

ГИДРОЛОГИЯ

УДК 504.455/ 502.4

**М.А. Науменко¹, Д.В. Севастьянов², Д.С. Дудакова¹, М.О. Дудаков¹,
Н.В. Родионова¹, Е.В. Протопопова¹**
**ОЗЕРО БОЛЬШОЕ ВЫГОЗЕРО: ПЕРВЫЕ ЛАНДШАФТНО-ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОНЕЖСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ БЕЛОГО МОРЯ**

¹*Институт озераедения РАН, г. Санкт-Петербург;*

²*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург*

Особенности территории и условия формирования рельефа и развития гидрографической сети на севере Онежского полуострова Белого моря описываются в статье. На основе ГИС-гистехнологий были определены границы водосборов р. Золотица и оз. Большое Выгозеро. Первое специализированное лимнологическое изучение оз. Большое Выгозеро, относящееся к национальному парку «Онежское поморье», было проведено в августе 2015 г. Впервые на основе эхолотационной съёмки создана цифровая батиметрическая модель озера и проанализированы морфометрические особенности озерной котловины. Биологическая съёмка оз. Большое Выгозеро позволила впервые определить численность и биомассу летнего фито-, зоопланктона и мейобентоса и их структурные особенности, а также видовой состав макрофитов. Трофический статус озера определен как мезотрофный, а литораль имеет тенденцию приближения к эвтрофным водоемам. Р. Холка, впадающая в озеро, образует ярко выраженную дельту выдвигания (лопастную пальцевидную дельту). Подводные наблюдения обнаружили железо-марганцевые рудные образования (корковые и оолитовые конкреции), имеющие толщину от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров. Дистанционные наблюдения с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) позволили дешифровать прибрежно-водную растительность для изучения процессов зарастания водоемов. Национальный парк «Онежское поморье» имеет высокий рекреационный потенциал.

Ключевые слова: озеро, батиметрия, водосбор, ландшафты, гидробионты, донные отложения, озерные руды, национальный парк.

**M.A. Naumenko¹, D.V. Sevastianov², D.S. Dudakova¹, M.O. Dudakov¹,
N.V. Rodionova¹, E.V. Protopopova¹**
**BOLSHOE VYGOZERO LAKE: FIRST LANDSCAPE-LIMNOLOGICAL STUDIES
ON THE ONEGA PENINSULA OF THE WHITE SEA**

¹*Limnology Institute of Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg;*

²*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg*

The article describes the features of the territory and the conditions for the formation of the relief and development of the hydrographic network in the north of the Onega Peninsula of the White Sea. Based on GIS technologies, the boundaries of the catchment areas of the Zolotitsa river and lake Bolshoe Vygozero were determined. The first specialized limnological study of the lake Bolshoe Vygozero, belonging to the national park "Onegskoe Pomorye", was held in August 2015. For the first time on the basis of echolocation, a digital bathymetric model of the lake was created and morphometric features of its basin were analyzed. Biological survey of the lake Bolshoe Vygozero was the first to determine the abundance and biomass of summer phyto-, zooplankton and meiobenthos and their structural features, as well as the species composition of macrophytes. The trophic status of the lake is defined as mesotrophic, and littoral tends to approach eutrophic water bodies. The Holka river, which flows into the lake, forms a pronounced delta of extension (lobate finger-shaped delta). Underwater observations revealed iron-manganese ore formations (cortical and oolitic concretions), having a thickness from several millimeters to several centimeters. Remote observations from a drone made it possible to decipher the coastal-aquatic vegetation to study the processes of water bodies overgrowing. The Onegskoe Pomorye National Park has a high recreational potential.

Key words: lake, bathymetry, watershed, landscape, hydrobionts, bottom sediments, lake ore, national park.

doi 10.17072/2079-7877-2017-2-43-57

Памяти основателя и первого директора
Национального парка «Онежское Поморье»
Олега Продана

Введение

Онежский полуостров, расположенный в южной части Белого моря, между устьями рек Онега и Северная Двина, занимая площадь около 6 тыс. км², представляет собой удаленную от цивилизации, покрытую хвойными лесами, холмисто-моренную, озерно-болотную территорию с разнообразными ландшафтами северной тайги. Уникальность Онежского полуострова обусловлена его геологической историей и расположением в северной части Русской платформы, на стыке Русской плиты и Балтийского кристаллического щита, в зоне распространения последнего оледенения.

Приморские северо-таежные, озерно-болотные ландшафты Онежского полуострова являются районами массовых скоплений водных и околоводных пролетных птиц в период весенних и осенних миграций, что послужило одним из оснований организации здесь Национального парка «Онежское Поморье», администрация которого находится на левом берегу р. Золотица вблизи устья. По данным научного отдела Национального парка «Онежское Поморье», озёрно-ледниковые равнины Онежского полуострова занимают около 1/3 площади полуострова, имеют холмисто-моренный расчлененный рельеф, для которого характерны крупные озерные котловины (озера Большое Выгозеро, Паранинское, Золотицкое, Пушкозеро и др.) и обширные заболоченные понижения (бывшие озера), камовые холмы и озовые гряды. В северной относительно пониженной части Онежского полуострова, где располагается основная часть территории национального парка, распространены ландшафты озерно-ледниковых и водно-ледниковых равнин. Они сложены флювиогляциальными и аллювиальными отложениями, дренированы притоками крупнейшей р. Золотица полуострова, такими как Быковка, Выговка, Холка и др. Все реки относятся к бассейну Белого моря, протяженность большинства рек полуострова не превышает 50–60 км. В Золотице обитает жемчужница европейская, или обыкновенная (*Margaritifera margaritifera*) – двустворчатый моллюск, родственник перловицы. Жемчужница занесена в Красную книгу РФ. Известно, что жемчужница – долгоживущий моллюск и спутник лососевых рыб на нерестилищах в северных реках [6].

Важность изучения северной части Онежского полуострова подтверждается необходимостью рассмотрения вопросов устойчивого экологически безопасного развития региона в связи с созданием здесь национального парка.

Материалы и методы исследований

В июле–августе 2014 и 2015 гг. коллективом авторов статьи были проведены работы, положившие начало научным исследованиям ландшафтной структуры и мониторингу экосистем озер территории Онежского полуострова. В полевые сезоны были выполнены первые целенаправленные исследования озерно-речной системы р. Золотица, в частности, крупного озера национального парка – Большое Выгозеро. Это озеро исследовалось экспедицией Института озераедения РАН (г. Санкт-Петербург) и Института наук о Земле СПбГУ (г. Санкт-Петербург). Полученные результаты представлены в этой статье.

Комплекс выполненных исследований на Большом Выгозере включал следующие виды работ: проведение видеосъемки берегов и акватории озера с помощью портативного беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с целью дешифрирования распределения лесной и прибрежно-водной растительности и изучения процессов зарастания водоемов; выполнение эхолотирования подводного рельефа для измерения глубин и проведения батиметрических расчетов для построения трёхмерной модели котловины озера [11;12]; гидробиологические исследования озера с отбором проб фито-, зоопланктона и мейобентоса, а также сбор образцов макрофитов в акватории оз. Б. Выгозеро для последующего лабораторного определения численности, биомассы, структуры исследуемых сообществ и определения видового состава гидробионтов для дальнейшего изучения кормовой базы рыб. Данные по макробентосу и рыбному сообществу взяты из литературных источников [14]. Выполнено более 20 погружений для подводного обследования дна и отбора проб грунтов и донных организмов.

