

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИГ РАН)

119017, Москва. Старомонетный пер., д. 29, стр. 4. Тел.: 8(495) 959-00-32 (дирекция); 8(495) 959-00-15 (ученый секретарь);
8(495) 959-00-22 (канцелярия); 8(495) 959-37-69 (бухгалтерия); факс: 8(495) 959-00-33; e-mail: direct@igras.ru

09.03.2021 № 13203- 2115/62

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института географии РАН

чл.-корр. РАН

О.Н. Соломина



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт географии Российской академии наук на диссертационную работу Сучковой Ксении Викторовны «Моделирование генетических составляющих речного стока на водосборе Можайского водохранилища», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

Актуальность темы диссертационной работы. Диссертационная работа Ксении Викторовны Сучковой, несомненно, весьма актуальна.

Цель представленной работы – разработка методов расчета генетических составляющих речного стока и их возможной трансформации при изменении климата на основе физико-математической модели его формирования и гидрохимического способа идентификации источников стокообразования (на примере водосбора Можайского водохранилища).

Исследование генетических составляющих речного стока – классическая задача гидрологии речных бассейнов, решение которой становится все более значимым в связи с необходимостью углубления представлений о механизмах отклика гидрологических систем речного бассейна на происходящие изменения климата и трансформацию антропогенной деятельности на водосборах, изучения процессов склоновой эрозии, формирования качества вод.

Широко применяющиеся графические, численные и концептуальные методы расчленения гидрографа реки могут предоставить относительно точную информацию о количественных оценках генетических составляющих стока (поверхностный, почвенный и подземный сток), однако, возможность учесть их трансформацию в будущем весьма ограничена. Гораздо большие возможности может дать физико-математическое моделирование речного стока при условии адекватного учета процессов формирования его генетических составляющих. К сожалению, и физико-математические модели имеют ограничения, в том числе из-за использования в описании процессов стокоформирования набора параметров, описывающих внешнюю среду (характеристики почвогрунтов, растительности, рельефа), которые зачастую не измеряются, а подбираются различными

способами калибровки. При этом теоретически может существовать множество наборов параметров модели, позволяющих достаточно удачно описать гидрограф стока, при этом совершенно по-разному трактуя его генезис. Неверный выбор набора параметров может привести к неточностям в оценках качества поступающей в речную сеть воды, а в перспективе при изменении условий возможна неустойчивость результатов расчета и водного стока. В рассматриваемой диссертации сделана попытка минимизировать погрешности применения физико-математических моделей формирования речного стока.

Научная новизна полученных результатов. Впервые для параметризации физико-математической модели формирования речного стока с распределенными параметрами, разработанной на основе комплекса ECOMAG, в нее интегрирован химико-статистический метод выделения генетических типов вод. Это позволило усовершенствовать физико-математическую модель формирования речного стока. Калибровка параметров модели теперь проводится одновременно и по гидрометрическим и по гидрохимическим данным, что сокращает неопределенность моделирования генетических составляющих речного стока.

Разработанная модель использована для выявления закономерностей межгодовой и сезонной динамики генетических составляющих речного стока в различные фазы водного режима для бассейна Можайского водохранилища, а также оценки чувствительности генетической структуры речного стока к возможным климатическим изменениям. При этом получен ряд оригинальных результатов по оценке структуры стока в этом районе и ее динамики под влиянием различных факторов, более подробно изложенных далее в обзоре содержания отдельных разделов диссертации.

Научная и практическая значимость работы

Выявленная устойчивость параметров модели для почти 40-летнего периода наблюдений позволяет прогнозировать не только гидрографы притока к водохранилищу разного временного разрешения (сутки, месяц, год), но и генетический состав вод, а также динамику склоновой эрозии и качество поверхностных вод при возможных климатических изменениях и различном антропогенном воздействии. Велика практическая ценность работы, обусловленная тем, что Можайское водохранилище входит в систему питьевого и хозяйственного водоснабжения г. Москвы. Результаты работы важны, например, для Мосводоканала. Они могут быть использованы для оценки генезиса и, соответственно, химического состава и качества притекающих к водохранилищу вод.

Обоснованность научных положений и выводов работы. Результаты расчетов по модели формирования стока были проверены автором на официальных данных государственной системы мониторинга Росгидромета и Росводресурсов с использованием собственных полевых исследований и результатов измерений Красновидовской лаборатории и кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова с 1982 по 2019 год. Для проверки надежности расчетов автором использовались общепринятые в моделировании речного стока критерии. Выводы диссертационного исследования не противоречат результатам многолетних экспериментальных работ, проводившимся в Московском регионе, и современным теоретическим представлениям о генезисе речного стока в этом регионе и существенно дополняют их.

