



**VIII Международная научно-практическая конференция
«Морские исследования и образование»
Москва, 28-31 октября 2019**

**VIII International conference
«Marine Research and Education»
Moscow, 28-31 October 2019**

MARESEDU-2019

**ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ / CONFERENCE PROCEEDINGS
Том I (II) / Volume I (II)**

УДК [551.46+574.5](063)

ББК 26.221я431+26.38я431+28.082.40я431

T78

Труды VIII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2019)» Том I (III): [сборник]. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2020, 296 с.: ISBN 978-5-6042986-0-2.

Сборник «Труды VIII Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2019)» представляет собой книгу тезисов докладов участников конференции, состоящую из трех томов. Сборник включает в себя главы, соответствующие основным секциям технической программы конференции: океанология, гидрология, морская геология и геофизические исследования на акваториях, рациональное природопользование, подводное культурное наследие. Специальной темой конференции 2019 года стала секция, приуроченная к Десятилетию ООН, посвященному науке об Океане в интересах устойчивого развития (2021-2030 гг.)

Все тезисы представлены в редакции авторов.

В рамках конференции участники обсудили состояние и перспективы развития комплексных исследований Мирового океана, шельфовых морей и крупнейших озер, актуальные проблемы рационального природопользования и сохранения биоразнообразия в водных пространствах, проблемы освоения ресурсов континентального шельфа, достижения науки в области морской геологии, современные подходы к исследованиям обширных акваторий дистанционными методами, проблемы устойчивого развития экосистем моря и прибрежной зоны, организацию и проведение комплексных экспедиционных исследований, преподавание «морских дисциплин», вопросы организации полевых практик студентов.

Подготовлено к выпуску издательством ООО «ПолиПРЕСС» по заказу ООО «Центр морских исследований МГУ имени М.В. Ломоносова».

ООО «ПолиПРЕСС»

170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский
пр-т, д. 7, пом. II polypress@yandex.ru

ООО «Центр морских исследований МГУ
имени М.В. Ломоносова».

РФ, 119234, г. Москва, ул. Ленинские
Горы, д. 1, стр. 77

(495) 648-65-58/ 930-80-58

Все права на издание принадлежат
ООО «Центр морских исследований
МГУ имени М.В. Ломоносова».

© ООО «Центр морских исследований
МГУ имени М.В. Ломоносова», 2020
© ООО «ПолиПРЕСС»

ОЦЕНКА СУММАРНЫХ ВЛАГОЗАПАСОВ В БАССЕЙНАХ РЕК СЕВЕРА ЕТР НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА И СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

Крыленко Инна Николаевна^{1,2}, Голосной Дмитрий Андреевич¹, Григорьев Вадим Юрьевич^{1,2}, Захарова Елена Анатольевна², Фролова Наталья Леонидовна¹

1 - Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,

2 – Институт водных проблем РАН

Модели формирования стока позволяют рассмотреть на основе входной метеорологической информации об осадках, приземной температуре и дефиците влажности воздуха основные процессы формирования стока – поступление воды на поверхность водосбора, инфильтрацию, испарение, термический и водный режим почв, формирование снежного покрова и снеготаяние, формирование поверхностного, внутрипочвенного, грунтового и общего речного стока. Моделирование гидрологических процессов выполняется для нескольких уровней по вертикали: для поверхностного слоя почвы (горизонт А), подстилающего его более глубокого слоя (горизонт В), емкости грунтовых вод и емкости в зоне формирования поверхностного стока. В холодный период добавляется емкость снежного покрова. В связи с этим с применением данного класса моделей появляется возможность оценить не только результирующие расходы воды, но и временной ход отдельных составляющих водного баланса и общее изменение влагозапасов в пределах исследуемых бассейнов. Надежность таких оценок подтверждается сопоставлением с данными наземных и дистанционных измерений.

Уникальная возможность провести оценку качества результатов моделирования появляется при их сопоставлении с данными системы гравиметрических спутников GRACE об изменении общих влагозапасов территории (*total water storage - TWS*). Первая совместная спутниковая миссия NASA и Германского центра авиации и космонавтики, направленная на изучение гравитационного поля Земли и его временных вариаций, связанных, в частности, с процессами изменения климата GRACE действовала с 2002 по 2017 г, таким образом, был получен достаточно длинный ряд оценок изменений влагозапасов с месячным шагом для всего Земного шара.

В работе проведено сравнение результатов оценки влагозапасов, полученных на основе модели формирования стока ECOMAG [Motovilov,1999], показавшей высокую эффективность при исследованиях стока северных рек [Motovilov and Gelfan 2013, Krylenko et.al., 2014], с данными о влагозапасах спутников GRACE для бассейнов крупных рек севера ЕТР, включая Северную Двину, Мезень, Печору и Онегу.

Для сравнения со спутниковыми данными на каждом расчетном шаге моделирования влагозапасы во всех рассматриваемых вертикальных уровнях по всем элементарным единицам (удельным водосборам) модели суммировались (в мм водного эквивалента):

$$W_{TWS} = W_{\text{снег}} + W_A + W_B + W_{\text{гр}} + W_{\text{нов}},$$

где W_{TWS} – суммарный влагозапас, далее запас воды $W_{\text{снег}}$ - в снежном покрове, W_A - в почвенном горизонте А, W_B - в почвенном горизонте В, $W_{\text{гр}}$ - в грунтовых водах, $W_{\text{нов}}$ - в поверхностных емкостях. В дальнейшем проводилось осреднение полученных по модели значений с месячным шагом, соответствующем временному шагу данных GRACE.