Пробы зоопланктона и мейобентоса отбирались на 4 станциях с глубин двух диапазонов: 1) 0,7 м в зарослевой зоне с разными видами растительности и 4–5,5 м в открытой части. Фитопланктонные пробы отбирались в 2 точках: с приповерхностного слоя в открытой части пелагиали и в устье р. Холки. Пробы на фитопланктон объемом 1 л отбирались с горизонта 0,3 м. Пробы фиксировались раствором Люголя с последующим добавлением формалина. Пробы на зоопланктон были отобраны на глубоководных станциях сетью Джеди ($d = 22$ см, размер ячеек – 120 мкм) тотально, на мелководье – процеживанием 50 л воды через сеть Джеди. Отбор проб мейобентоса проводился водолазом с помощью трубки диаметром входного отверстия 7 см. Пробы зоопланктона и мейобентоса фиксировались формалином из расчета его концентрации в пробе 4%. В работах применялись стандартные гидробиологические методики [2; 8; 9].

Проведенные исследования соответствуют комплексному системному подходу в организации гидрологических исследований с учетом ограниченного времени экспедиции, представленному в статье С.А. Двинских с соавторами [4].

Результаты и их обсуждение

Гидрологическое и геоморфологическое описание района исследований

Согласно гидрологическому районированию Севера Европейской части СССР территория бассейна р. Золотица может быть охарактеризована как слабоволнистая и плоская структурно-денудационная равнина, сложенная моренными суглинками, сильно опесчаненными с поверхности [20]. Средний годовой водный баланс территории характеризуется следующими составляющими: осадки – 700 мм, сток – 380 мм, испарение для условий северной тайги – 320 мм. Густота речной и балочной сети составляет 0,82 км/км².



Рис. 1. Водосбор р. Золотица (1) и оз. Выгозеро (2)

С помощью ГИС-технологии были определены границы и площадь водосбора р. Золотица. Площадь водосбора реки составляет 958 км², а площадь водосбора озера – 320,8 км² (рис. 1).

Распределение стока по сезонам на Золотице составляет весной 54%, лето–осень – 35% и зимой – 11%; средняя продолжительность ледостава – в среднем 170–180 дней.

В пределах низменной равнины долина реки слабо разработана, она узкая и лишь незначительно превосходит ширину русла. Глубина вреза долины – до 5 м и лишь в местах, где река пересекает коренные породы, существуют каменистые перекаты и небольшие пороги. Ширина долин составляет от 0,3 до 1 км.

В бассейне р. Золотица насчитывается 291 озеро. Озерные котловины преимущественно ледникового происхождения и отличаются небольшой площадью. Заболоченность территории примерно 5% на юге водосбора и достигает 25% в её северной части. Болота преимущественно низинного и переходного типов, реже – верховые, приурочены к ранее существовавшим водоёмам.

Замедленные процессы стока вследствие выравненности рельефа и слабой водопроницаемости моренных суглинков обусловили широкое развитие верховодки и процессов поверхностного заболачивания. Водный режим озёр почти полностью отражает особенности водного режима своих притоков с той лишь разницей, что колебания уровня озёр более сглажены. В особо многоводные годы, когда регулирующее влияние озера практически не сказывается, сток за период половодья возрастает.

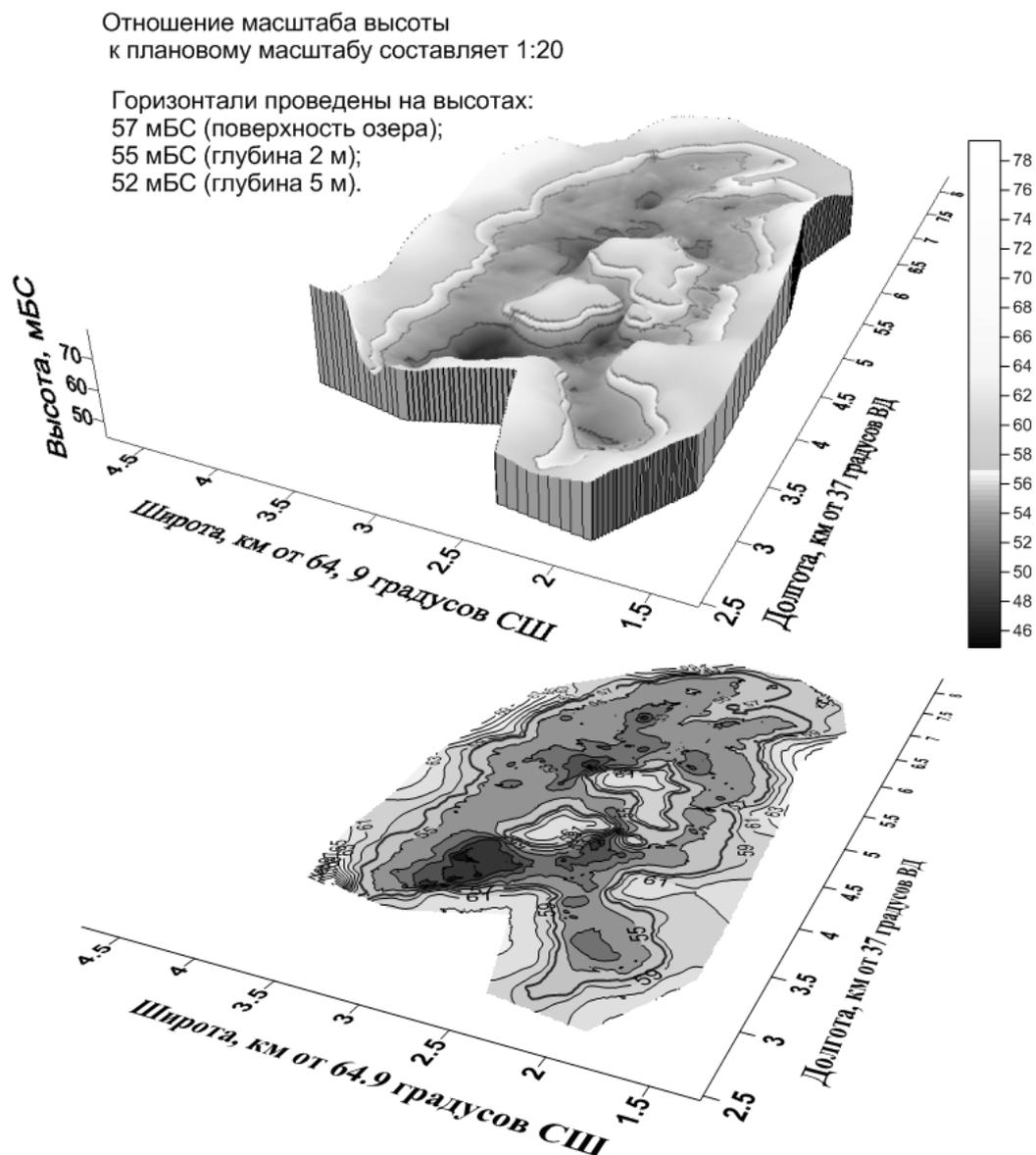


Рис. 2. Трёхмерная модель озерной котловины и батиметрическая карта рельефа дна оз. Большое Выгозеро