Публикации и апробация результатов диссертации. По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, из них 3 в научных изданиях, рекомендованных ВАК.

Основные результаты диссертационной работы были представлены на семи российских и международных конференциях в России и за рубежом.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из 4 глав, введения и заключения. Объем работы составляет 157 страниц, включая 63 рисунка и 24 таблиц. Библиографический список содержит 157 наименований.

Содержание отдельных разделов диссертации. Во **введении** дана общая характеристика работы, обосновывается актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследований, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, а также приводятся сведения об апробации результатов работы.

В **главе 1** приведен обзор исследований по оценке генетических составляющих речного стока, а также существующих методов расчленения гидрографа.

Сделан вывод о том, что численные, эмпирические, концептуальные методы расчленения гидрографа реки могут предоставить относительно точную информацию о количественных оценках грунтовой составляющей стока, однако для понимания генетической структуры речного стока часто недостаточно применения только этих методов и требуется дополнять исследования методами расчленения стока, основанными на гидрохимических данных и физико-математическом моделировании.

Глава 2 посвящена вопросам разработки и адаптации модели формирования речного стока для бассейна Можайского водохранилища (площадь водосбора 1360 км²) на основе информационно-моделирующего комплекса ECOMAG.

Калибровка параметров и валидация модели проводилась по суточным гидрографам стока рек, впадающих в Можайское водохранилище, для разных временных периодов.

Оценки результатов моделирования стока за периоды калибровки, валидации модели и за весь период расчета осуществлялись по критерию Нэша–Сатклиффа и относительной систематической погрешности. Значения критериев для всех периодов не сильно различаются между собой, что говорит об устойчивости параметров модели.

Автор исследовала чувствительность модели к пространственному разрешению характеристик подстилающей поверхности. Выявлено, что детальность разбиения водосборной площади и речной сети на расчетные элементы незначительно влияет на результаты расчетов.

Показано, что набор калибровочных параметров в модели стока может быть не единственным (проблема эквифинальности), что при расчетах гидрографов стока может приводить к неверной интерпретации генезиса стока (поверхностный, почвенный или подземный).

В **главе 3** автор раскрывает суть разработанной им методики калибровки параметров модели формирования стока с привлечением химико-статистического метода, предложенного К.К. Эдельштейном и О.Ю. Смахтиной (1991). Привлечение данных по процентному соотношению генетических типов вод, оцененному с привлечением диаграмм смешения вод, позволило уточнить параметры модели формирования речного стока в бассейне Можайского водохранилища и адекватно отразить генезис формирования стока.

Поскольку привлекаются совершенно разнородные данные (расходы воды и гидрохимические данные), калибровка осуществлялась путем поиска компромиссного решения, обеспечивающего максимальную эффективность расчетов для каждого из показателей.

После проведенной калибровки параметров модели сопоставлены оба метода формирования гидрографа стока – математическое моделирование на модели ECOMAG и химико-статистический метод. Автором показано, что результаты расчетов соотношения поверхностной и подземной составляющей стока по этим методикам близки для всего года. Получена динамика соотношения поверхностного, почвенного и подземного типов вод в гидрографе притока в Можайского водохранилище. В целом за год выявлена преобладающая роль стока инфильтрационного происхождения в формировании притока в Можайское водохранилище.

Проверка откалиброванной модели формирования стока на данных, полученных автором в результате собственных полевых работ в 2019 году, показала устойчивость параметров модели. Для 2019 г. автором получено, что большинство различий расчетных долей грунтовых составляющих по модели и по химико-статистическому методу не превышает 10 – 18 %.

Глава 4 посвящена анализу применения различных методик расчленения гидрографа и выделения грунтовой составляющей речного стока и исследованию чувствительности стока и его генетических составляющих к климатическим изменениям.

Полученные величины грунтовой составляющей стока на основе модели ECOMAG, с помощью графических методов расчленения гидрографа и химико-статистического метода показывают близкие результаты расчетов. Автоматизированные графоаналитические методы расчленения гидрографа, как правило, крайне чувствительны к задаваемым параметрам и могут давать сильно отличающиеся результаты.

Проанализирована чувствительность генетической структуры речного стока, смоделированной на разработанной математической модели, к климатическим изменениям. Показано, что изменения климатических норм осадков (в пределах -10% – +20%) и температуры воздуха (в пределах -1°C - +2°C) слабо сказываются на изменении абсолютных значений грунтовой составляющей речного стока, однако вследствие значительной изменчивости поверхностной и внутрипочвенной составляющих генетическая структура речного стока может претерпевать значительные трансформации.