В результате было получено хорошее совпадение результатов моделирования и оценок на основе спутниковых данных во все фазы гидрологического цикла.

Коэффициент соответствия Нэша-Сатклифа (NSE), рассчитанный при сравнении среднемесячных значений влагозапасов, полученных на основе двух методов, за период 2002-2014гг. составил от 0.78 для бассейна р. Онеги до 0.89 для бассейна р. Печоры (при $NSE \geq 0.75$ результаты моделирования считаются хорошими) (табл. 1).

Таблица 1. Значения критериев качества NSE при сравнении модельных оценок и спутниковых данных по влагозапасам в бассейнах рек

| | Онега | Северная Двина | Мезень | Печора |
|-------|-------|----------------|--------|--------|
| NSE | 0.78 | 0.85 | 0.83 | 0.89 |

Влагозапасы, полученные по модельным оценкам, и на основе спутниковых данных GRACE, имеют одинаковый диапазон изменений и особенности сезонного хода в исследуемых бассейнах (рис. 1). Основной период, определяющий увеличение влагозапасов в пределах бассейнов северных рек – снегонакопление. Наиболее высокие расхождения между оценками по модели и спутниковым данным, наблюдаются в начале снегонакопления в октябре, при неустойчивом снежном покрове.

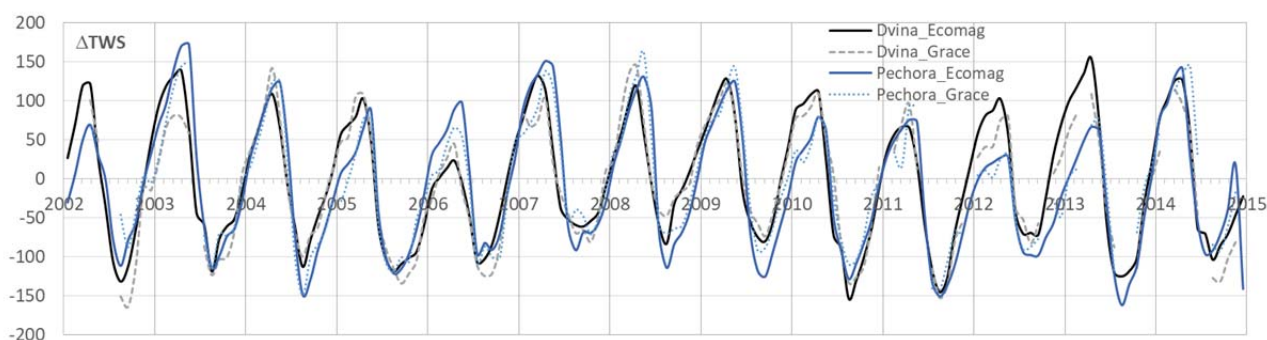


Рис. 1 Сравнение среднемесячных влагозапасов в бассейнах рек С.Двины и Печоры по результатам моделирования на основе ECOMAG и данным GRACE

Некоторые отличия в полученных разными методами значениях влагозапасов в отдельные моменты времени, скорее всего, связаны с погрешностями учета снегонакопления моделью по достаточно редкой сети метеорологических станций в бассейнах. С этим же может быть связан немного более низкий коэффициент NSE при сравнении данных GRACE и результатов моделирования в бассейне Северной Двины (0.85) по сравнению с бассейном Печоры, так как для бассейнов, расположенных западнее, более характерны оттепели в зимний период, обуславливающие изменения снегозапасов. Максимальные значения влагозапасов в бассейне р.Печоры наблюдаются несколько позже, чем в других бассейнах, что соответствует более позднему началу снеготаяния. Качество моделирования влагозапасов в бассейне р.Онеги несколько ниже, чем в других бассейнах, что может быть связано как с меньшим размером водосбора и недостаточной освещенностью метеорологической информацией, так и с недооценкой влияния карста, присутствующего в бассейне реки.

При снеготаянии и дальнейшем расхождении талых вод на пополнение русловых запасов и инфильтрацию, значительно увеличиваются влагозапасы во всех слоях, учитываемых при моделировании, что проявляется в рассматриваемых бассейнах в мае-

июне. В летний период наблюдается уменьшение влагозапасов в бассейнах за счет испарения и сработки грунтовых горизонтов, прерываемое дождевыми паводками.

В целом, представленная методология исследования влагозапасов на основе модели формирования стока и данных дистанционного зондирования и результаты ее апробации для речных бассейнов севера ЕТР показали очень хорошее совпадение оценок, полученных двумя независимыми методами во все фазы гидрологического цикла, позволили проанализировать сезонный ход изменений суммарных влагозапасов и факторы, его определяющие.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке проекта РФФИ 18-05-60021.

Литература

1. Motovilov Yu., Gottschalk, K., Engeland and A. Belokurov. ECOMAG – regional model of hydrological cycle. Application to the NOPEX region. Department of Geophysics, University of Oslo, Institute Report Series no.105, May 1999, 88 p.
2. Motovilov Yu.G., Gelfan A.N. Assessing runoff sensitivity to climate change in the Arctic basin: empirical and modelling approaches. IAHS Publications 360, 2013, 105-112
3. Krylenko, I., Motovilov, Y., Antokhina, E., Zhuk, V., and Surkova, G. Physically-based distributed modelling of river runoff under changing climate conditions. In Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources (IAHS Publ. 36X, 201X) (Proceedings RSHS14 and ICGRHW14, Guangzhou, China, August 2014) (2014), vol. 368 of IAHS Publ, Guangzhou, pp. 156–161.