На расстоянии 6,5 км от устья Золотица принимает справа приток – р. Выговку, вытекающую из Малого Выгозера. Русло р. Выговка извилистое, течение спокойное. Малое Выгозеро соединяется протокой с небольшим перекатом с Большим Выгозером, урез воды которого находится на высоте 57 м. В это озеро впадает р. Холка, которая образуется от слияния рек Малая Холка и Большая Холка, вытекающих соответственно из оз. Малое Холкозеро и Большое Холкозеро (68 м над у.м.). Верхним

водоемом рассматриваемого бассейна является вытянутое по широте Ленозеро. Из оз. Ленозера (урез воды – 91 м) вытекает р. Лена, впадающая в Большое Холкозеро. Таким образом, фактически Ленозеро является исходным водоемом, дающим начало озёрно-речной системе Ленозеро-Холкозеро-Выгозеро–р. Выговка. Длина по прямой от истока ручья, впадающего в Ленозеро до места впадения Выговки в р. Золотица, составляет около 30 км. Общий водосбор оз. Выгозеро – треть (33,5%) от площади водосбора р. Золотица (рис. 1).

Направление главной оси водосборной территории Выгозера соответствует продольной оси Онежского полуострова (~130°). Однако основные водные объекты озёрно-речной системы Выгозера находятся на линии, расположенной под углом ~ 40° к главной оси полуострова. Озёра и водотоки определяют линейность их расположения примерно в меридиональном направлении. Отличительной особенностью гидрографии бассейна Выгозера является его асимметрия относительно прямой, вдоль которой расположены его главные озёра. Большая часть водосбора находится южнее этой линии. Наибольшие высоты моренного рельефа водосборной территории отмечаются в северо-восточной части, где достигают 152 м.

Батиметрическая модель озера Большое Выгозеро

На основе более 14 тысяч измерений глубины с помощью эхолота Lowrance с их географической привязкой и определением координат береговой черты и островов озера построена цифровая батиметрическая модель с гридом 271×621 узлов (пространственное разрешение 10 м) с 66388 значимыми величинами глубин. Изображение плановой и трёхмерной модели озерной котловины приведено на рис. 2.

Площадь поверхности озера равна 6,6 км². Длина береговой линии озера составляет 14,9 км при коэффициенте изрезанности 1,64. Три острова возвышаются над уровнем озера на 12 м. Высота островов превышает видимые возвышенности по берегам. По форме это, возможно, камовые холмы, заросшие лесом. Полученные морфометрические характеристика озерной котловины приведены в таблице.

Основные морфометрические характеристики оз. Большого Выгозера

Характеристика	Значение
Высота над уровнем моря, м	57
Площадь водосбора, км ²	320,8
Площадь общая S _{общ} , км ²	7,2
Площадь зеркала S, км ²	6,6
Показатель площади *	0,02
Объём V, м ³	19,58*10 ⁶
Средняя глубина H _{ср.} , м	3,0
Медиана, м	2,7
Ср. квадр. отклонение, м	1,86
Коэффициент вариации	0,62
Максимальная глубина H _{мах} , м	12,1
Максимальная длина, км	4,5
Максимальная ширина, км	2,0
Показатель глубины **	0,10
Направление главных осей	3-В (94°)
Длина береговой линии, км	14,9
Изрезанность ***, x	1,64
Острова, км ²	0,6
Острова, отн.	8,3%
Коэффициент ёмкости H _{ср.} / H _{мах} .	0,25
Коэффициент формы, K****	0,44
Время условного водообмена, мес	~ 1

Примечание – площадь зеркала/площадь водосбора; ** – $V^{1/3} / S^{1/2}$; *** – $\xi = L/2 (\pi * S_{общ})^{1/2}$;

**** – отношение ширины к длине

Гидрология

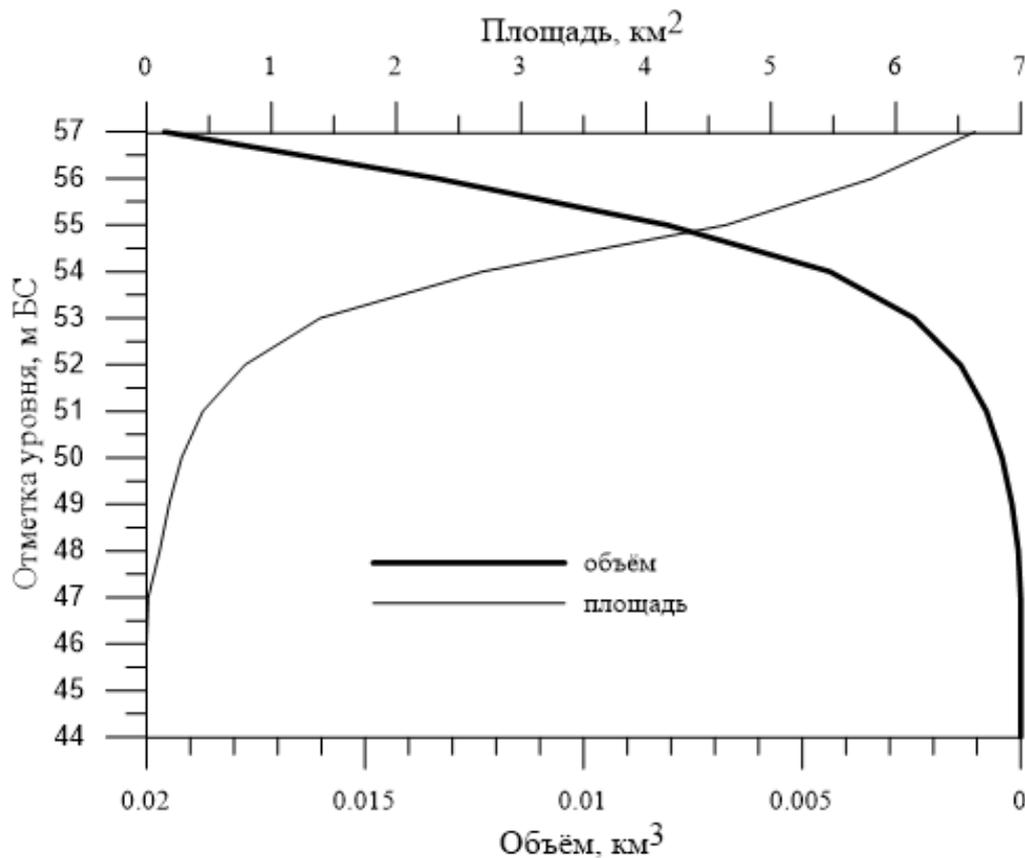


Рис. 3. Батиметрическая и объемная кривые для оз. Б. Выгозеро

Батиметрическая и объемная кривые для озера были получены впервые (рис. 3). Мелководная зона с глубинами до 1 м от уреза воды занимает всего 12,5% площади водной поверхности озера, а прибрежная двухметровая зона – 30%. Большое Выгозеро – интенсивно проточное озеро. Оценка времени условного водообмена (соотношение объема озера и стока) свидетельствует, что водная масса озера может меняться в течение года 12 раз.

