishin D.V. *Nadezhnost, social'naja i jekologicheskaja bezopasnost' gidrotehniceskix ob'ektov: ocenka riska i prinjatija reshenij* [Reliability, social, and environmental safety of hydraulic objects: risk assessment and decision-making]. St. Petersburg, 2002. 180 p.
2. Voda Rossii. *Matematicheskoe modelirovanie v upravlenii vodopol'zovanija* [Water of Russia. Mathematical modeling in the management of water use]. Ekaterinburg, Akva-press, 2001. 520 p.
3. Vorob'ev B.V., Kosolapov L.A. *Vodotoki i vodoemy: vzaimosvjaz' jekologii i jekonomii* [Streams and reservoirs: the relationship of ecology and economy], Leningrad, Gidrometeoizdat, 1987. 272 p.
4. *General'naja shema razmeshhenija ob'ektov jelektroenergetiki do 2020 g.* – *Odobrena rasporyazheniem Pravitel'stva RF № 215-r ot 22.02.2008 g.* [General scheme of power plants until 2020 – Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation no. 215-r dated 22.02.2008].
5. Korpachev V.P. *Lesnoe hozajstvo*, 2004, no. 6, pp. 21–23.
6. Korpachev V.P., Babkina I.V., Perezhilin A.I., Andrijas A.A. *Vodnye resursy i osnovy vodnogo hozajstva* [Water resources and water management framework], St. Petersburg, 2012, Lan' 320 p.
7. Korpachev V.P., Gudaev K.V. *Lesnoe hozajstvo*, 2005, no. 6, pp. 30–31.
8. Korpachev V.P., Malinin L.I., Hudonogov V.N. *Lesojekspluatacija*, Krasnojarsk, Lesosibirsk, 1991. – pp. 7–17.
9. Korpachev V.P., Jurov E.N., Sedrisev D.N. *Lesojekspluatacija*, Krasnojarsk, 1998. – pp. 39–46.
10. Lapin G.G., Smirnov V.V., Vaksova E.I. *Gidrotehniceskoe stroitel'stvo*, 2007, no 6, pp. 9–15.
11. Men'shikov V.V., Savel'ev T.V. *Metody ocenki zagryaznenija okružhajushhej sredy* [Methods of environmental impact assessments], Moscow, 2000. 60 p.
12. *Proektirovanie vodohozajstvennyh sistem* [Design of water supply systems], Moscow, 1984. 368 p.
13. Chaj A.A., Agejkov V.Ju. *Prilozhenie komp'jutera v gidrotehnicke i ohrana vodnyh resursov: tr. Mezhdunar. shkoly*. [Computer application in hydraulic engineering and water conservation. Works of the international School], Sofia, 1990, pp. 428–439.

Рецензенты:

Шевелев С.Л., д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой лесной таксации, лесоустройства и геодезии, ФГБОУ ВПО «СибГТУ», г. Красноярск;

Рогов В.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВПО «СибГТУ», г. Красноярск.

Работа поступила в редакцию 07.05.2013.