

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ИСПАРЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДОЕМОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Евстигнеев В.П.¹, Остроумова Л.П.², Лемешко Н.А.³, Мишин Д.В.²

¹ – Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия, vald_e@rambler.ru

² – ФГБУ «ГОИН», Москва, Россия

³ – Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Разработана технология автоматизированного расчета слоя испарения с водной поверхности с заданными морфометрическими характеристиками и расположением метеорологических станций. Технология апробирована на примере Азовского моря.

Ключевые слова: испарение, тепло-воднобалансовый метод расчета, Азовское море.

Испарение является фундаментальным процессом, играющим ключевую роль в широком спектре физико-химических, технологических, биологических явлений. В гидрометеорологии процесс испарения учитывают, как важный фактор формирования структуры водного баланса водоемов, речных бассейнов и почв. Теоретические и экспериментальные исследования испарения в системе жидкость-пар до сих пор сохраняют свою актуальность в силу сложности физических процессов тепло- и массообмена на границе раздела двух сред. Если в лабораторных условиях закономерности испарения жидкости и конденсации пара исследованы и параметризованы довольно неплохо, то исследования испарения в естественных условиях, в особенности с поверхности больших водоемов, представляют сложность для обобщения в силу многофакторности процесса в открытых и неоднородных по пространству системах.

В практике воднобалансовых расчетов естественных объектов приняты методы, основанные на использовании разных полуэмпирических соотношений, в той или иной степени отражающие многообразие физических процессов, протекающих в приводном слое атмосферы. Поскольку прямых и регулярных измерений испарения нет, в таких расчетах используют данные метеорологических наблюдений на ближайших к водному объекту метеорологических станциях. При этом использование этих данных обоснованно при расчете месячных величин испарения.

В настоящей работе создана и реализована в среде статистического программирования R технология автоматизированного расчета слоя испарения с любого водного объекта с заданными морфометрическими характеристиками и расположением метеорологических станций. В основу технологии были положены некоторые алгоритмы компьютерной программы «ISPAR», использованной ранее для расчета месячных слоев испарения с поверхности водоемов суши: озер Ладожского и Балхаша, Краснодарского и Цимлянского водохранилищ и устьевого взморья Северного Каспия, Таганрогского залива устьевая область Дона и лиманов в устьевой области Кубани.

Технология представляет из себя совокупность программных блоков унифицированного доступа к данным метеорологических наблюдений, считывания морфометрических характеристик водоема и расчет коэффициентов, необходимых для учета трансформации воздушных масс, протекающих над водоемом, а также основной расчетный блок вычисления слоя испарения.

Основной расчетный блок включает в себя расчеты согласно схеме и уравнениям, предложенным в методе А.П. Браславского. Содержащийся в методике ряд

эмпирических формул параметризует процессы проникновения молекул водяного пара через надводный вязко-буферный слой, отнеса этих молекул от водной поверхности в слое путем свободной и вынужденной конвекции, изменения кинематической вязкости воздуха при колебаниях его температуры. В алгоритме также учитывается влияние солености водоема на интенсивность процесса испарения.

При расчете слоя испарения требуется знание температуры поверхностного слоя водоема. Если эти данные отсутствуют, разработанный алгоритм включает блок расчета температуры поверхностного слоя водоема по уравнению его теплового баланса с такими составляющими как поглощенная водой суммарная солнечная радиация и встречное излучение атмосферы, теплообмен водной массой с грунтом дна, теплоотдача путем испарения и турбулентной конвекции, тепловое излучение поверхности воды. В расчете учитывается календарный период года и наличие/отсутствие ледостава, процессов стаивания снежно-ледового покрова.

Апробация технологии расчета проведена на примере испарения с поверхности Азовского моря по совокупности метеорологических данных за период 1976-2010 гг.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-05-00803.

TECHNOLOGY OF AUTOMATED CALCULATION OF WATER BASIN EVAPORATION USING HYDROMETEOROLOGICAL DATA

Evstigneev V.P.¹, Ostroumova L.P.², Lemeshko N.A.³, Mishin D.V.²

¹ – Sevastopol State University, Sevastopol, Russia, vald_e@rambler.ru

² – Zubov State Oceanographic Institute, Moscow, Russia,

³ – Saint-Petersburg State University, Saint- Petersburg, Russia

Abstract. A technology of automated calculation of evaporation for arbitrary water basin with predefined morphometric characteristics and locations of meteorological stations has been developed. Technology was validated on the Azov Sea as an example.

Keywords: evaporation, heat and water balance calculation method, programming, Azov Sea.