Морфология озёрных котловин зависит в основном от их генезиса, определяемого основными особенностями геологического строения. Однако интенсивный водообмен и проточность Большого Выгозера в определенной мере могут влиять на рельеф дна и распределение глубин озера (рис. 3). Своеобразной чертой Большого Выгозера является наличие вблизи западного берега островов глубоких борозд, что свидетельствует о возможном существовании здесь руслового течения.

Однако можно предположить, что русло располагалось в тектоническом разломе, пересекающем Онежский полуостров, который можно проследить по главной линии, на которой лежат все водотоки озёрно-речной системы Ленозеро–Холкозеро–Выгозеро, с реками, их соединяющими. Подтверждением этого предположения может служить оз. Сяртозеро, располагающееся на этой прямой и имеющее характерную форму разлома, но не относящееся к водосбору р. Выговка.

Дельта р. Холка

В восточной части в озеро впадает р. Холка, дельта которой относится к классическому виду дельты выдвигания – лопастной пальцевидной дельты, длина равняется 340 м с простираем вдоль главной оси озера – 130°. Ширина не превышает 30–80 м (рис. 4).

Видимо, возникновение дельты связано с аккумуляцией влекомых и взвешенных речных наносов из-за резкого снижения скорости течения при впадении р. Холки в Выгозеро. Лопастная пальцевидная дельта – весьма своеобразное устьевое образование, когда река, находясь уже в озере, течет в окружении узкой полосы насыпанных ею самой прирусловых валов в условиях обильного твёрдого стока речных наносов и относительно спокойных озерных вод. Воды втекающей реки занимают всю водную толщу в области отмелого дна. Вероятно, формирование дельты уже завершено, так как на снимке с БПЛА видны устьевые бары – подводные валы и косы, окаймляющие дельту по ее внешнему краю, которые находятся на границе динамического равновесия между переносом донных отложений и их оседанием. Дельта Холки напоминает искусственный канал, что

свидетельствует о её молодости, несмотря на то, что прирусловые валы закреплены лесной растительностью. Лишь в зимний период и половодье можно ожидать деформацию дельты р. Холка. В зимний период на мелководных участках дельты вода может промерзнуть до дна и в период весеннего половодья лед может всплывать, деформируя оконечность дельты [10].

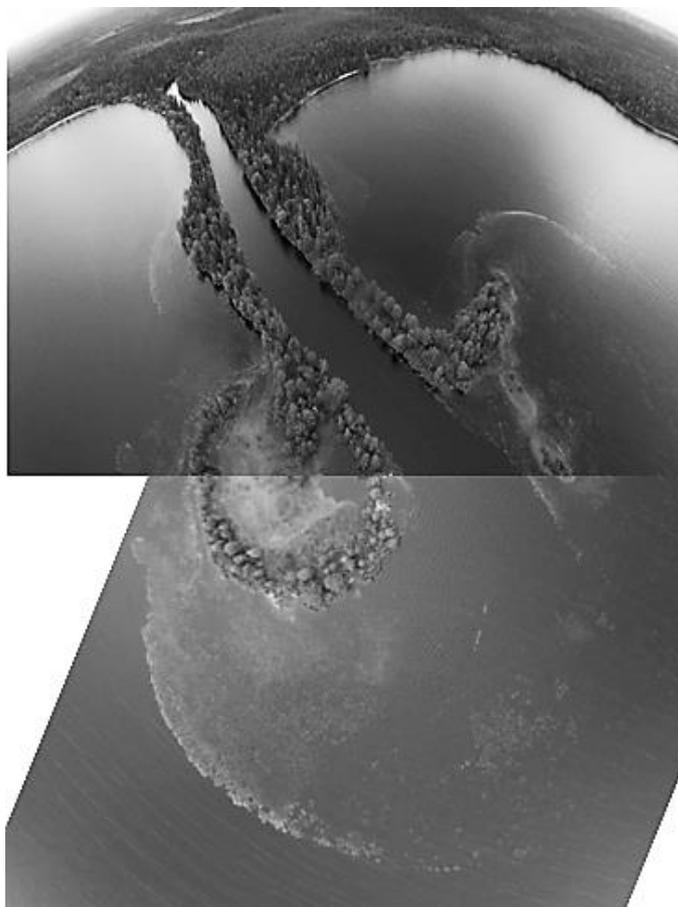


Рис. 4. Дельта р. Холка. Совмещенные фотографии с высоты 200 м

Донные отложения

Донные отложения в основном представлены илами с наибольшей толщиной (до 1 м) на глубинах более 5 м. В литоральной зоне узкой полосой (ширина порядка 10–20 м) до глубин около 2 м тянутся каменисто-песчаные и песчаные грунты. Лишь на наиболее пологих участках акватории озера ширина этой зоны составляет 40–50 м. По величине среднемедианного размера пески литоральной зоны относятся к крупнозернистым.

В результате подводных исследований на дне Выгозера были обнаружены железо-марганцевые рудные образования (корковые и оолитовые конкреции). Подводные наблюдения показали, что эти конкреции располагаются в поверхностном слое донных осадков на глубинах от 1,5 до 3 м в виде образований толщиной от нескольких мм до нескольких см. На наибольших глубинах озера они не были обнаружены.

На территории Карелии, Кольского полуострова и Архангельской области нахождение озерно-болотных железистых конкреций – довольно частое явление. Механизмы озерно-болотного рудообразования были достаточно подробно изучены геохимиками в XX в [1; 3; 15]. Ручьи и реки, вытекающие из болот и обогащенные гуминовыми веществами, – это «транспортные пути», по которым растворенные и взвешенные органо-минеральные комплексы, содержащие Fe и Mn, переносятся в водоемы. В устьях рек и в озерах происходят обогащение и осаждение минеральных форм железа, поэтому на этих участках располагается скопление самосадочной руды. Конкреции образуются за счет выпадения избытка железа и марганца из коллоидных растворов и взвесей, переносимых реками. Выпадению коллоидов в осадок способствуют бактерии (в частности, рода *Gallionella*). Озерная руда представляет собой аутигенные минеральные стяжения гидрооксидов железа и марганца. В её образовании принимают участие биохимические процессы [5; 15; 16].

Гидробиологические особенности сообщества озера,
его трофия и кормовая база

Заросли высшей водной растительности в основном представлены тремя доминантными видами: тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), камыш озерный (*Scirpus lacustris*) и хвощ топяной (*Equisetum fluviatile*). Также встречаются рдесты (*Potamogeton sp.*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*) и горец земноводный (*Persicaria amphibia*). Заросли макрофитов расположены вдоль всего побережья до глубины 1,5–2 м. Из-за высокой цветности и низкой прозрачности воды (в период исследования прозрачность была ниже 1 м) погруженные макрофиты на глубинах более 2 м отсутствуют. Ширина пояса распределения макрофитов – от 3 до 30 м, в среднем – 20 м. Лишь в устье р. Холка она значительно выше, где занимает площадь порядка 80 тыс.м². Общая площадь, занятая макрофитами, не превышает 18% площади озера.

