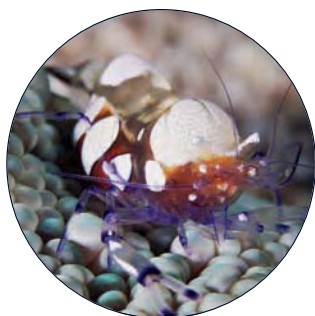
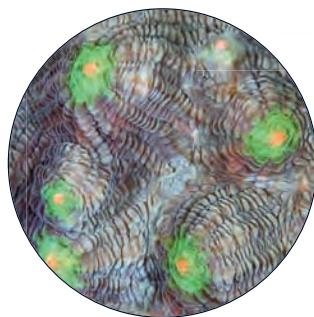
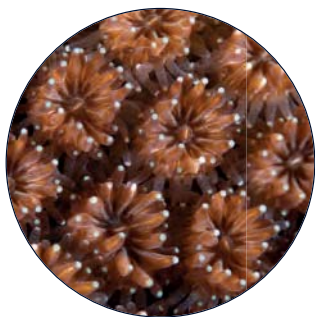
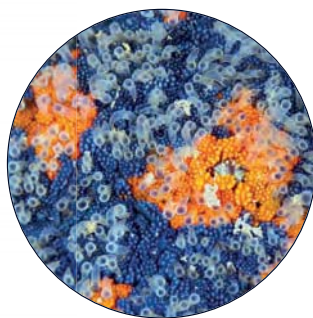
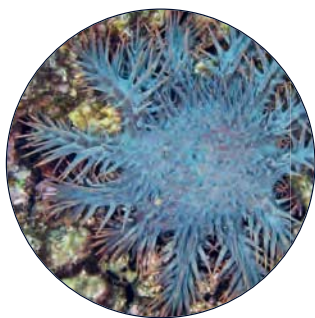
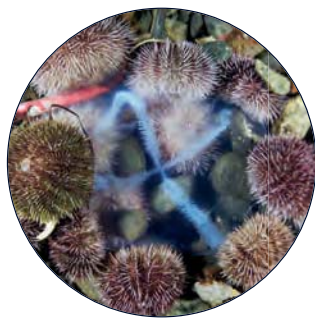




Материалы конференции

II международная молодежная
научно-практическая конференция
«Морские исследования и образование»

 **marine
research Education 2013**

28–30 октября 2013 г.
г. Москва



Организаторы конференции:

- Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова;
- Ассоциация морских стационаров;
- Центр арктических и морских исследований МГУ им. М.В. Ломоносова;
- Учебно-научный центр ЮНЕСКО-МГУ.

При поддержке:

Управления профессиональной ориентации и работы с талантливой молодежью МГУ им. М.В. Ломоносова;



Центра национального интеллектуального резерва;

РФФИ Грант 13-05-06099 Г.

Информационные партнеры:



НОЦ “Нефтегазовый центр МГУ имени М.В. Ломоносова”;

Координатор конференции:

ООО “Центр анализа сейсмических данных МГУ им. М.В. Ломоносова”



Россия, г.Москва, Ленинские горы,
владение 1, строение 77, офис 104
тел.: +7(495)930-85-52
факс: +7(495)930-80-58
e-mail: info@msuseismic.com

Фотографии на обложке:
А. Семенов
<http://clione.ru>

**КРАЙНЕ НЕОБЫЧНОЕ ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДРУГИХ
АБИОТИЧЕСКИХ И БИОТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В НЕБОЛЬШОМ МЕЛКОВОДНОМ
ОЗ. ВОДОПРОВОДНОЕ В ОКРЕСТНОСТЯХ БЕЛОМОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ
СТАНЦИИ МГУ**

Полищук Леонард Владимирович¹, Пантюлин Анатолий Николаевич², Краснова Елена Дмитриевна³, Воронов Дмитрий Анатольевич^{4,5}, Каспарсон Анна Андреевна^{1,4}

*1 – Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет,
кафедра общей экологии*

2 – Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, географический факультет,
кафедра океанологии

3 – *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет,*
Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова

4 – Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН

5 – Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, НИИ Физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского

Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова может быть базой не только морской, но и пресноводной студенческой практики (Извекова Э.И., Львова А.А., Синев А.Ю. Беломорская биологическая станция МГУ как база для пресноводных исследований и полевых студенческих практик // Материалы научной конференции «Морская биология, геология, океанология – междисциплинарные исследования на морских стационарах», посвященной 75-летию Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 27 февраля – 1 марта 2013 г.). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. С. 101-104). Собирать зоологический материал и осваивать гидробиологические методы проще всего на озерах, находящихся в непосредственной близости от ББС. Эти озера, Водопроводное и Верхнее, давно и хорошо изучены, и, казалось бы, здесь вряд ли можно ожидать новых находок. Тем не менее неожиданности иногда случаются. 23 июня 2013 года в небольшом (площадь примерно 0.6 га) неглубоком (максимальная глубина 2.7 м) озере Водопроводное (66° 33' N, 33° 06' E) было обнаружено крайне необычное для столь мелководного водоема вертикальное распределение температуры и электропроводности (последняя является обобщенной мерой концентрации растворенных минеральных солей). Измерения, выполненные СТД зондом YSI CastAway™ (YSI Inc. / Xylem Inc., США), показали, что перепад температуры между теплой подповерхностной и, как оказалось, гораздо более холодной придонной водой составляет 11.3°C – от 18.9°C на 15 см ниже поверхности до 7.6°C на глубине 2.7 м. Крайне резким, более чем двукратным, был и перепад удельной электропроводности – 28.9 мкСм/см против 62.0 мкСм/см на тех же горизонтах; в отличие от температуры, электропроводность увеличивалась с глубиной. Как температура, так и электропроводность изменялись с глубиной совершенно монотонно, без дополнительных всплесков и спадов. Проведенные в ту же дату тем же зондом измерения на находящемся поблизости столь же мелководном, хотя и несколько большем по размерам, озере Верхнее, которое здесь используется для сравнения с Водопроводным, не выявили сколько-нибудь заметного градиента указанных показателей. Перепад температуры в этом озере составлял менее 1°C

от 18.5°C на 15 см ниже поверхности до 17.6°C на 2.1 м (максимальная глубина измерения в эту дату). Для сравнения: в Водопроводном на горизонте 2.0 м, ближайшем по глубине к горизонту 2.1 м в Верхнем, температура была на 8°C ниже – только 9.5°C; при этом поверхностная температура в обоих озерах была практически одинаковой. Перепад электропроводности в Верхнем озере составлял от 22.4 до 24.2 мкСм/см, то есть не превышал 10% (изменение электропроводности не было монотонным с глубиной, поэтому здесь представлены минимальное и максимальное значения). Интересно, что даже минимальные (подповерхностные) значения электропроводности в Водопроводном озере превосходили максимальные значения этого показателя в Верхнем озере, что свидетельствует о большей концентрации солей в Водопроводном озере. Вторая серия измерений температуры и электропроводности, выполненная тем же прибором на обоих озерах 5 августа 2013 года, полностью подтвердила результаты первой серии. Как и в первой серии, в озере Водопроводное перепад температуры между поверхностью и дном составил более 11°C – от 21.6°C на 15 см ниже поверхности до 9.9°C на глубине 2.3 м (на максимальной глубине 2.7 м температура была незначительно выше, 10.3°C). Перепад удельной электропроводности в этом озере снова был двукратным – от 30.3 мкСм/см у поверхности до 61.1 мкСм/см на глубине 2.7 м. Как и в первой серии, температура от поверхности ко дну монотонно уменьшалась (за исключением указанного выше небольшого подъема на 2.7 м), а электропроводность монотонно увеличивалась. В озере Верхнее перепад температуры составил всего 2°C – от 22.0°C на 15 см ниже поверхности до 20.0°C на глубине 2.3 м и 20.1°C на глубине 2.6 м; перепад электропроводности снова не превышал 10% - от 24.0 мкСм/см (минимальное значение) до 26.3 мкСм/см (максимальное значение). В промежутке между двумя указанными датами были проведены многочисленные (примерно каждые три дня) измерения вертикального профиля температуры при заборе воды батометром. Они показали, что обнаруженная вертикальная неоднородность постоянно присутствует в Водопроводном озере и отсутствует в Верхнем озере. В дополнение к этим данным на каждом из озер на пяти горизонтах глубины (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 м) были измерены значения следующих абиотических и биотических показателей: концентрация кремния и общего железа (две серии данных от 9 июля и 4 августа 2013 года; определения выполнены в Аналитическом центре Химического факультета МГУ методом атомно-эмиссионной спектроскопии), концентрация кислорода (две серии измерений от 25 июля и 21 августа 2013 года; измерения на Водопроводном в первой серии и на обоих озерах во второй серии дополнительно включали горизонт 2.5 м; измерения выполнены анализатором растворенного кислорода "МАРК-302Э" (производитель НПП «Взор», Нижний Новгород, Россия) путем погружения датчика прибора на заданную глубину), численность зоопланктона (регулярно с конца июня до начала августа на Водопроводном и с 9 июля до начала августа на Верхнем; на Водопроводном с интервалом 4-10 дней, всего 10 серий измерений, на Верхнем с интервалом 3-6 дней, всего 7 серий измерений) и обилие фитопланктона (на Водопроводном три серии измерений, на Верхнем две серии измерений). За исключением данных по фитопланктону, которые пока не обработаны, и данных по зоопланктону в Верхнем озере (где численность зоопланктона была крайне низка, так что о его вертикальном распределении трудно судить), все остальные данные свидетельствуют о высоких вертикальных градиентах в распределении указанных показателей в Водопроводном озере и об отсутствии таких градиентов и вообще отсутствии значительной вертикальной неоднородности в Верхнем озере. Так, 9 июля в Водопроводном озере от поверхности ко дну концентрация кремния возрастала с 1.5±0.2 мг/л до 5.7±0.9 мг/л, то есть в 3.8 раза,

