



**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 (III) / Volume I (III)**

УДК [551.46+574.5](063)

ББК 26.221я431+26.38я431+28.082.40я431

Т78

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»

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА И КАЧЕСТВА ЕГО ВОД

Льюмменс Лео, Санин Александр Юрьевич, Терский Павел Николаевич

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Введение

Распределение загрязняющих веществ в пределах акватории Онежского озера определяется не только расположением источников их поступления и объемами поступления с каждого из них, но и сформировавшейся в пределах озера системой течений, которые обуславливают направление и интенсивность вдольберегового потока наносов, а также миграцией поллютантов из водной среды в донные отложения и в обратном направлении. Разнообразие факторов, воздействующих на распределение загрязняющих веществ существенно осложняет выявление закономерностей этого распределения.

Другая проблема в оценке качества вод- одновременность воздействия нескольких природных процессов в качестве источника поступления загрязняющих веществ, что усложняет определение роли каждого из них в ухудшении качества вод на том или ином участке. К примеру, даже в непосредственной близости от участка с активными абразионными процессами загрязняющие вещества течениями могут быть принесены от устья впадающей реки, расположенной в десятках километрах от него.

Данные и методы исследования

В данной работе исследователи сосредотачиваются на влиянии абразионных процессов на качество вод озера, в частности, на влияние вдольберегового потока наносов на интенсивность абразии и размыва берегов. Для изучения динамики берегов, в частности, интенсивности абразионных процессов, кроме традиционных стационарных полевых исследований, при наличии релевантных исходных данных имеет смысл применять методы математического моделирования, в частности, так называемые гидрометеорологические. К ним относится ветроэнергетический метод, позволяющий оценить соотношение продольной и поперечной составляющей волновой энергии, что, в свою очередь, во многом обуславливает преобладание абразионных или аккумулятивных процессов. К гидрометеорологическим относится также волноэнергетический метод, применение которого позволяет рассчитать емкость (потенциальную мощность) вдольберегового потока наносов, что позволяет оценить интенсивность абразионных и аккумулятивных процессов для различных участков берега.

Для применения гидрометеорологических методов необходимы данные по скорости и направлению ветров, конфигурации береговой линии и батиметрии прибрежной акватории, длине, периоду и высоте волн и их дальности подхода к берегу, а также по преобладающему направлению вдольберегового течения. Данная работа фокусируется на изучении последнего.

Течения для акватории Онежского озера изучались с начала века расчетными методами и натурными наблюдениями, результаты приведены в работах Давыдова В.К., Толмачева В.А., Молчанова И.В, Охлопковой А.Н. (Охлопкова, 1972, Исследование..., 2015). Скорости течений максимальны для верхнего слоя воды и составляют в среднем 5 см/с, но в некоторых

случаях достигают 12-15 см/с и более. На горизонтах 40-50 м они снижаются до 2-3 см/с (Атлас, 2010).

В Онежском озере течения во многом определяются скоростями и направлениями ветров. Сильные южные ветра генерируют довольно быстрые течения (средняя скорость- 0,31 м/с) (Исследование, 2015).

Весной температурные различия вод центральной и прибрежной частей озера обуславливают появление кругового течения. Оно направлено вокруг центральной части озера против часовой стрелки. Это типичное плотностное течение, его скорость в среднем составляет 0,15 м/с. Наибольшими скоростями оно характеризуется в Западном Прионежье и в заливе Большое Онего. (Исследование..., 2015).

В рамках работ по проекту была предпринята первичная попытка воспроизведения циркуляционных процессов в Онежском озере для подтверждения наличия описанного в литературе кругового течения и уточнения и дополнения имеющихся литературных данных в целом. В работе (Льюмменс, Терский, 2018) использованы современные данные метеорологического реанализа (ERAInterim) и популярная гидродинамическая модель DELFT3D с целью моделирования и картирования ветровых течений, имеющих первостепенную роль на акватории Онежского озера.

