

от «21» июня 2022 г.

**Протокол № 3/2022**  
**Заседания Диссертационного совета 24.1.040.01**  
**при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки**  
**Институт водных проблем Российской академии наук**

Из 29 членов Диссертационного совета на заседании присутствовало 20 человек.

**Слушали:**

председатель Совета чл.-корр. РАН В.И. Данилов-Данильян доложил представленные Л.А. Путинцевым материалы для защиты диссертацию к предварительному рассмотрению.

**Постановили:**

создать комиссию из числа членов Диссертационного совета и поручить представить Совету заключение о соответствии диссертации специальности, отрасли науки, а также предложения по кандидатурам официальных оппонентов и ведущей организации.

Состав комиссии: д.ф.-м.н., член-корр. РАН А.Н. Гельфан

д.г.н. Ю.Г. Мотовилов

д.т.н. В.В. Беликов

Председатель Совета

чл.-корр. РАН



/В.И. Данилов-Данильян/

Ученый секретарь

д.ф.-м.н.



/М.А. Соколовский/

от «28» июня 2022 г.

**Протокол № 3/2022**

**Заседания Диссертационного совета 24.1.040.01**

**при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки  
Институт водных проблем Российской академии наук**

Из 29 членов Диссертационного совета на заседании присутствовало 21 человек.

**Слушали:**

Доклад д.ф.м.н., член-корр. РАН А.Н. Гельфана от лица комиссии диссертационного совета о результатах рассмотрения диссертационной работы Л.А. Путинцева «Факторы формирования, модели и расчетные оценки бокового притока в Богучанское водохранилище»

**Постановили:**

- 1) Считать, что диссертационная работа соответствует профилю совета.
- 2) В соответствии с рекомендациями комиссии принять к защите диссертационную работу Л.А. Путинцева «Факторы формирования, модели и расчетные оценки бокового притока в Богучанское водохранилище» на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».
- 3) Утвердить оппонентами работы:

1. Христофорова Андрея Валентиновича, доктора географических наук, главного научного сотрудника ФГБУ «Гидрометцентр России»

2. Морейдо Всеволода Михайловича, кандидата географических наук, старшего научного сотрудника ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук»

Ведущую организацию - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», географический факультет

Назначить защиту на 20 октября 2022 г. в 11 часов

Ученый секретарь  
д.ф.-м.н.



/М.А. Соколовский/

Председатель комиссии  
д.ф.м.н., член-корр РАН



/А.Н. Гельфан/

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

о диссертации Л.А. Путинцева «Факторы формирования, модели и расчетные оценки бокового притока в Богучанское водохранилище» на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия»

На рассмотрение представлены следующие документы и материалы:

- том с текстом диссертации на 101 странице
- автореферат диссертации на 27 страницах

### **Актуальность темы**

Анализ механизмов формирования речного стока в разных физико-географических условиях – классическая задача гидрологии суши. Для территорий, слабо освещенных данными натурных наблюдений, решение этой задачи признано мировым научным сообществом одной из ключевых и нерешенных проблем гидрологии. К территориям с недостатком данных мониторинга относятся речные бассейны Азиатской части России, для многих из которых знание факторов формирования речного стока и создание на этой основе физически обоснованных методов прогноза водного режима рек имеет большое значение вследствие нарастающих темпов вовлечения водных ресурсов в социально-экономическое развитие этих территорий. Богучанская ГЭС, введенная в эксплуатацию в 2014 г и предназначенная для покрытия дефицита растущего энергопотребления в связи с развитием в регионе Нижнего Приангарья энергоёмких производств – пример такого развития. Ввод Богучанской ГЭС на полную мощность состоялся в 2015 году.

При нормальной эксплуатации Богучанской ГЭС уровень водохранилища допускается изменять в диапазоне от 207,00 до 208,00 м. БС. При таком диапазоне нормативно допустимых изменений уровня для предотвращения ситуаций, связанных с переполнением Богучанского водохранилища, требуются надежные прогнозы бокового притока воды. Таким образом, исследование факторов формирования речного стока на водосборе Богучанского водохранилища и создание методик долгосрочного и краткосрочного прогноза бокового притока воды в это водохранилище – актуальная научная задача, имеющая важное практическое значение. Диссертационная работа направлена на решение этой задачи.

## Основные результаты

1. В ходе исследования на основе физических представлений о закономерностях формирования стока составлена база доступных данных, включающая оценки значений более 100 возможных предикторов бокового притока в Богучанское водохранилище. С применением методов последовательного регрессионного анализа из этого множества переменных были выделены наиболее подходящие предикторы, характеризующие условия формирования бокового притока в это водохранилище.

