

информации. Одной из основных проблем применения физико-математических моделей является определение параметров уравнений, описывающих динамику гидрологических процессов на водосборе, их сложное взаимодействие с атмосферой, почвенным и растительным покровом. В значительной степени эта проблема усложняется для не охваченных хоть какими-то наблюдениями водосборов. Поэтому предпринятая Г.В. Айзелем своевременная попытка в какой-то степени решить эту проблему, в полной мере отвечает современным требованиям науки и практики.

Диссертационная работа Г.В. Айзеля состоит из введения, пяти глав, заключения, изложена на 156 страницах, иллюстрирована 43 рисунками и 18 таблицами, включает также 3 Приложения.

Во введении автором обосновывается актуальность темы исследования, раскрывается состояние изученности проблемы, формулируются цели и задачи работы, ее научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приводятся сведения об апробации этой работы на конференциях и совещаниях, структуре работы.

В первой главе раскрывается сущность проблемы расчетов стока с водосборов недостаточно обеспеченных гидрометеорологической информацией. В первом разделе этой главы приведены основные сведения о направлениях исследований в мире, посвященных исследованию процессов гидрологического цикла на не обеспеченных информацией водосборах, об изменении и распределении гидрометеорологических постов на сети Росгидромета в прошлом и настоящем, о недостаточности сети этих наблюдений и принимаемых мерах по изменению этого положения.

Замечание. Автор, говоря о гидрометрических станциях Росгидромета, ничего не сказал о воднобалансовых станциях этого ведомства, а также аналогичных станциях за рубежом. А ведь именно на них проводятся экспериментальные измерения характеристик тех процессов и параметров уравнений, которые рассматриваются в работе. Именно анализ изменений численности самих этих станций, состава наблюдений на них, представлял бы существенно больший интерес, чем выполненный в данной работе.

Во втором и третьем разделах обсуждается проблема неопределенности расчетов речного стока, связанная, в том числе, и с неопределенностью в оценке параметров уравнений, описывающих процессы его формирования, и раскрывается сущность современных подходов к районированию этих параметров, способствующая снижению этой неопределенности.

Вторая глава посвящена описанию исследуемых географических объектов. В работе приведена краткая физико – географическая характеристика районов расположения 323 малых и средних водосборов, расположенных на территории США, для которых имеется информация, необходимая для решения поставленных в ней задач. Для территории РФ такая информация отсутствует, поэтому выбор объектов исследования на территории США представляется вполне оправданным. Приведены сведения об особенностях подготовки данных для расчетов, в частности о базах гидрометеорологических данных, о границах исследуемых бассейнов, о критерии выбора водосборов по зависимости от полноты информации об измеренных осадках и другие.

Замечание. Необходимо было привести ссылки на источники получения используемой первичной информации.

В третьей главе дается описание модели взаимодействия подстилающей поверхности суши с атмосферой SWAP. В первом и втором разделах главы приведены общие сведения о глобальной циркуляции различных субстанций на Земле, о роли почвы и растительности, а также снежного покрова в процессах тепло- и влагообмена на суше.

В третьем разделе дана характеристика основных свойств LSM-моделей и, в частности, модели SWAP. Основной особенностью этой модели является использование аналитических методов описания процессов тепло - и влагообмена для двух периодов года – теплого и холодного.

В четвертом разделе дано детальное описание частных моделей для этих периодов года:

а) для теплого периода: потенциального испарения с подстилающей поверхности, перехвата осадков растительным покровом, водного баланса для двух слоев зоны аэрации (корнеобитаемого и до уровня грунтовых вод), температуры подстилающей поверхности, необходимой для расчета реального испарения;

б) для холодного периода года основное внимание уделено расчету составляющих радиационного и теплового баланса лесной геосистемы, перехвату твердых осадков кронами деревьев, суммарному испарению, расчету глубины промерзания и оттаивания почвы, формирования снежного покрова под пологом леса, расчету водного баланса зоны аэрации, поверхностного и грунтового стока.