Результаты исследований

В результате применения модели к условиям июля 2015 года был получен ряд характеристик поверхностного слоя Онежского озера, включая уровень воды, направление и величину горизонтальных скоростей течения. В целом, полученные в ходе расчёта данные соответствуют типичной картине ветровых течений в Онежском озере за летний период (Охлопкова, 1972), что выражается в наибольшей выраженности течений в прибрежной зоне. Течения временами принимают характер циркуляционного течения, а в остальное время приближены к простым стоковым течениям. При этом в формировании потока многочисленные притоки озера играют малую роль. Несмотря на некоторую схожесть типичной и смоделированной картины течений, наблюдаются серьёзные расхождения в направлении течений, обусловленных действием ветра, на некоторых участках водоёма. Подобные несоответствия могут быть в первую очередь вызваны конкретными погодными условиями, имеющими место в период расчёта.

Стоит отметить, что наибольшие скорости течения наблюдались вдоль восточного и северо-восточного побережья озера, однако они, согласно расчёту, не превышали 0,25 м/с. Это, по всей видимости, объясняется средними скоростями ветра, которые для восточного побережья наибольшие. Первые 10 дней расчётного периода отличаются малыми перемещениями воды в поверхностном горизонте, обусловленными ветровым воздействием. Интенсификация ветровых циркуляций начинается при усилении ветра от в среднем 3 до 5 м/с в период с 06:00 11.07 до 06:00 13.07.2015. Пронаблюдать развитие течения при усилении ветра можно на рисунке ниже (рис. 1). Скорости и направления течений, полученных в результате моделирования, показаны на рисунке 2.

