

О Т З Ы В ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Т.Д.Миллионщиковой «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

Актуальность темы диссертационной работы Т.Д.Миллионщиковой определяется прежде всего необходимостью анализа и расчетов стока в бассейне р. Селенги – крупнейшей реки, впадающей в оз. Байкал и обеспечивающей до половины ежегодного притока воды в уникальный природный объект планетарного значения – оз. Байкал. Бассейн Селенги располагается на территории двух государств, России и Монголии, что сильно затрудняет решение и без того труднейшей проблемы гидрологии - построение надежной прогнозной физико-математической модели и обеспечения ее однородными данными мониторинга в условиях климатических изменений. В связи с этим главную **цель** работы - разработка региональной физико-математической модели формирования стока р. Селенги на основе информационно-моделирующего комплекса (ИМК) ЕСОМАГ, как и поставленные при этом **основные задачи** - воспроизведение с помощью модели современных многолетних фаз водного режима, исследование робастности модели, анализ чувствительности речного стока к изменениям климатических параметров, оценка его возможных изменений при прогнозируемых изменениях климата в этом бассейне и анализ неопределенности полученных оценок - следует также считать весьма актуальными.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Объем работы составляет 133 страницы, включая 83 рисунка и 33 таблицы. Библиографический список содержит 162 наименования, в т.ч. 98 на иностранных языках.

Во **Введении** автор обосновывает актуальность исследования, формулирует цель, задачи и 5 положений защиты (раскрытые в гл. 2-4), констатирует научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, показывает личный вклад, а также приводит сведения об апробации результатов работы.

В **главе 1** дан обзор исследований по оценке изменений речного стока и климата в бассейне р. Селенги на основе многолетних данных гидрометеорологических наблюдений и результатов моделирования. С достаточной детальностью описываются физико-географические, климатические и гидрологические характеристики бассейна р. Селенги, *хотя имеющиеся в изобилии для этой территории картографические материалы можно было бы использовать более активно.* Анализ опыта исследований по оценкам многолетних изменений характеристик климата и речного стока р. Селенги и их моделированию учитывает все существующие работы. В частности, верно отмечается противоречивость мнений о роли процесса испарения, *но непонятно, к какой точке зрения склоняется диссертант.* Различия в результатах различных авторов подтверждает необходимость поиска новых региональных моделей в бассейне р. Селенги, что и выполнено.

В **главе 2** последовательно описана разработка модели формирования стока в бассейне р. Селенги на основе информационно-моделирующего комплекса ЕСОМАГ, созданного вед.н.с. ИВП РАН Мотовиловым Ю.Г.: общая структура модели, основные расчетные уравнения и требования к исходным данным; создание в ходе исследований архива данных для информационного обеспечения модели формирования стока р. Селенги; методика схематизации бассейна р. Селенги и оценка параметров модели формирования речного стока по указанным базам данных; результаты калибровки и проверки модели по данным о речном стоке в различных створах речной сети. В итоге получены удовлетворительные результаты расчета многолетних гидрографов среднесуточного и среднемесячного стока с использованием обоих видов входных

метеорологических данных (качество моделирования среднесуточного стока оценивалось по критериям Нэша-Сатклиффа (NSE) и относительной систематической погрешности (BIAS), среднесеasonного стока - по коэффициенту детерминации R. *Но достаточно ли этого, чтобы утверждать об эффективности модели – это вопрос!*

В этой же главе описана интересная процедура оценки робастности модели формирования стока р. Селенги по отношению к изменению климатических параметров по разработанному с участием автора алгоритму. Судя по физическому смыслу модели ECOMAG и ее калибруемых по данным о стоке р.Селенги параметров, приведенных в табл.2.2.2 диссертации, большинство из них должно быть устойчиво к изменениям климатических характеристик и, следовательно, модель должна быть робастна по отношению к таким изменениям, что подтвердили численные эксперименты, выполненные автором работы. Модель успешно «прошла» разработанный тест для среднемесячных и среднегодовых расходов воды во всех 4-х рассматриваемых створах р. Селенги при уровне значимости $\alpha=5\%$, показала статистически близкие результаты расчета измеренных и рассчитанных расходов для климатически контрастных периодов и, таким образом, может быть использована для оценки влияния изменений климата на годовой и месячный сток в разных частях бассейна.

Глава 3 посвящена анализу чувствительности характеристик годового и максимального стока р. Селенги к изменениям климатических параметров с помощью разработанной модели формирования речного стока. Для количественной оценки чувствительности применен метод линейной трансформации временных рядов фактических метеорологических данных: описана процедура оценки, проведен анализ результатов оценки чувствительности стока к изменению климатических норм осадков и температуры воздуха. *Но вызывает сомнение объяснение превышение стока вдвое по сравнению с осадками дополнительным увлажнением бассейна, снижением потерь стока на инфильтрацию в почву и увеличением коэффициента стока.* Численные эксперименты показали, что возможный рост среднегодовой нормы осадков и/или температуры воздуха может увеличить не только норму, но и дисперсию характеристик речного стока, что может привести к росту частоты экстремальных гидрологических явлений при увеличении нормы осадков в бассейне р. Селенги. *Однако отметим, что оценку меры чувствительности среднего значения и показателей изменчивости стока к изменению норм осадков и температуры можно получить, используя и более простые модели.*

В этой же главе анализируются изменения внутригодового распределения стока р. Селенги вследствие изменения климатических параметров. Получен важный вывод, что изменения климатической нормы температуры воздуха меняют не только амплитуду пиков, но и среднее время их наступления.

Глава 4 посвящена оценке возможных многолетних изменений стока р. Селенги в XXI веке на основе численных экспериментов с гидрологической и глобальными климатическими моделями. 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. Так, в случае реализации двух сценариев 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.). Исходные модели и последующие расчеты использованы и проведены вполне корректно, *хотя это, скорее, «игра с моделями», а не реальный прогноз, так как его неопределенность определяется главным образом неопределенностью климатических прогнозов, являющихся входом гидрологической модели.* Об этом, собственно, заявляет и автор диссертации.

В заключении кратко сформулированы основные выводы диссертационного исследования.

К работе имеются некоторые замечания, основные из которых выделены в тексте