В **заключении** сформулированы основные выводы диссертационного исследования, содержащие информацию:

- о разработке, калибровке и валидации физико-математической модели формирования стока в бассейне Можайского водохранилища;
- о степени чувствительности модели к пространственному разрешению характеристик подстилающей поверхности;
- об успешном опыте интеграции химико-статистического метода в модель формирования стока для устранения эффекта неопределенности задания параметров и улучшения качества воспроизведения генетической структуры речного стока;
- о результатах сопоставления разных методов оценки генетической структуры стока.

По результатам моделирования выявлены преобладающие генетические типы вод в различные фазы водного режима и описана пространственно-временная структура речного стока в бассейне Можайского водохранилища, в том числе в условиях возможных климатических изменений.

Диссертация в основном написана хорошим русским языком, логически выверена. Выводы, сформулированные в восьми пунктах, отражают основное содержание диссертационного исследования и соответствуют цели работы и поставленным задачам.

Автореферат и опубликованные работы полностью соответствует основным положениям диссертации

Вопросы и замечания

1. Следовало бы более полно раскрыть, чем разработанная модель до интеграции с химико-статистическим методом для оценки параметров отличалась от работы Е.Н. Антохиной, которая также применяла модель ECOMAG для рассматриваемой территории.
2. С чем связаны ошибки расчетов для разных лет? Нет ли соответствия качества расчетов с водностью года?
3. В связи со значительными изменениями хозяйственной деятельности на водосборе Можайского водохранилища, произошедшими в течение изучавшегося в работе периода с 1982 по 2019 годы следовало бы более полно учитывать изменения параметров водосбора и антропогенной нагрузки.
4. За счет чего был такой большой склоновый сток в половодье 2019 года? В 2019 году снега, как указано в диссертации, не было. В половодье доля грунтового стока по модельным расчетам составляла менее 5-10 процентов, а доля склонового стока оценивалась в 80-90% (с.100).
5. Почему, несмотря на значительное сходство модельных и фактических гидрографов стока, отмечается значительная (более чем в полтора раза) разница в модельных и фактических объемах стока? (с. 112, Табл. 4.2)?
6. В 1 главе, при обсуждении работ иностранных авторов о способах расчленения гидрографа стока встречается много непривычных для российской гидрологии терминов, которые, возможно, являются калькой иностранных аналогов. Это, например, термины «старая» и «недавняя» вода, «гидрографическое разделение» вместо «расчленение гидрографа».
7. Утверждение на с. 7 «В общем виде речной сток определяется соотношением приходной и расходной частей водного баланса» непонятно. Речной сток это и есть одна из составляющих расходной части водного баланса.
8. По поводу утверждения на с. 10 «Часть подземных вод (почвенных и грунтовых) расходуется на испарение и транспирацию...» следует отметить, что транспирация является частью испарения.
9. Было бы полезно привлечь для дополнительно анализа результатов работы многолетние данные наблюдений за процессами формирования стока с учетом его генезиса на водосборах Подмосковной воднобалансовой станции.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку работы.

Выводы, соответствие диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Ксении Викторовны Сучковой «Моделирование генетических составляющих речного стока на водосборе Можайского водохранилища» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и соответствующей паспорту специальности 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

Представленная работа по своей направленности, научной новизне, актуальности, методам исследования, достоверности полученных результатов, научной и практической значимости соответствует требованиям пп.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 (ред. от 01.10.2018), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Сучкова Ксения Викторовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук по специальности: 25.00.27 – «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

Отзыв обсужден и принят на расширенном заседании лабораторий гидрологии и климатологии Института географии РАН 18 февраля 2021 г. (Протокол №2).

И.о. зав. лаборатории гидрологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт географии Российской академии наук
кандидат географических наук
Екатерина Александровна Кашутина
Телефон: +79169716787
E-mail: kashutina@igras.ru
Адрес: 119017, Москва, Старомонетный переулок, дом 29, стр. 4

Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт географии Российской академии наук, профессор, доктор географических наук
Николай Иванович Коронкевич
Телефон: +7 9152604404
E-mail: koronkevich@igras.ru
Адрес: 119017, Москва, Старомонетный переулок, дом 29, стр. 4

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное учреждение Институт географии Российской академии наук

Адрес: 119017, Москва, Старомонетный переулок, дом 29, стр. 4. Институт географии РАН

Телефон: +7(495)959-00-22 (канцелярия)

Сайт: <http://www.igras.ru/>

e-mail: direct@igras.ru

Подпись рукой тюз
заверяю
Зав. канцелярией
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт географии
Российской академии наук

Подпись рукой тюз
заверяю
Зав. канцелярией
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт географии
Российской академии наук