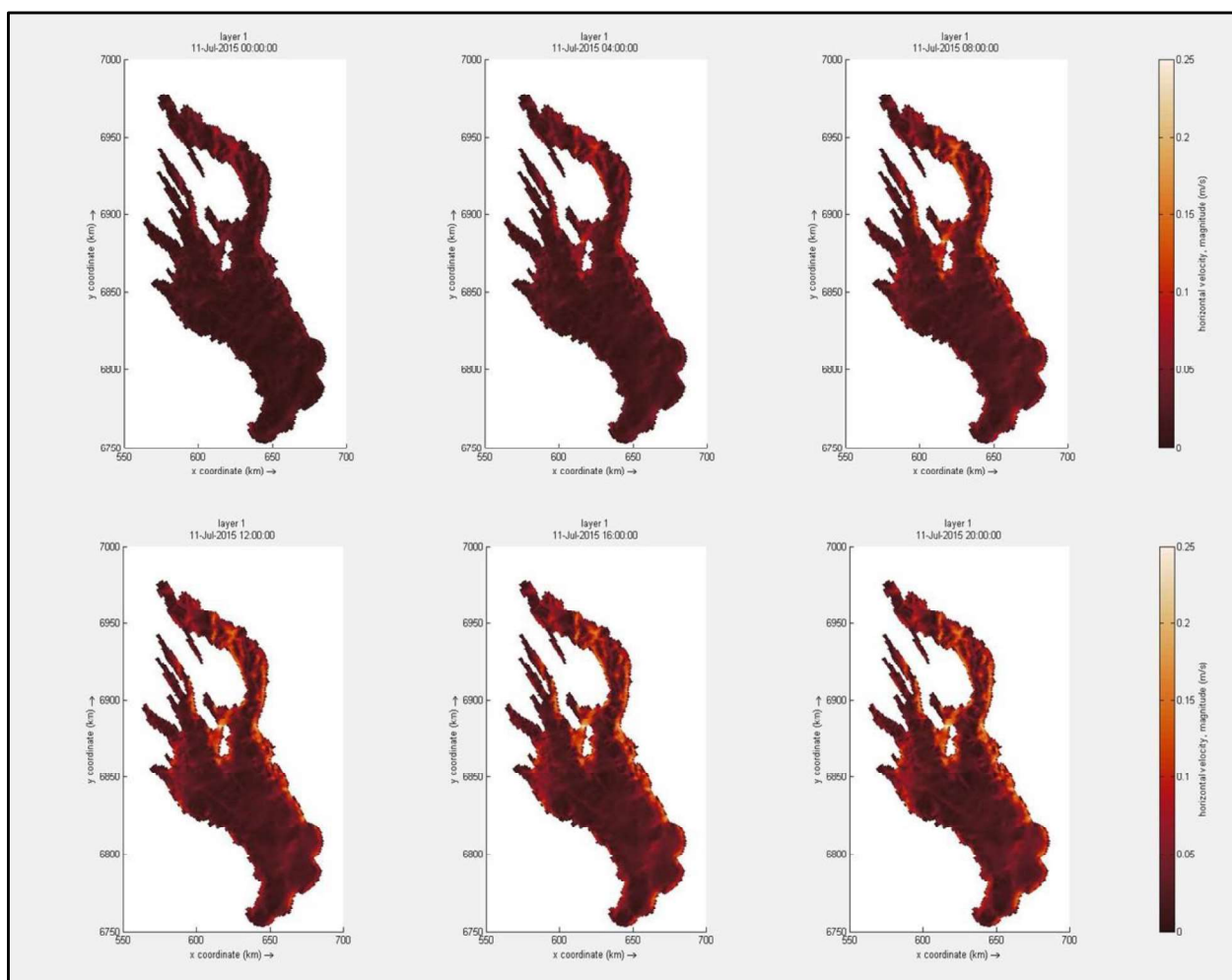


Рис. 1. Развитие потока, обусловленного воздействием ветра

Также прослеживается тенденция к затиханию течений в ночной период, что также связано с меньшей ветровой активностью в этот период. Колебания уровня воды составили около 10 см, что схоже со значениями, измеренными на водомерных постах, расположенных непосредственно на Онежском озере. При этом, несмотря на то, что потоки воды в водоёме в основном идут в сторону стока реки Свирь (рис. 2), максимальные уровни воды наблюдаются именно в этой части озера. Данный факт, вероятно, связан со слишком большим притоком воды, с которым не может справиться Свирь, вследствие чего уровень и поднимается. Ещё одним вариантом, при котором было бы возможно подобное развитие событий – нагон, обусловленный ветрами, направленными в начале расчётного периода преимущественно на юго-восток. С учетом возрастающих требований к мониторингу экологического состояния водных объектов, полученные первичные результаты могут быть использованы для изучения транспорта загрязняющих веществ из одного района Онежского озера в другой, а также по всей площади водоема.

