

от «17» января 2019 г.

**Протокол № 2 /2019  
Заседания Диссертационного совета Д.002.040.01**

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

Из 30 членов Диссертационного совета на заседании присутствовало 21 человек.

**Слушали:**

Доклад д.т.н. А.В. Фролова от лица комиссии Диссертационного совета о результатах рассмотрения диссертационной работы Миллионщиковой Т.Д. «Моделирование и предвычисление многолетних изменений стока р. Селенги».

**Постановили:**

1) Считать, что диссертационная работа соответствует профилю работы совета.  
2) В соответствии с рекомендациями комиссии принять к защите диссертационную работу Миллионщиковой Т.Д. «Моделирование и предвычисление многолетних изменений стока р. Селенги» на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

3) Утвердить оппонентами работы:

1. доктора географических наук Леонида Маркусовича Корытного (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской, г.н.с. лаборатории георесурсоведения и политической географии)
2. кандидата географических наук Александра Георгиевича Георгиади (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии РАН, вед.н.с. лаборатории гидрологии)

Ведущую организацию – Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова

Назначить защиту на «21» марта 2019 г. в 14 ч.

Ученый секретарь

д.ф.-м.н.

/М.А. Соколовский/

Председатель комиссии

д.т.н.

/А.В. Фролов/

## **Заключение**

по диссертации Миллионщиковой Т.Д. «Моделирование и предвычисление многолетних изменений стока р. Селенги», представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия»

На рассмотрение представлены следующие документы и материалы:

- том с текстом диссертации на 133 странице
- автореферат диссертации на 23 страницах

### Актуальность темы

Анализ физических механизмов отклика гидрологической системы речного бассейна на происходящие и прогнозируемые изменения климата – актуальная проблема гидрологии суши, для решения которой все шире используются современные физико-математические модели формирования речного стока с распределенными параметрами. Бассейн р. Селенги – крупнейшей реки, впадающей в оз. Байкал и обеспечивающей до половины ежегодного притока воды в озеро, располагается на территории двух государств, России и Монголии, что затрудняет построение надежной физико-математической модели и обеспечения ее однородными данными мониторинга. Вместе с тем, проблема разработки такой модели для бассейна р. Селенги и получения с ее помощью оценок будущих изменений водного режима стала особенно актуальной в связи с наблюдающимся в этом бассейне более чем 20-летним маловодьем, самым продолжительным за период инструментальных наблюдений.

Построение физико-математической модели формирования стока в бассейне р. Селенги с распределенными параметрами, воспроизведение с ее помощью современных многолетних фаз водного режима, оценка робастности модели (устойчивости ее параметров и структуры к изменению климатических характеристик), анализ чувствительности речного стока к изменениям климатических параметров, оценка его возможных изменений при прогнозируемых изменениях климата в этом бассейне и анализ неопределенности полученных оценок – новые задачи, решению которых посвящена диссертационная работа.

В связи с вышеизложенным, выполненные соискателем исследования являются актуальными и имеют научную и практическую значимость.

## Основные результаты

1. Разработана физико-математическая модель формирования стока для всего бассейна р. Селенги, позволяющая воспроизводить динамику пространственного распределения гидрологических переменных с высоким пространственным (порядка 600-700 км<sup>2</sup>) и временным (сутки) разрешением по данным метеорологического реанализа за многолетний период. С помощью модели воспроизведены современные тенденции изменения водности рек исследуемого бассейна, включая выдающееся маловодье последних десятилетий.

2. Разработана процедура тестирования модели, оценивающая возможности ее использования для экстраполяционных задач расчета гидрологических последствий изменения климата. Процедура включает количественную оценку робастности модели, построенную на статистическом анализе изменчивости эффективности модели, рассчитанной для климатически контрастных периодов. Показано, что модель формирования стока в бассейне р. Селенги мало чувствительна (робастна) к изменению климатических параметров и может быть использована для оценки влияния изменений климата на годовой и месячный сток в разных частях бассейна

3. На основе разработанной модели формирования стока проведен анализ чувствительности гидрологической системы бассейна р. Селенги к изменению климатических параметров с использованием метеорологических данных за исторический период. Численные эксперименты показали, что:

(1) при увеличении нормы температуры на 1°C (при неизменной норме осадков) норма стока р. Селенги снижается на 8-10%, а при росте нормы осадков на 10% (при неизменной норме температуры воздуха) норма стока растет более чем на 20%. Отсюда сделан вывод, что основной вклад в наблюдаемое в 1996-2013-х годах 30%-е уменьшение водности р. Селенги (по сравнению с многоводным периодом 1983-1995 гг.) внесло произошедшее за этот период 10%-е уменьшение осадков. Влияние роста испарения вследствие увеличения температуры воздуха на 0.4°C оказалось менее значимым.

(2) возможный рост среднегодовой нормы осадков может увеличить не только норму, но и дисперсию годового стока. Обнаруженный эффект, в частности, может привести к росту частоты экстремальных гидрологических явлений при увеличении нормы осадков в бассейне р. Селенги.

4. Исследованы и апробированы возможности региональной модели формирования стока для оценки многолетних изменений стока р. Селенги за период наблюдений с использованием в качестве входных данных результатов ансамблевых расчетов глобальных климатических моделей. С помощью разработанной гидрологической модели бассейна р. Селенги получены результаты предвычисления многолетних изменений характеристик стока в

XXI веке с использованием ансамблей климатических проекций, рассчитанных по данным глобальных климатических моделей при разных сценариях антропогенного воздействия. В случае реализации сценариев RCP 6.0 и RCP 8.5 к концу XXI века может произойти сокращение стока на 4-19% по сравнению с многоводным периодом (1986-1995 гг.) и на 10-25% по сравнению с маловодным периодом (1996-2005 гг.).

5. Расчетные аномалии нормы годового стока р. Селенги в XXI веке характеризуются значительной неопределенностью, которая связана, прежде всего, с неопределенностью данных о климатических проекциях, рассчитанных с помощью глобальных моделей климата. Модельная неопределенность (различия между моделями климата) вносит существенно больший вклад в общую дисперсию расчетных аномалий, чем сценарная неопределенность (изменчивость RCP-сценариев).

6. Норма годового стока р. Селенги одинаково чувствительна к изменению норм осадков и температуры воздуха при использовании на входе гидрологической модели двух наборов проекций климата в XXI в.: (1) полученных на основе расчетов изменения климата с использованием моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО), (2) заданных путем линейной трансформации фактических рядов наблюдений (ДС-метод) без использования МОЦАО. При этом второй набор данных характеризуется существенно меньшей неопределенностью, т.к. в нем, в отличие от 1-го набора, не содержится неопределенностей, связанных с расчетами по глобальным климатическим моделям. Использование климатических проекций, построенных с помощью ДС-метода, создает возможность получения более устойчивых оценок гидрологических последствий изменения климата в бассейне р. Селенги с помощью региональной гидрологической модели.

#### Научная новизна полученных автором результатов работы

1. Разработана физико-математическая модель формирования стока для бассейна р. Селенги, позволяющая воспроизводить по данным метеорологического реанализа современные тенденции изменения водности рек бассейна, включая выдающееся маловодье последних десятилетий.

2. Предложена и реализована процедура тестирования гидрологической модели, предназначенной для расчета гидрологических последствий изменения климата. Процедура включает новые оценки робастности модели, основанные на анализе выборочной изменчивости критерия эффективности модели для климатически контрастных периодов.

3. Оценена чувствительность средних значений и показателей вариации годового и максимального стока р. Селенги к изменению климатических параметров.

4. Оценены возможные изменения характеристик стока р. Селенги в XXI веке, рассчитана неопределенность полученных оценок, обусловленная неопределенностью климатических проекций.

Практическая значимость работы заключается:

1. В разработке и апробации региональной физико-математической модели формирования стока в бассейне р. Селенги, позволяющей с удовлетворительной точностью рассчитать гидрографы стока разного временного усреднения (сутки, месяц, год) в основном русле реки и на ее притоках за многолетний период.