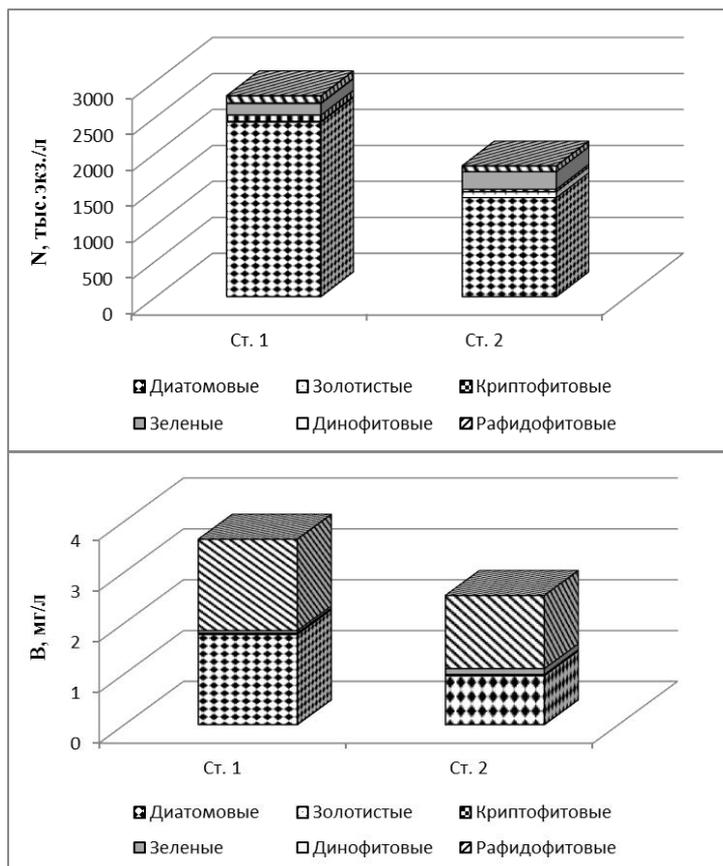


Рис. 5. Численность, биомасса и соотношение основных групп фитопланктона на оз. Большое Выгозеро в июле 2015 г.

Фитопланктон литоральной станции в устье р. Холка (рис. 5, ст. 1) был представлен 14 видами, относящимися к 6 отделам. В пробах преобладали диатомовые (87% – по численности и 48,5% – по биомассе) с доминантом *Aulacoseira subarctica* и крупная рафидофитовая водоросль *Gonostomum semen* (49% от общей биомассы фитопланктона). На станции с глубиной более 4 м (рис. 5, ст. 2) было обнаружено 10 видов фитопланктона, относящихся к 5 отделам. Структура фитопланктона по численности и биомассе была практически такой же, как на станции в устье реки (рис. 5). Таким образом, на оз. Большое Выгозеро основу летнего фитопланктона составляли диатомовые, зеленые и рафидофитовые водоросли. Наличие последних свидетельствует о гуминовой природе озера. Это подтверждается высокой цветностью, величина которой согласно [14] составляет 96–104°, а величина бихроматной окисляемости – до 31,6–33,1 мгО/л. Численность и биомасса фитопланктона озера были невысоки и составляли 2,79 млн кл./л и 3,65 мг/л в устье р. Холки и 1,82 млн кл./л и 2,54 мг/л в центральной части у острова.

По биомассе фитопланктона озеро можно оценить как мезотрофный водоем. Основная часть фитопланктона, найденная в пробах, относится к сетному планктону (крупные формы), которые, вероятно, могут употребляться в пищу мальками и растительноядными видами рыб (плотва, язь).

Пробы зоопланктона, характеризующие литораль озера, значительно отличались друг от друга видовым разнообразием и уровнем развития сообщества. В устье р. Холка 62% общей численности и 94% общей биомассы приходилось на хищную, довольно крупную коловратку *Asplanchna priodonta* (рис. 6). Здесь отмечены самые высокие показатели численности зоопланктона – 67,1 тыс. экз./м³ и смертности – 53% общей численности и высокие значения биомассы – 3,2 г/м³. У острова (рис. 6, ст. 2а) основу зоопланктона по численности и по биомассе составляли ветвистоусые рачки, среди которых на долю крупного хищника *Polyphemus pediculus* приходилось 61% общей численности и 89% общей биомассы. На этой станции зарегистрирована очень высокая биомасса – 6,6 г/м³. Мертвых особей было очень мало (2,8% общей численности). На обеих станциях обнаружено небольшое количество токсикозных особей. Массовое развитие и концентрация на небольшом участке водоема крупных хищников обуславливают выедание мелких зоопланктеров и, как следствие, нарушение экологического равновесия в биоценозе.

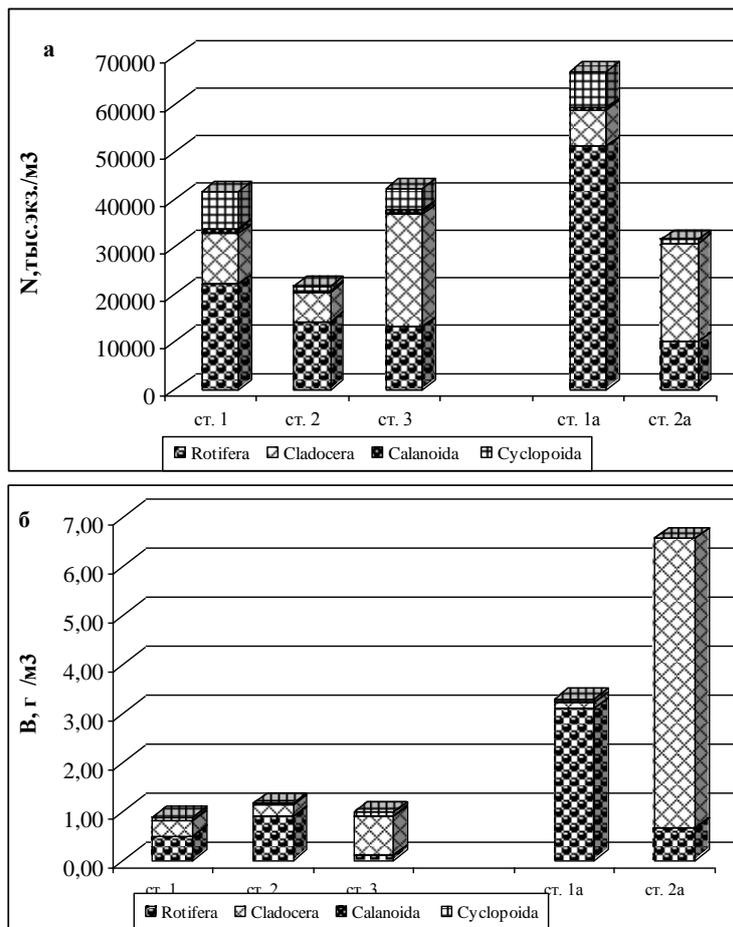


Рис. 6. Численность, биомасса и соотношение основных групп зоопланктона на оз. Большое и Среднее Выгозеро в июле 2015 г.