В пятом разделе описывается процедура моделирования речного стока с использованием результатов расчетов по данной LSM-модели. Показано, что модель двумерной кинематической волны достаточно хорошо воспроизводит гидрограф стока с водосбора и его трансформацию речной сетью, представленной в виде линейного графа с сетью каналов. В этом же разделе проведено сравнение возможностей этой модели и гидрологических моделей по воспроизводству гидрографа речного стока, а также рассмотрена процедура калибровки параметров этой модели.

Шестой раздел этой главы посвящен описанию непосредственно моделирования гидрографа речного стока для 323 водосборов, расположенных на территории США. Дано описание подготовки информационного обеспечения модели (характеристики радиационных, метеорологических данных, параметров растительного и почвенного покровов, некоторые топографические показатели). Для 12 экспериментальных водосборов проведена проверка работоспособности используемой модели воспроизводить гидрограф речного стока. Для этого проведены расчеты по модели для двух периодов. Для первого осуществлена калибровка параметров модели по данным натурных наблюдений за стоком с использованием процедуры автоматической оптимизации, для второго – проведены расчеты гидрографов с уже оптимизированными параметрами. Сравнение результатов расчетов для двух периодов показали, что модель достаточно хорошо рассчитывает суточный гидрограф стока, а, следовательно, подобраны оптимальные параметры этой модели. Подтвердив удовлетворительную способность модели рассчитывать суточный гидрограф речного стока, аналогичная процедура расчетов была проведена и для всех остальных 323-х исследуемых водосборов. Оценка точности расчетов, выполненная в работе, подтвердила, что используемая модель с оптимизированными параметрами позволяет достаточно удовлетворительно рассчитывать гидрограф стока с водосборов, расположенных в различных географических условиях. С

большей точностью – для гумидных, влажных районов, с несколько меньшей, но тоже удовлетворительной – для аридных территорий.

Замечания:

1. В реальности даже на малых водосборах присутствуют участки с урбанизированными территориями, а также с овражно-балочной сетью. Для каждого из этих участков радиационный и тепловой баланс, условия снегонакопления, таяния, впитывания и стекания будут существенно отличаться от рассмотренных в данной работе. Несмотря на небольшие по площади размеры этих участков, их влияние может существенно сказаться на расчете, как составляющих водного баланса водосбора, так и речного стока. Поэтому неясно как учтена в модели пространственная неоднородность ландшафтных условий реальных водосборов.
2. В главе, по существу, проводится противопоставление LSM-моделей и гидрологических моделей. Это кажется странным, поскольку в развитых гидрологических моделях используются аналогичные уравнения тепло и влагообмена, а также показывается достаточно высокая точность расчета гидрографа в речного стока. Кроме того, в гидрологических моделях, как правило, проводится учет некоторых факторов, которые не учитываются в рассматриваемой модели, в частности, пусть и в упрощенном виде, пространственная неоднородность залегания снежного покрова. В чем причина такого противопоставления остается неясным.
3. Модель двумерной кинематической волны предполагает нарастание поверхностного стока к подножью склона или водосбора в виде сплошного слоя воды, что весьма далеко от реальности. Непонятно, почему все-таки этой модели отдается предпочтение?
4. Не ясно, зачем в разделе 3.6 было необходимо проводить дополнительную проверку эффективности модели по осредненным для всех водосборов оптимальным параметрам и их медианным значениям, если в предыдущем разделе показывается работоспособность модели, путем расчетов для каждого из 323 водосборов, параметры для которых были подобраны путем оптимизации.

В четвертой главе представлена впервые разработанная методика определения параметров используемой модели формирования речного стока для неохваченных наблюдениями водосборов, на основе применения технологии искусственных нейронных сетей. В первом разделе главы дается общая характеристика сущности самого метода искусственных нейронных сетей. Показано, что основным преимуществом этого метода является обучение нейронных сетей, в процессе которого выявляются сложные зависимости между входными и выходными данными. Основной задачей в работе является оценка оптимального значения одной числовой переменной, в данном случае, одного из параметров модели, по значениям входных переменных.