причем весь прирост имел место в нижней части столба воды, между горизонтами 1 и 2 м. Концентрация железа в этом озере возрастала с 0.22 ± 0.03 мг/л до 2.9 ± 0.4 мг/л, то есть в 13 (!) раз; весь прирост имел место между горизонтами 0.5 и 2 м. В Верхнем озере концентрация этих элементов колебалась в гораздо более узких пределах. Для кремния и железа (для последнего – в слое 0-1.5 м) максимальный разброс составлял всего лишь 0.03 мг/л и 0.002 мг/л, соответственно, так что с учетом ошибки измерения концентрация была одинаковой на всех горизонтах и составляла 0.7 ± 0.1 мг/л для кремния и 0.04 ± 0.01 мг/л для железа. На глубине 2 м концентрация железа в Верхнем озере возросла до 0.09 ± 0.01 мг/л. Это в 2 раза выше, чем в вышележащих слоях, однако далеко не достигает 13-кратного увеличения, обнаруженного в Водопроводном. Вдобавок к столь резким различиям в вертикальном распределении абсолютные значения концентрации кремния и железа в Водопроводном были гораздо выше, чем в Верхнем. Среднее значение концентрации кремния во всем столбе воды в Водопроводном было в 4 раза выше, чем в Верхнем (2.8 против 0.7 мг/л, соответственно). Среднее значение концентрации железа в Водопроводном было в 20 (!) раз выше, чем в Верхнем (1.0 против 0.05 мг/л, соответственно). По результатам второй серии измерений от 4 августа разительный контраст между озерами сохранился. Вертикальное распределение кремния и железа в Водопроводном озере осталось крайне неравномерным, с резким возрастанием концентрации с глубиной – с 1.5 ± 0.2 мг/л (поверхность) до 10.3 ± 1.6 мг/л (2 м), то есть в 7 раз, для кремния, и с 0.29 ± 0.04 мг/л (поверхность) до 3.2 ± 0.5 мг/л (2 м), то есть в 11 раз, для железа. Вертикальное распределение этих элементов в Верхнем озере осталось столь же равномерным, абсолютные значения колебались в узких пределах – от 0.5 ± 0.1 до 0.6 ± 0.1 мг/л для кремния во всем столбе воды и от 0.06 ± 0.01 до 0.08 ± 0.01 мг/л для железа в слое 0.5-2.0 м. Вблизи поверхности концентрация железа оказалась несколько выше, 0.11 ± 0.02 мг/л. Таким образом, во второй серии измерений небольшое увеличение концентрации железа пришлось не на придонный, а на поверхностный горизонт. По-видимому, это означает, что обнаруженная небольшая неоднородность по железу носит в Верхнем озере случайный характер, тогда как в Водопроводном озере, наоборот, имеет место систематическое нарастание содержания железа с глубиной. Во второй серии измерений контраст средних значений между Водопроводным озером и Верхним озером по кремнию был 9-кратным (4.8 мг/л в первом против 0.55 мг/л во втором), то есть даже усилился по сравнению с первой серией. Контраст по железу стал 15-кратным (1.2 мг/л в первом против 0.08 мг/л во втором), то есть немного уменьшился, хотя, очевидно, остался очень большим. Вертикальное распределение кислорода в Водопроводном и Верхнем озерах обнаружило те же характерные черты, что и распределение кремния и железа. В обеих сериях измерений оно было крайне неравномерным в Водопроводном озере и гораздо более равномерным в Верхнем озере, причем в Водопроводном озере концентрация кислорода резко убывала с глубиной. Так, в первой серии концентрация кислорода в Водопроводном вблизи поверхности была почти в 4 раза, а во второй серии – в 5 раз выше, чем на глубине 2.5 м; ее абсолютные значения составили 8.5 мг/л (поверхность) и 2.2 мг/л (2.5 м) в первой серии и 7.65 мг/л (поверхность) и 1.4 мг/л (2.5 м) во второй серии. В Верхнем озере, напротив, концентрация кислорода была либо одинаковой во всем столбе воды (первая серия: 8.9-9.0 мг/л в слое 0-2 м, измерения на горизонте 2.5 м не были проведены), либо незначительно уменьшалась с глубиной (вторая серия: 8.9-9.0 мг/л в слое 0-1.5 м, 8.5 мг/л на горизонте 2 м и 7.3 мг/л на горизонте 2.5 м, то есть уменьшение в 1.2 раза). Как видно из приведенных цифр, вблизи поверхности значения концентрации кислорода в обоих озерах были довольно близки (хотя в Водопроводном все же немного ниже, чем в Верхнем), однако