2. В создании для всего бассейна р. Селенги базы данных, которая включает в себя архив многолетних гидрологических и метеорологических данных суточного разрешения; баз пространственно-распределенных данных о характеристиках рельефа, почв, землепользования для российской и монгольской частей водосбора, а также архивов метеорологических характеристик, рассчитанных по данным глобальных моделей климата.

3. В разработке процедуры оценки робастности модели формирования стока по отношению к изменению климатических параметров, которая может быть рекомендована для анализа применимости гидрологических моделей в задачах оценки возможных изменений водных ресурсов при прогнозируемых изменениях климата.

Обоснованность и достоверность результатов работы.

Результаты расчетов по модели формирования стока были проверены на материалах наблюдений, полученных в надежных источниках (данные гидрологического мониторинга Росгидромета и Национального агентства по метеорологии, гидрологии и мониторингу окружающей среды Монголии, глобальные базы данных). Для проверки эффективности расчетов использованы принятые в гидрологическом сообществе методики.

Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных соискателем работах

За время работы над диссертацией автором было опубликовано 8 работ, 2 из которых – в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационного исследования:

1. Gelfan, A. N., and Millionshchikova, T. D. Validation of a Hydrological Model Intended for Impact Study: Problem Statement and Solution Example for Selenga River Basin. Water Resour., 2018. Vol. 45, Suppl. 1, pp. S90–S101.

2. Chalov S. R., Millionshchikova T. D. and Moreido V.M. Multi-model approach to

quantify future sediment and pollutant loads and ecosystem change in Selenga River system. *Water Resour.*, 2018. Vol. 45, Suppl. 6, pp. S22–S34.

3. Millionshchikova T. Hydrological model-based assessment of Selenga basin runoff sensitivity in the XXI century. Proceedings of school for Young Scientists “Modelling and forecasting of river flows and managing hydrological risks: towards a new generation of methods” Moscow, Russia, 22-26 October, 2018, p.34.

4. Moreido V, Chalov S. and Millionshchikova T. Application of hydrological modelling to seasonal and long-term projections of the Baikal omul (*Coregonus migratorius*) spawning migration extent in the Selenga river. Book of Abstracts GMIT Symposium on Environmental Science and Engineering. 31 August – 2 September 2018, Nalaikh, Mongolia. Pp. 74-75.

5. Millionshchikova T. Hydrological model-based assessment of runoff sensitivity to climate change in the Selenga basin. Book of Abstracts GMIT Symposium on Environmental Science and Engineering. 31 August – 2 September 2018, Nalaikh, Mongolia. Pp. 78.

6. Millionshchikova T. Selenga river runoff projections in the XXI century: ECOMAG-based simulation results. The Second International Young Scientists Forum on Soil and Water Conservation and ICCE symposium 2018 "Climate Change Impacts on Sediment Dynamics: Measurement, Modelling and Management". 27-31 august 2018. Moscow, Russia. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences series, 2019.

7. Gelfan A., Kalugin A., Millionschikova T., Motovilov Yu. Do changes in climatic norms influence on runoff variability? Data-based and model-based results. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 20, EGU2018-12784, 2018.

8. V. Moreido, A. Kalugin, Y. Motovilov, and T. Millionshchikova. Assessing inflow alterations into Lake Baikal from Selenga river basin with respect to changing climate and land use conditions. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 19, EGU2017-7610, 2017.

Публикации автора представляют интерес для специалистов в области гидрологии суши, моделирования гидрологических процессов. В представленных работах приведены все научные результаты, полученные автором в рамках диссертационного исследования.

#### Выводы

Комиссия, рассмотревшая диссертационную работу Т.Д. Миллионщиковой, считает, что она может быть представлена на защиту в Диссертационный совет Д.002.040.01 на базе Института водных проблем РАН, поскольку отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям по специальности 25.00.27 «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 в автореферате и при подготовке доклада к защите.

Члены Комиссии

Зав. лаб. ИВП РАН

д.б.н.



Е.М. Гусев

Зав. лаб. ИВП РАН

д.г.-м.н.



Р.Г. Джамалов

В. н.с. ИВП РАН

д.т.н.



А.В. Фролов