Во втором разделе главы дана характеристика информационного обеспечения, необходимого для построения нейронной сети. Для этого данные разделены на две группы – предиктанты (калибруемые параметры модели) и предикторы (физико-географические параметры водосбора). Последние представляют собой характеристики почвы, растительности и климата, которые брались из глобальных баз данных. Обучение сети проводилось по уже известным параметрам модели, полученным в процессе автоматической калибровки.

Замечание. На стр. 88 отмечено, что в настоящее время можно получить значения искомых параметров для любой точки земного шара. В качестве предикторов иногда используются те же самые параметры, которые необходимо задавать в модели. В чем тогда смысл построения сети и поиска с ее помощью тех же самых параметров?

В третьем разделе главы представлены результаты оценки параметров модели для необеспеченных информацией водосборов. Показано, что обучение сети для каждого из параметров модели происходило в группе из 210 водосборов с использованием двух различных ее архитектур. Для каждого параметра модели создается своя искусственная нейронная сеть, которая является моделью связи между параметрами используемой расчетной модели с комплексом характеристик водосбора. Для остальных 113 водосборов, необеспеченных информацией, в качестве входного слоя задаются предикторы этих водосборов из глобальных баз данных. Трансформируюсь «обученной» сетью на выходе получают оптимальные значения параметров модели. Качество оценки между оптимальными параметрами модели и рассчитанными с использованием нейронной сети для двух групп водосборов – на которых проводилось ее обучение и для необеспеченных информацией, оценивалось по коэффициенту корреляции, который оказался достаточно высоким.

Замечание. Только текстовое описание процедуры «обучения» сети и оценки параметров для необеспеченных информацией водосборов затруднено для понимания и недостаточно. Необходимо все этапы этой деятельности отобразить на блок-схеме.

В четвертом разделе рассмотрены результаты расчетов суточного гидрографа стока по модели SWAP для 113 условно необеспеченных информацией водосборов и поэтому с параметрами, рассчитанными методом искусственных нейронных сетей. Дана оценка эффективности проведенных расчетов. Показано, что применение этого метода в целом дает удовлетворительные результаты, но имеется и ряд недостатков, одним из основных из них является необходимость иметь базы данных для большого числа водосборов за длительный период. В этой связи обосновывается необходимость применения методов районирования параметров модели для неизученных водосборов.

Последняя пятая глава посвящена расчетам речного стока по модели, параметры которой, для необеспеченных информацией водосборов, получены методами физико-географического подобия, пространственной геостатистики и гидрологических обобщений. Показано, что наилучшие результаты при нахождении параметров модели показала группа методов физико-географического подобия.

Замечание. Осталось неясным, какие критерии использовались при районировании исследуемой территории для дальнейшей выработки, так называемого решающего правила, в принятии решений по расчету гидрографа стока для неизученного водосбора.

Научная новизна и значимость диссертации Г.В.Айзеля заключается в том, что впервые разработана и применена методика получения необходимых параметров модели взаимодействия подстилающей поверхности с атмосферой SWAP на основе аппарата искусственных нейронных сетей, а также методика принятия решений о выборе стратегии расчетов речного стока с водосборов с недостаточным информационным обеспечением

Практическая значимость работы

Для неохваченных гидрологическими наблюдениями водосборов разработана достаточно универсальная методика расчетов речного стока, которая может быть использована для оценки их водных ресурсов и прогноза их изменений под влиянием колебаний климата и хозяйственной деятельности.