Исследование результатов регрессионного анализа показало, что влияние предикторов квартального притока, характеризующих величину и ход осадков в период половодья, является существенно меньшим, чем предикторов, отражающих условия, сложившиеся в предшествующий ему осенне-зимний период. Благодаря этой особенности были разработаны методики прогноза бокового притока, в которых используются только предикторы, описывающие условия, сложившиеся до начала снеготаяния.

2. Прогноз весеннего стока с водосбора бокового притока в Богучанское водохранилище, основывается на определении запасов воды в снежном покрове и к оценке доли ее поглощения на территории этого бассейна. Ключевым фактором, определяющим потери весеннего стока в рассматриваемых условиях, является осеннее увлажнение водосборов и другие факторы формирования водопроницаемости почв. Для их описания в работе успешно использованы комплексные показатели, которые определяются по данным об осеннем стоке рек-аналогов, температуре почвы за осенний период, среднемесячным осенним осадкам, суммам положительных температур в марте и другим доступным для прямой оценки характеристикам.

3. Расчет бокового притока, в условиях отсутствия регулярных наблюдений за стоком малых рек в рассматриваемом бассейне Богучанского водохранилища, может быть выполнен гидрометрическим методом с применением имеющихся данных по рекам-аналогам, расположенным на сопредельных с этим бассейном территориях. В работе использована методика расчета, основанная на данных наблюдений за боковым притоком в период с 1977 по 1987 годы, когда в бассейне водохранилища проводились гидрологические наблюдения на малых реках. Другой метод расчета бокового притока основывается на воднобалансовом соотношении и использовании информации о стоке р. Ангары в нижнем по течению створе (пос. Сыромолотово), и верхнем створе (Усть-Илимская ГЭС). Сравнение на пересекающемся временном интервале расчетных оценок притока, полученных водобалансовым и гидрометрическим методами, показал их близкую сходимость (коэффициент корреляции более 0,95). Этот результат позволил получить оценки бокового притока в Богучанское водохранилище с разным разрешением по времени,

которые в дальнейшем были названы фактическими значениями бокового притока и использованы при создании методик его прогноза.

4. Разработаны три методики долгосрочного прогноза квартального бокового притока в Богучанское водохранилище в период половодья.

Первая методика основана на использовании эмпирических связей притока и различных гидрометеорологических характеристик, контролируемых на исследуемой территории. Оправдываемость расчета притока по рассматриваемому способу на обучающей и контрольной выборке имела значение, соответственно, 97% и 89%. На зависимом материале критерий точности аппроксимации ( $S/\sigma$ ) фактических значений притока составил величину 0,37.

Вторая методика включает в себя предварительный прогноз стока рек-аналогов Мура, Чадобец и Непа и дальнейший пересчет его в прогноз бокового притока в водохранилище. Оправдываемость этой методики прогноза на обучающей и контрольной выборке составила 91% и 89%, соответственно. Критерий качества  $S/\sigma$  на зависимом материале был равен 0,407.

В третьей методике используются дополнительные сведения о закономерностях формирования стока и описывающие их уравнения, вытекающие из инфильтрационно-ёмкостной модели Е.Г. Попова. Оправдываемость данной методики на обучающей выборке составила 94 %, на контрольной выборке - 100 %. Критерий  $S/\sigma$  на обучающей выборке имел значение 0,388. Эта методика прогноза бокового притока выглядит предпочтительней по сравнению с двумя другими, поскольку в ней используются уравнения аппроксимирующие зависимость стока от действующих факторов с учетом ее нелинейности. Однако в условиях оперативной работы целесообразно рекомендовать прогнозирование квартального притока по первой методике, в которой схема расчета менее трудоёмка.

5. Методика краткосрочного прогноза бокового притока в водохранилище Богучанской ГЭС с суточным разрешением по времени построена на основе концептуальной модели Д.А. Буракова. Эта модель включает в себя блоки, описывающие процессы снегонакопления, снеготаяния, поглощения воды на склонах, формирования склонового притока в русловую сеть, русловое добегание воды до замыкающего створа. Реализация модели позволяет детальнее исследовать режим формирования речного стока. Появляется возможность получения расчетных характеристик снегонакопления, снеготаяния и водоотдачи бассейна по высотным зонам. При построении модели применяются стандартные данные гидрометеорологических наблюдений (температура, осадки, уровни воды). В процессе адаптации модели применительно к водосбору бокового

притока в Богучанское водохранилище также использовались наземные и спутниковые данные о состоянии снегового покрытия бассейна. Учет запасов воды в русловой сети по данным об ее уровнях на момент составления прогноза и аппроксимация их влияния на прогнозируемую характеристику существенно повышает точность модельных расчетов.