В пелагиали озера зоопланктон был представлен 19 видами рангом ниже рода, среди которых Rotifera – 7, Cladocera – 7, Calanoida – 1, Cyclopoida – 4. Между всеми биотопами отмечена высокая степень сходства ($I = 0,7$). Наибольшее число видов (16) обнаружено на ст.1 недалеко от устья р. Холки, где в зоопланктоне могут присутствовать виды, принесенные рекой. Комплекс доминант состоял из *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina* и *Daphnia cristata*. В пелагиали оз. Бол. Выгозеро численность зоопланктона формировали коловратки, а биомассу – коловратки и ветвистоусые рачки (рис. 7). На ст. 1 более 28% численности коловраток составляла *Kellicottia longispina*. Основную долю биомассы здесь составляли *Asplanchna priodonta* (41%) и *Daphnia cristata* (31%). На ст. 2 более 42% общей численности приходилось на *Asplanchna priodonta*, а ее доля в общей биомассе составляла 66%.

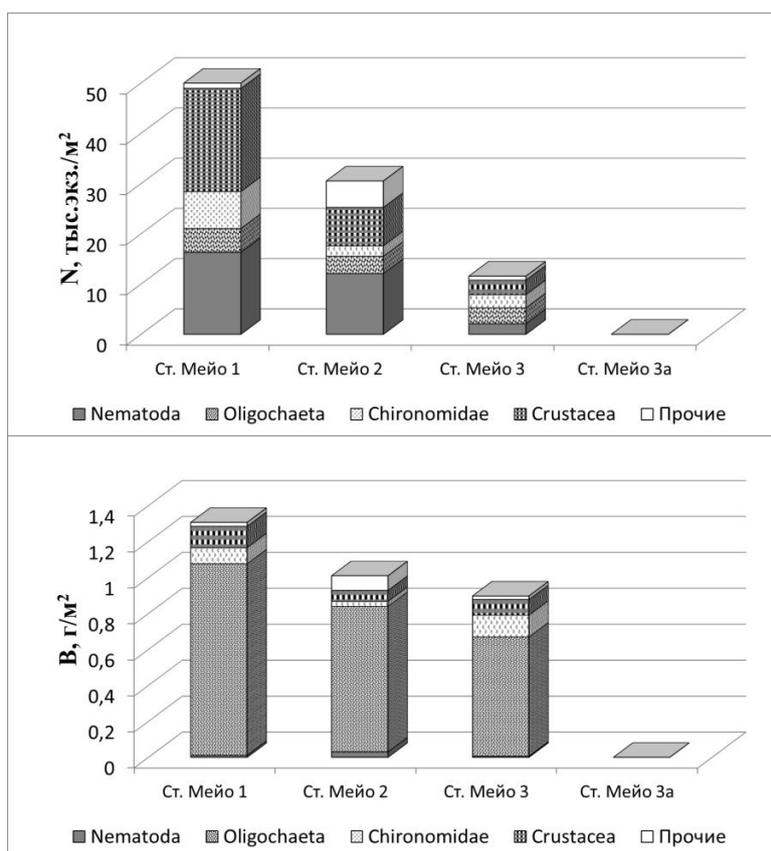


Рис. 7. Численность, биомасса и соотношение основных групп мейобентоса

На основе оценки зоопланктона по показателю индекса Шеннона оз. Большое Выгозеро в целом отнесено к мезотрофным водоемам, а литораль имеет тенденцию приближения к эвтрофным водоемам. Величины биомассы пелагиали характеризуют водоем как среднокормный, а литораль – как высококормный [7; 17]. На удовлетворительную экологическую обстановку указывает физиологическое состояние зоопланктона, что подтверждается небольшим количеством больных и мертвых особей, диапазон которых составлял в общей численности зоопланктона соответственно 13,4–17,1% и 10,4 до 38,8%.

Численность и биомасса мейобентоса варьировали от 0 до 50 (в среднем 30,7) тыс. экз./м² и от 0 до 1,3 (в среднем 1,1) г/м² (рис. 7). Доминантами по численности являлись нематоды и ракообразные (гарпактициды) (18–41%), по биомассе – олигохеты (74–81%). Число встреченных видов – 21, из них 3 вида олигохет, 4 вида хирономид, 1 вид цератопогонид, 3 вида клещей, 1 вид турбеллярий, 2 вида тардиград, 2 вида циклопов, 3 вида клadoцер, 2 вида гарпактицид.

Результаты изучения особенностей распределения мейобентоса по глубинам показало снижение численности, биомассы и видового богатства от берега к большей глубине. На илистых грунтах мейобентос отсутствовал, а наиболее высокие значения численности и биомассы характерны для зарослевой литорали с песчаным грунтом. В литорали структура сообщества достаточно разнообразна; отмечено преобладание мирных видов над хищными. Отметим, что доминирующие по биомассе олигохеты являются хорошим высококалорийным кормовым объектом для бентосоядных рыб. Также хорошо олигохеты представлены в макробентосе, для которого характерно доминирование по численности и биомассе личинок хирономидным [14]. Далее по численности идут олигохеты, хаборус, клещи и мелкие двустворчатые моллюски, по биомассе – хаборусы, моллюски и олигохеты. Встречены были также ручейники, вислоккрылки, гелеиды, табаниды и планобриды. Организмы макробентоса встречались не только в литорали, но и в открытой иловой части, хотя их видовое богатство и количественное развитие было ниже. В исследовании, проведенном в сентябре 1998 г. [14], отмечались невысокие величины общей численности и общей биомассы (1,85 тыс. экз./м² и 2,13 г/м², соответственно), что свидетельствовало о незначительной кормовой базе для рыб-бентофагов. Очевидно, к 2015 г. ситуация не изменилась.

Согласно [14] и результатам учета наших уловов в 2015 г. рыбное сообщество представлено ряпушкой, лещем, язем, ельцом, налимом, щукой, плотвой, окунем. Самыми распространенными

Северо-северо-западное побережье полуострова (деревни Пушлахта, Летний Наволок, Летняя Золотица, Лопшиньга) в настоящее время представляют собой наиболее обжитую часть парка и пригодную для организации туристско-рекреационной деятельности. Здесь расположен второй центр развития парка – д. Летняя Золотица и единственный на территории парка объект с полной автономной инфраструктурой круглогодичного функционирования («Эко-отель» и административный корпус с гостиницей и конференц-залом). Этот пункт имеет административное, хозяйственное, рекреационное и научное значение.

Заключение

В 2015 г. выполнены первые комплексные ландшафтно-лимнологические исследования Большого Выгозера, расположенного на территории национального парка «Онежское Поморье». Определены границы водосборов р. Золотица и оз. Большое Выгозеро. Создана батиметрическая модель озера и вычислены его морфометрические характеристики. Выявлены особенности устьевой части впадающей в озеро р. Холка. На основе видеосъемки с БПЛА определена степень зарастания литоральной зоны Выгозера. Биологическая съемка позволила впервые определить численность и биомассу летнего фито-, зоопланктона и мейобентоса и их структурные особенности. Впервые описано экологическое состояние особей зоопланктона по показателям заболеваемости и смертности. Проведена оценка уровня трофности и кормности озера по биомассе планктона и бентоса.

