Министерство образования и науки Российской Федерации
Омский государственный педагогический университет
Омский филиал Института математики СО РАН

И. В. Карнацевич, С. А. Хрущев

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА МАССОВЫХ РАСЧЕТОВ ТЕКУЩИХ ВОДНЫХ БАЛАНСОВ РЕЧНЫХ ВОДОСБОРОВ НЕИЗУЧЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ СУШИ

Монография

Омск
Издательство ОмГПУ
2014

УДК 626.81
ББК 26.222.5
К24

Печатается по решению редакционно-издательского совета Омского государственного педагогического университета

Карнацевич, И. В.

К24 Компьютерная система массовых расчетов текущих водных балансов речных водосборов неизученных областей суши : монография / И. В. Карнацевич, С. А. Хрущев. – Омск : Изд-во ОмГПУ, 2014. – 176 с.

ISBN 978-5-8268-1889-3

Традиционно все гидрологические характеристики водосборов вычисляют по измеренным уровням и расходам воды в больших и средних реках. Но на огромных пространствах суши, таких как северные области Сибири, Канады, Тибет, Амазония и др., работают миллионы малых и средних рек, водные ресурсы которых совершенно не изучены. В Омском государственном педагогическом университете в 2010–2012 гг. разработана и отлажена компьютерная технология получения многолетних векторов и полей воднобалансовых элементов в суточном разрешении по материалам многолетних режимных наблюдений метеостанций. Всесторонняя массовая проверка достоверности полученных расчетом результатов свидетельствует о том, что разработанная система определения элементов водных балансов и водных ресурсов неизученных в гидрологическом отношении территорий по метеоданным может успешно использоваться для многих практических и теоретических целей.

Книга будет полезной для студентов, географов и гидрологов, проектировщиков, производственников – специалистов водного хозяйства и водного кадастра.

УДК 626.81
ББК 26.222.5

ISBN 978-5-8268-1889-3

© Карнацевич И. В., Хрущев С. А., 2014
© Омский государственный педагогический университет, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 5

Введение 6

Глава 1. Теоретические основы энергетики климатических процессов
1.1. Краткая история развития представлений о теплоэнергетических ресурсах испарения 12
1.2. Теплоэнергетические ресурсы климатических процессов 14
1.3. Теплоэнергетические ресурсы процесса суммарного испарения и их водный эквивалент.....35
1.4. Суммарное испарение за радиационно-темный сезон 41

Глава 2. Математическая модель водного баланса (метод гидролого-климатических расчетов)
2.1. Система уравнений метода гидролого-климатических расчетов 50
2.2. Эмпирические формулы для вычисления теплоэнергетических ресурсов.....53
2.3. Компьютерная реализация метода гидролого-климатических расчетов. База данных и СУБД.....54
2.4. Подготовка и предварительная обработка исходных метеоданных для расчетов 57
2.4.1. Подготовка данных об атмосферном увлажнении.....57
2.4.2. Подготовка температурных данных для расчетов максимально возможного испарения.....60
2.5. Возможности пакета программ Weather App. Выборки из базы данных и генерирование карт 62
2.6. Управление вычислениями текущих водных балансов в среде пакета Weather App. 67

Глава 3. Расчеты текущих водных балансов по суточным интервалам
3.1. Гидрометеорологическая информация и вопросы ее обработки.....73

3.2. Краткая история развития методов расчета суммарного испарения 74
3.3. Примеры представления результатов расчета испарения..... 78
3.4. Исследование поля параметра n в уравнении связи..... 84
3.5. Контроль корректности результатов расчета испарения по данным метеорологических станций.....87

Глава 4. Карты элементов водного баланса
4.1. Карты влагоресурсов и теплоресурсов исследуемой территории 95
4.2. Карты суммарного испарения 95
4.3. Карты местного стока 95

Глава 5. Контроль достоверности расчетов
5.1. Гидрографы и цепи гидрографов местного стока, полученного расчетным путем.....123
5.2. Контроль достоверности рассчитанных значений стока путем сравнения с данными измерений.....129
5.3. Контроль вычислений ежесуточных интенсивностей стока 145
5.4. Причины несоответствия рассчитанных и измеренных значений стока и испарения 152
5.4.1. Погрешности использования измеренных атмосферных осадков 153
5.4.2. Погрешности использования измеренных и рассчитанных удельных значений стока.....154

Заключение.....158

Выводы 161

Библиография 162

Приложения.....169

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сибирь – огромная, богатая полезными ископаемыми, водными, лесными, рекреационными ресурсами и в то же время малоизученная физико-географическая страна. Представление об изученности её территории могут дать следующие цифры. На полуострове Таймыр, равном по площади Украине, плотность населения в тысячу раз меньше, чем на Украине. Из 100 000 водотоков (рек и речек) Таймыра исследована только одна, главная река – Таймыра. На Ямале, где 8 000 водотоков, водные ресурсы совершенно не изучены – ни в одной из рек не проводятся режимные наблюдения. Но опыт освоения Севера Сибири показывает, что без расчетов гидрологических характеристик, таких как норма стока, максимальные расходы воды, уровни наводнений, проектировщики не могут выполнять свои расчеты, а строители воплощать их замыслы в бетон, асфальт, металл, насыпи и выемки.