Достоверность основных научных положений и выводов, сформулированных в рамках диссертационного исследования соискателя, подтверждается:

- Корректностью постановки задач исследования и аргументированным их решением.
- Корректностью использования математического аппарата при решении задач диссертационного исследования.
- Результатами сопоставления моделирования речного стока с использованием физико-математической гидрологической модели SWAP (зарекомендовавшей себя в качестве надежного инструмента в исследованиях закономерностей формирования речного стока) с данными наблюдений.
- Критической оценкой конечных результатов с указанием степени неопределенности полученных расчетов речного стока.
- Положительными результатами апробации основных положений и выводов по диссертации на ведущих российских и международных научно-практических конференциях.

Публикации по теме диссертационной работы, выполненные соискателем, прошли научное рецензирование и представляют собой 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов научной деятельности, а также 5 тезисов докладов на ведущих научных и научно-практических конференциях. Три из четырех научных статей написаны автором единолично (без соавторов), что также подтверждает его высокий личный вклад в представленную научную работу.

Изложение материалов диссертации и автореферата

Материал диссертации и автореферата изложен грамотно, логично, обоснованно. Работа обладает внутренним единством. Выводы, а также вынесенные на защиту основные положения работы достаточно обоснованы и в полной мере соответствуют паспорту специальности 25.00.27 — Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Автореферат диссертации достаточно полно и верно раскрывает основные положения и содержание диссертации.

Высказанные замечания имеют частный характер и нисколько не влияют на общую высокую положительную оценку диссертации и свидетельствуют о возможности дальнейшего совершенствования результатов и продолжения исследований по данному направлению.

В силу того, что диссертация Айзеля Г.В., внося несомненный научный вклад в область гидрологии суши, имеет и прикладной характер, также стоит предложить соискателю некоторые **рекомендации по использованию результатов и выводов**:

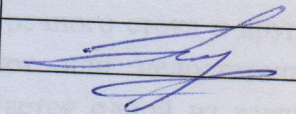
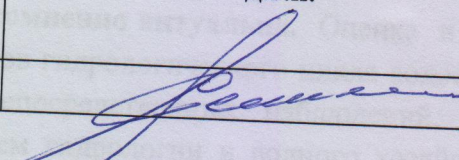
- Попытаться перенести разработанные методы и решающие правила по расчету стока для неизученных водосборов на территорию России.
- Усилить региональность исследования, вплоть до разработки эксклюзивных методик расчета для каждого крупного гидрологического района.
- Создать программную платформу, основанную на «облачных» расчетах для продвижения доступности используемых технологий, как для специалистов-гидрологов, так и для всех заинтересованных категорий граждан России.

Заключение

1. Диссертационная работа Айзеля Георгия Владимировича «Расчеты речного стока на основе модели SWAP для водосборов с недостаточным информационным обеспечением», является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые, научно-обоснованные методы и соответствующие технические решения проблем, возникающих при решении задач расчетов речного стока с недостаточно изученных в гидрометрическом отношении водосборов. Предложенные решения при их соответствующем переложении имеют высокую актуальность и для развития гидрологии в России.
2. По уровню разработки темы и ее практической значимости, диссертационная работа Айзеля Георгия Владимировича удовлетворяет требованиям п.п. 9—14 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.27 — Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Отзыв на диссертацию Айзеля Георгия Владимировича рассмотрен и одобрен на совместном семинаре лаборатории гидрологии Института географии РАН и Гидрологической комиссии Русского географического общества от 2 октября 2014 года.

Сведения о составителях отзыва:

Ф.И.О.	Коронкевич Николай Иванович	Ясинский Сергей Владимирович
Адрес	119333, Москва, ул. Вавилова, дом 37	
Телефон	+7(499) 129-04-74	
E-mail	hydro-igras@yandex.ru	yasisergej@yandex.ru
Организация	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии Российской академии наук	
Должность	Заведующий лабораторией гидрологии ИГ РАН д.г.н. профессор	Ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии ИГ РАН д.г.н.
Подпись		

Подпись руки тов. Коронкевича Н.И.
заверяю

Зав. канцелярией
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт географии
Российской академии наук