Выгозеро изобилует рыбой и водоплавающей и околководной птицей, является типичным природным объектом зоны северной тайги и может рассматриваться как перспективный природный объект для организации экологического туризма и спортивного рыболовства. Между д. Летняя Золотица и Большим Выгозером целесообразно оборудовать экологический маршрут (тропу), который, несомненно, обретет популярность у туристов, посещающих НП «Онежское Поморье»..

Библиографический список

1. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. М.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
2. *Балушкина Е.В., Винберг Г.Г.* Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука, 1979. С. 169–172.
3. *Даувальтер В.А., Ильишук Б.П.* Условия образования железомарганцевых конкреций в донных отложениях озер в пределах Балтийского кристаллического щита // Геохимия. 2007. №6. С. 680–684.
4. *Двинских С.А., Девяткова Т.П., Ларченко О.В.* Опыт использования системного подхода в гидрологических исследованиях // Географический вестник. 2015. №1(32). С. 44–51.
5. *Добровольский В.В.* Основы биогеохимии. М.: Академия, 2003. 400 с.
6. *Жадин В.И.* Пресноводные моллюски СССР. Л.: Ленснбтехиздат, 1933. 232 с.
7. *Китаев С.П.* Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М.: Наука, 1984. 130 с.
8. *Курашов Е.А.* Методы и подходы для количественного изучения пресноводного мейобентоса // Актуальные вопросы изучения микро-, мейозообентоса и фауны зарослей пресноводных водоемов. Нижний Новгород: Вектор ТиС, 2007. С. 5–35.
9. *Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция.* Л.: ЗИН РАН, Гос-НИОРХ, 1984. 19 с.
10. *Михайлов В.Н.* Гидрология устьев рек. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 176 с.
11. *Науменко М.А., Зелионко А.В., Стрекалова З.В.* Опыт создания цифровой морфометрической модели малого озера на основе высокоточного эхолотирования // Уч. зап. РГГМУ. 2012. № 25. С. 35–40.
12. *Науменко М.А., Гузиватый В.В., Сапелко Т.В.* Цифровые морфометрические модели малых озер // Уч. зап. РГГМУ. 2014. № 34. С. 26–32.
13. *Национальный парк «Онежское Поморье».* [Электронный ресурс]. URL: <http://onprom.ru/> (дата обращения: 30.11.2016).
14. *Отчет о научно-исследовательской работе «Комплексная оценка природного разнообразия Онежского полуострова Белого моря».* Т.2. Лимнология и структура озер Онежского полуострова / М-во сельского хоз-ва России. Северное отделение ПИПРО. Архангельск, 1998. С. 26–31.
15. *Перельман А.И.* Геохимия природных вод. М.: Наука, 1982. 154 с.
16. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000, 1999. 768 с.
17. *Пидгайко М.Л.* Зоопланктон водоемов Европейской части СССР. М.: Наука, 1984. 208 с.

18. Продан О.Л. Среднесрочный план управления национального парка «Онежское Поморье». Основные направления развития. Северодвинск, 2014. 24 с.
19. Севастьянов Д.В. Рекреационное природопользование и туризм: от охраны природы к устойчивому развитию регионов // Туризм и региональное развитие. Вып. 6. Смоленск: Универсум, 2011. С. 170–175.
20. Филенко Р.А. Гидрологическое районирование Севера Европейской части СССР. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. 223 с.

References

1. Alekin, O.A. (1970), *Osnovy gidrokhimii* [Fundamentals of hydrochemistry], Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR.
2. Balushkina, E.V. and Vinberg, G.G. (1979), "Dependence between mass and body length in planktonic animals", *Obshie osnovy izucheniya vodnyh ekosistem*, pp. 169–172.
3. Dauval'ter, V.A. and Il'yashuk, B.P. (2007), "Conditions of formation of iron-manganese concretions in bottom sediments of lakes within the Baltic crystalline shield", *Geokhimiya* [Geochemistry], no. 6, pp.680–684.
4. Dvinskih, S.A., Devyatkova, T.P. and Larchenko, O.V. (2015), "Experience of using the system approach in hydrological research", *Geograficheskii vestnik* [Geographical bulletin], no 1 (32), pp. 44-51.
5. Dobrovolskii, V.V. (2003), *Osnovy biogeokhimiya* [Fundamentals of biogeochemistry], Moscow, Russia.
6. Zhadin, V.I. (1933), *Presnovodnye mollyuski SSSR* [Freshwater mollusks of the USSR], Leningrad, USSR.
7. Kitaev, S.P. (1984), *Ekologicheskie osnovy bioproduktivnosti ozer raznykh prirodnykh zon* [Ecological bases of bioproductivity of lakes of different natural zones], Moscow, USSR.
8. Kurashov, E.A. (2007), "Methods and approaches for quantitative study of freshwater meiobenthos", *Aktual'nye voprosy izucheniya mikro-, meiozobentosa i fauny zaroslei presnovodnykh vodoemov*, pp. 5–35.
9. *Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh. Zooplankton i ego produkciya*. [Methodological recommendations for the collection and processing of materials in hydrobiological research on freshwater reservoirs. Zooplankton and its products], (1984), Leningrad, USSR.
10. Mihailov, V.N. (1998), *Gidrologiya ust'ev rek* [Hydrology of the mouths of rivers], Moscow, Russia.
11. Naumenko, M.A., Zelionko, A.V. and Strekalova Z.V. (2012), "Experience in creating a digital morphometric model of a small lake on the basis of high-precision echo sounder", *Uch. zap. RGGMU* [Scientific Notes of RSHU], no 25, pp. 35-40.
12. Naumenko, M.A., Guzivaty, V.V. and Sapelko, T.V. (2014), "Digital morphometric models of small lakes", *Uch. zap. RGGMU* [Scientific Notes of RSHU], no 34, pp. 26-32.
13. *Natsionalnyi park Onedjkoe Pomorie*, available at: <http://onpomor.ru/> (Accessed 30.11.2016)
14. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoi rabote "Kompleksnaya ocenka prirodnogo raznoobraziya Onezhskogo poluostrova Belogo morya"*. (1998), T.2. *Limnologiya i struktura ozer Onezhskogo poluostrova* [Report on the research work "Integrated Assessment of Natural Diversity of the Onega Peninsula of the White Sea". Vol.2. Limnology and structure of the lakes of the Onega Peninsula], Arhangel'sk, Russia.
15. Perelman, A.I. (1982), *Geokhimiya prirodnykh vod* [Geochemistry of natural waters], Nauka, Moscow, USSR.
16. Perelman, A.I. and Kasimov N.S. (1999), *Geokhimiya landshafta* [Geochemistry of the landscape], Astreya-2000, Moscow, Russia.
17. Pidgaiko, M.L. (1984), *Zooplankton vodoemov Evropeiskoi chasti SSSR* [Zooplankton of water bodies of the European part of the USSR], Moscow, USSR.
18. Продан, О.Л. (2014), *Srednesrochnyi plan upravleniya nacional'nogo parka «Onezhskoe Pomor'e»*. *Osnovnye napravleniya razvitiya* [Medium-term management plan for the Onega Pomorye National Park. The main directions of development], Severodvinsk, Russia.
19. Sevast'yanov, D.V. (2011), "Recreational nature management and tourism: from nature protection to sustainable development of regions", *Turizm i regional'noe razvitie* [Tourism and regional development], vol. 6, pp.170–175.
20. Filenko, R.A. (1974), *Gidrologicheskoe raionirovanie Severa Evropeiskoi chasti SSSR* [Hydrological zoning of the North of the European part of the USSR], Leningrad, USSR.