В Омске в течение 40 лет совершенствовалась технология расчета текущих водных балансов неизученных водосборов не на основе измерений в реках, измерений, которых пока что нет совершенно на многих территориях России, а на основе использования массовых ежедневных метеорологических измерений на сотнях метеостанций территории. Влага и тепло – вот главные факторы образования стока. Но до создания электронных баз данных нельзя было мечтать о громоздких расчетах, требующих обработки сотен тысяч чисел.

В монографии названы три условия, выполнение которых за последние несколько лет позволили осуществить с весьма хорошим качеством гидрологические расчеты по метеорологическим данным: первое – это появление электронных баз данных и СУБД, второе – это простая и основанная на фундаментальных законах природы математическая модель преобразований атмосферной влаги на поверхностях водосборов – система уравнений профессора В.С. Мезенцева и, наконец, быстродействующая вычислительная техника, позволяющая за несколько минут рассчитать в суточном разрешении испарение и сток за каждые сутки 50-летнего ряда наблюдений за осадками и температурой воздуха.

Карты изолиний элементов водного баланса, приведенные в монографии, позволят получать для любой точки территории Сибири нужные для расчетов сооружений численные значения гидрологических характеристик, важнейшей из которых являются водные ресурсы рек.

Проректор по научной работе,
профессор Д.М. Федяев

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия благодаря развитию микроэлектроники, быстродействующей вычислительной техники, геоинформационных технологий и созданию Интернета с его гигантскими базами электронных данных у естествоиспытателей появились новые возможности не только в географическом описании гидрологических характеристик, но и в области численного экспериментирования. Результаты использования этих возможностей применительно к изучению водных ресурсов Сибири и Дальнего Востока изложены в предлагаемой читателю работе, где детально описаны все составляющие *Системы компьютерных расчетов текущих водных балансов* (в дальнейшем используется термин «Система»)

На территории Сибири и Дальнего Востока, согласно справочнику «Реки и озера Советского Союза» [16], расположены 2 144 080 водосборов, из них изучено в гидрометрическом отношении не более 0,2 %, причем это водосборы крупных и средних рек, следовательно, 99,8 % водотоков и водосборов территории, а это более 2 миллионов малых и средних рек, совершенно не изучены. Ни в одном створе этих рек никогда не проводились измерения глубин, скоростей, уровней и расходов воды, не изучена динамика водных ресурсов этих бесчисленных рек без названий.

При освоении же новых территорий, особенно перспективных с точки зрения использовании их ресурсов, возникает потребность выполнения гидрологических расчетов для проектирования и строительства гидросооружений – плотин, водозаборов, водохранилищ, ГЭС. Проектировщикам необходимо иметь количественные характеристики ресурсов, изменчивости годового стока, внутригодового хода притока к расчетному створу в годы маловодные, средней водности и многоводные, наибольшие и наименьшие расходы воды в исследуемом водотоке и т.д.

По финансовым соображениям даже в далекой перспективе нельзя надеяться на многократное сгущение сети гидрологических станций и постов, существующие же методы расчета нормы стока, внутригодового распределения стока, максимального и минимального стока рек при полном отсутствии измерений далеки от совершенства, основаны на использовании карт изолиний

стоковых характеристик, созданных по материалам наблюдений на средних по размеру водосборах, а также на введение в расчетную формулу многочисленных поправочных коэффициентов, зависящих от трудноизмеримых величин [58].

Ошибки полученных результатов расчета обычно превышают несколько десятков процентов. Дальнейшее совершенствование традиционного метода гидрологической аналогии и метода частной географической подгонки, основанного на введение в формулы в качестве сомножителей дополнительных поправочных коэффициентов, снятых с карт специальных расчетных параметров, бесперспективно.

На огромных неизученных территориях подобрать реку-аналог чаще всего не удается, так как наблюдения за стоком ни в одной реке ещё не производились. Например, на Таймыре, этой гигантской территории, режимные гидрометрические измерения производились в течение нескольких десятков лет только в одном створе главного водотока полуострова – большой реки Таймыра, которую нельзя использовать в качестве аналога для малых и средних водосборов этой огромной территории.

Между тем в течение более чем полувека в отечественной инженерной гидрологии успешно используется для расчета элементов водного баланса неизученных водосборов **генетический** метод совместного решения уравнения водного баланса и уравнения связи элементов теплоэнергетического и водного балансов. Этот метод гидролого-климатических расчетов (ГКР), разработанный профессором В. С. Мезенцевым [50], основан на двух фундаментальных законах естествознания – законах сохранения материи (воды) и энергии (теплоэнергетических ресурсов суммарного испарения).

Математическая модель преобразований атмосферной влаги на поверхности водосборов под влиянием сил гравитации, управляющих процессами стока, и теплового дренирования, осуществляющего отвод влаги с поверхности водосбора путем испарения, связывает все элементы водного баланса аналитически, что позволяет контролировать достоверность результатов расчета связанных алгебраически элементов, например стока и влажности почвы, путем сравнения рассчитанных значений суммарного испарения с измеренными или судить о точности расчета испарения