Критерий качества методики краткосрочного прогноза бокового притока ( $S/\sigma\Delta$ ) при различной его заблаговременности входит в интервал 0,31–0,58, что указывает на успешность прогнозов. Проведенные авторские испытания и прогнозы в оперативном режиме показали эффективность разработанной методики.

### **Научная новизна полученных автором результатов работы**

Установлены взаимосвязи характеристик речного стока с определяющими его физико-географическими факторами, и на этой основе построены физико-статистическая и математическая модели прогноза бокового притока воды в водохранилище Богучанской ГЭС в условиях слабой гидрометеорологической изученности прилегающей территории.

**Теоретическая и практическая значимость работы** обусловлена ее направленностью на повышение качества гидрометеорологического обеспечения функционирования Богучанского гидроузла с учетом требований его технической и экологической безопасности.

**Обоснованность и достоверность результатов работы** определяются использованием данных регулярных наблюдений Росгидромета (температура воздуха, атмосферные осадки, уровни и расходы воды), а также применением современных методов статистического анализа и концептуальной модели формирования речного стока, а также стандартных методов проверки гидрологических прогнозов, принятых в Росгидромете.

### **Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных соискателем работах**

По результатам исследований опубликовано 8 научных работ, из них 3 статьи в журналах и изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией и 5 работ в сборниках материалов конференций.

### **Статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК, в т. ч. индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science:**

1. Бураков Д.А. Краткосрочный прогноз бокового притока воды в водохранилище Богучанской ГЭС / Д. А. Бураков, Л.А. Путинцев // Известия Томского

политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. Т. 327. № 5. – С.65–74.

2. Бураков Д.А. Методы расчета и прогноза ежедневного бокового притока в Богучанское водохранилище / Д.А. Бураков, Л.А. Путинцев // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – №1. – С. 54–58.
3. Путинцев Л.А. Методика долгосрочного прогноза бокового притока воды в водохранилище Богучанской ГЭС на р. Ангаре /Л.А. Путинцев // Вестник Томского государственного университета. – 2015. – № 398. – С. 243–250.

#### **Публикации в других изданиях:**

1. **Putintsev L.A.** Providing a save service Boguchan HPS on the basis of prediction of water inflow to Boguchan reservoir // Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific findings, proceedings of the 4<sup>th</sup> International scientific conference. Cibunet Publishing. – New York, 2013. – С. 5–7.
2. Бураков Д.А. Модели расчета и прогноза притока воды в водохранилище Богучанской ГЭС: DVD-ROM / Д.А. Бураков, Л.А. Путинцев // VII Всероссийский гидрологический съезд – Санкт-Петербург, 2013. – №136.
3. **Путинцев Л.А.** Компьютерная модель прогноза притока воды в водохранилище Богучанской ГЭС / Л.А. Путинцев // География и геоэкология на службе науки и инновационного образования: мат-лы научн.конф с междунар. участием. – Красноярск: Изд-во КГПУ им. В.П. Астафьева, 2013. – С. 81–84.
4. **Путинцев Л.А.** Методика прогноза притока воды в водохранилище Богучанской ГЭС [Электронный ресурс] / Л.А. Путинцев // Тезисы стендовых докладов научно–практической школы–семинара молодых ученых и специалистов в области гидрометеорологии. – Новосибирск, 2012.– С. 12–13.– Режим доступа: <http://sibnigmi.ru/documents/school/> (дата обращения 01.09.2018).
5. **Путинцев Л.А.** О возможности расчета и прогноза бокового притока в Богучанское водохранилище / Л.А. Путинцев // Водные ресурсы Енисейского региона. Сборник материалов 12-й конференции, посвященной Международному дню воды – 22 марта. – Красноярск, 2017. – С. 14–20.

#### **Выводы**

Комиссия, рассмотревшая диссертационную работу Л.А. Путинцева, считает, что она может быть представлена к защите в Диссертационный совет 24.1.040.01 при Институте водных проблем РАН, поскольку отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.16 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия», посвящена

актуальной теме, содержит новые научно значимые результаты, имеет очевидную практическую применимость. Работа выполнена диссертантом самостоятельно.

Высказанные при обсуждении замечания рекомендуется учесть при оформлении автореферата и при подготовке доклада к защите.

**Члены комиссии:**

д.ф.-м.н., член-корр. РАН, директор ИВП РАН



А.Н. Гельфан

д.г.н., главный научный сотрудник ИВП РАН



Ю.Г. Мотовилов

д.т.н., зав. Лабораторией ИВП РАН,



В.В. Беликов