Поступила в редакцию: 09.12.2016

Сведения об авторах**Науменко Михаил Арсеньевич**

доктор географических наук, профессор,
заведующий лабораторией гидрологии ФГБУН
Института озероведения РАН;
196105, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Севастьянова, д. 9;
e-mail: naumenko@limno.org.ru

Севастьянов Дмитрий Викторович

доктор географических наук, профессор,
заведующий кафедрой страноведения и
международного туризма Института наук о Земле
Санкт-Петербургского государственного
университета;
199178 Россия, Санкт-Петербург,
В.О., 10 линия, д. 33–35;
e-mail: ecolim@mail.ru

Дудакова Дина Сергеевна

кандидат биологических наук, научный
сотрудник лаборатории гидробиологии ФГБУН
Института озероведения РАН;
196105, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Севастьянова, д. 9;
e-mail: Judina-D@yandex.ru

Дудаков Михаил Олегович

инженер лаборатории комплексных проблем
лимнологии ФГБУН Института озероведения
РАН;
196105, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Севастьянова, д. 9;
e-mail: mike814@yandex.ru

Родионова Наталия Владимировна

научный сотрудник лаборатории гидробиологии
ФГБУН Института озероведения РАН;
196105, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Севастьянова, д. 9;
e-mail: natalia.rodionova.1950@mail.ru

Протопопова Елена Викторовна

научный сотрудник лаборатории гидробиологии
ФГБУН Института озероведения РАН;
196105, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Севастьянова, д. 9;
e-mail: ephyto@mail.ru

About the authors**Mikhail A. Naumenko**

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of
Laboratory of Hydrology, Limnology Institute of the
RAS;
9, st. Sevast'yanova, St. Petersburg, 196105, Russia;
e-mail: naumenko@limno.org.ru

Dmitrii V. Sevast'yanov

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of
the Department of Country Studies and International
Tourism, Institute of Earth Sciences, Saint
Petersburg State University,
33–35, 10 liniya, Vasilievsky Island, St. Petersburg,
Russia;
e-mail: ecolim@mail.ru

Dina S. Dudakova

Candidate of Biological Sciences, Laboratory of
Hydrobiology, Limnology Institute of the RAS;
9, st. Sevast'yanova, St. Petersburg, 196105, Russia;
e-mail: Judina-D@yandex.ru

Mikhail O. Dudakov

Engineer, Laboratory of Complex Problems of
Limnology, Limnology Institute of the RAS;
9, st. Sevast'yanova, Saint-Petersburg, 196105,
Russia;
e-mail: mike814@yandex.ru

Nataliya V. Rodionova

Scientist, Laboratory of Hydrobiology, Limnology
Institute of Russian Academy of Sciences;
9, st. Sevast'yanova, St. Petersburg, 196105, Russia;
e-mail: natalia.rodionova.1950@mail.ru

Elena V. Protopopova

Researcher, Laboratory of Hydrobiology, Limnology
Institute of Russian Academy of Sciences;
9, st. Sevast'yanova, St. Petersburg, 196105, Russia;
e-mail: ephyto@mail.ru

Пробьса ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Науменко М.А., Севастьянов Д.В., Дудакова Д.С., Дудаков М.О., Родионова Н.В., Протопопова Е.В.
Озеро Большое Выгозеро: первые ландшафтно-лимнологические исследования на Онежском
полуострове Белого моря // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №2(41). С. 43–57.
doi 10.17072/2079-7877-2017-2-43-57

Please cite this article in English as:

Naumenko M.A., Sevastianov D.V., Dudakova D.S., Dudakov M.O., Rodionova N.V., Protopopova E.V.
Bolshoe Vygozero lake: first landscape-limnological studies on the Onega Peninsula of the White Sea
// Geographical bulletin. 2017. № 2(41). P. 43–57. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-43-57

УДК 551.466.31(262.81)

Н.А. Яицкая

**РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ В КАСПИЙСКОМ МОРЕ
ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВВ. И СВЯЗЬ С РЕГИОНАЛЬНЫМИ
ПРОЯВЛЕНИЯМИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА***

*Южный научный центр Российской академии наук, г. Ростов-на-Дону;
Филиал «Институт природно-технических систем», г. Сочи*

В настоящем исследовании представлены результаты ретроспективного анализа ветрового волнения в Каспийском море во второй половине XX – начале XXI вв. по результатам гидродинамического моделирования. Разработана трехуровневая схема расчетов ветро-волновых параметров с последовательностью вложенных сеток для детализации отдельных районов; учтены положение кромки льда, динамика береговой линии и морфометрии в зависимости от уровня моря. Выполнено обобщение полученных значений ветрового волнения и их межгодовой динамики. Показана согласованность внутривековых вариаций волнового климата с элементами водного баланса, гидрологическим режимом Каспия, метеорологической обстановкой в регионе. За более чем полвека произошли существенные изменения: увеличилась амплитуда параметров волнения при движении с севера на юг; связи, наблюдавшиеся между отдельными районами моря в середине XX в., нарушились; для мелководных областей больший вклад в формирование поля волнения стала вносить глубина. Рассчитанные элементы волнового климата подтвердили ранее сделанные выводы о наличии ряда характерных периодов во внутривековом режиме моря.

Ключевые слова: Каспийское море, ветровое волнение, многолетние изменения, математическое моделирование, ретроспективный анализ.

N.A. Yaitskaya

**RETROSPECTIVE ANALYSIS OF WIND WAVES IN THE CASPIAN SEA IN THE SECOND
HALF OF THE XX – BEGINNING OF THE XXI CENTURY AND ITS CONNECTION
WITH THE REGIONAL CLIMATE CHANGES**

*Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don
Branch of the Institute of Natural and Technical Systems, Sochi*

The results of a retrospective analysis of wind waves in the Caspian Sea in the second half of the 20th – early 21st century based on the results of hydrodynamic modeling are presented in the paper. A three-level scheme for calculating wind-wave parameters with a sequence of nested grids for presenting in detail separate regions has been developed; the position of the ice edge and dynamics of the shoreline and the morphometry depending on the sea level were taken into account. The generalization of the obtained values of wind waves and their interannual dynamics has been performed. The coherence of the intrasecular variations of the wave climate with elements of the water balance, the hydrological regime of the sea, and the meteorological situation in the region is shown. For more than half a century, significant changes have taken place: the amplitude of the wave parameters when moving from the northern to southern parts of the sea has increased; the relations that were observed between separate areas of the sea in the middle of the 20th century have been disturbed; for shallow-water areas, a greater contribution to the formation of the wave field is

© Яицкая Н.А., 2017

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-35-60046 мол_а_дк.