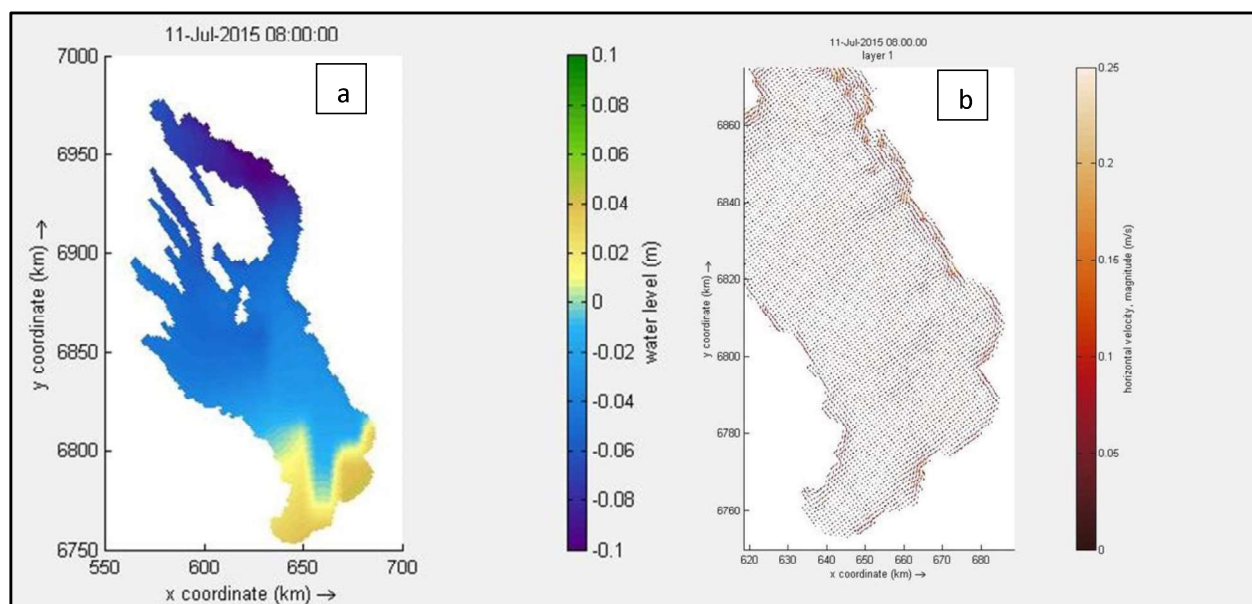


Рис. 2. Схема течений (b) и уровня воды (a) на 08:00 11.07.2015

Заключение

Для уточнения имеющихся литературных данных о скоростях и направлениях ветра, а также направлениях озерных течений, что является важной составляющей исходных данных для применения гидрометеорологических методов, был применен метод метеорологического реанализа. Осуществлено воспроизведение циркуляционных процессов с использованием современных данных метеорологического реанализа (ERAInterim) и популярной гидродинамической модели DELFT3D с целью моделирования и картирования ветровых течений, имеющих первостепенную роль на акватории Онежского озера. Это позволило подтвердить литературные данные о наличии господствующего кругового течения, охватывающего большую часть Онежского озера, и направленного против часовой стрелки, уточнить имеющиеся данные по характерным для него скоростям. Применение гидрометеорологических методов показало, что в силу наличия вдольберегового течения и различных сочетаний поперечной и вдольбереговой составляющих волновой энергии для каждого участка для Онежского озера характерно чередование участков берега, для которых потенциально должны преобладать соответственно абразионные и аккумулятивные процессы. Наибольшая мощность вдольбереговых потоков наносов свойственна восточному побережью, что объясняется более высокими, чем для остальной акватории, скоростями ветра, и, как следствие, скоростями вдольберегового течения, что было подтверждено и осуществленным моделированием.

Работа была выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-35-00545). Авторы также благодарят Государственный океанографический институт им Н.Н.Зубова за организацию в акватории Онежского озера работ, в которых была возможность принимать участие, что наряду с поддержкой со стороны РФФИ позволило получить представленные результаты.

Список литературы

1 Онежское озеро. Атлас / Отв. ред. Н.Н. Филатов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 151 с.

2 Исследование современного состояния и качества вод Онежского озера: Отчет о НИР (заключительный) по ГК №31/14 от 16.09.2014 / ФГБУ «ГОИН». Руководитель Землянов И.В. М., 2015. 622 с.

3 Крупнейшие озера-водохранилища Северо-Запада европейской территории России: современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. 375 с.

4 Льюмменс Л., Терский П.Н., 2018. Моделирование ветровых течений Онежского озера на основе программного комплекса DELFT 3D // Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии. Материалы XXIX молодежной научной школы-конференции, посвященной памяти члена-корреспондента АН СССР К.О. Кратца и академика РАН Ф.П. Митрофанова, г. Петрозаводск, 1–5 октября 2018 г. / [ред. кол. Садовничий Р.В., Медведев А.С., Рыбникова З.П.]. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. – С. 330-332.

5 Охлопкова А.Н. Течения в Онежском озере // Динамика водных масс в Онежском озере – Л: Наука Пресс, 1972, С. 74-114