около дна содержание кислорода в Водопроводном было в 3-5 раз ниже, чем в Верхнем. По средним значениям во всем столбе воды концентрация кислорода в Водопроводном озере была в 1.7 раза (первая серия) или в 2.2 раза (вторая серия) ниже, чем в Верхнем озере. В условиях значительных вертикальных градиентов по температуре, электропроводности и, следовательно, содержанию минеральных солей, концентрации кремния, железа и кислорода в Водопроводном озере, причем условия обитания по температуре и кислороду на глубине были явно хуже, чем в верхней части столба воды, неудивительно, что зоопланктон в этом озере был в основном сконцентрирован в слое 0-1 м. В Верхнем озере, напротив, максимум распределения зоопланктона не был отчетливо выражен и в разные даты приходился на разные горизонты глубины. Отсутствие вертикальной неоднородности естественно для неглубоких, подверженных ветровому перемешиванию водоемов. Поэтому заметный вертикальный градиент температуры и других абиотических показателей, обнаруженный в мелководном Водопроводном озере, нуждается в специальном объяснении. Характерной особенностью Водопроводного озера является небольшое и равномерное увеличение плотности с глубиной, связанное, очевидно, со столь же равномерным, почти линейным уменьшением температуры (плотность рассчитывалась зондом YSI CastAway™ одновременно с измерением температуры и электропроводности). Это означает, что обнаруженные вертикальные градиенты не могут быть вызваны недостаточным перемешиванием холодных глубинных вод и более теплых поверхностных. В условиях отсутствия слоистой структуры водной толщи (то есть отсутствия пикноклина) нет никаких физических причин, которые бы мешали полному вертикальному перемешиванию, особенно с учетом малой глубины наших озер. Тем не менее это перемешивание не устраняет указанных градиентов в Водопроводном озере. Возможное объяснение этого необычного явления состоит, на наш взгляд, в том, что это озеро в своей донной части испытывает приток холодной, сильно минерализованной, богатой кремнием и железом и бедной кислородом воды, поступающей из подземных источников. Сконцентрировано ли это поступление в отдельной точке или, возможно, нескольких точках дна, то есть представляет собой подводный родник (или несколько родников), или же оно имеет характер более или менее равномерного просачивания по всей поверхности дна, – остается неизвестным. Авторы выражают благодарность руководству Беломорской биостанции МГУ за предоставленную возможность выполнения исследований на базе биостанции.

Мы признательны А.А. Поромову, которым первым высказал идею, что Водопроводное озеро, возможно, испытывает приток воды из подземных источников, а также М.А. Широковой, Н.В. Шабалину, А.В. Макарову и А.А. Семенову за помощь при выполнении настоящей работы. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-04-01122-а).

A VERY UNUSUAL VERTICAL DISTRIBUTION OF TEMPERATURE AND OTHER BIOTIC AND ABIOTIC CHARACTERISTICS IN THE VODOPROVODNOYE LAKE, A SMALL SHALLOW LAKE IN THE VICINITY OF THE WHITE SEE BIOLOGICAL STATION OF THE M.V. LOMONOSOV MOSCOW STATE UNIVERSITY

L.V. Polishchuk¹, A.N. Pantyulin², E.D. Krasnova³, D.A. Voronov^{4,5}, A.A. Kasparson^{1,4}

1 – M.V. Lomonosov Moscow State University, Biological Faculty, Department of General Ecology

2 – M.V. Lomonosov Moscow State University, Geographical Faculty, Department of Oceanography

3 – M.V. Lomonosov Moscow State University, Biological Faculty, Nikolai Pertsov White Sea Biological Station

4 – Institute for Information Transmission Problems RAS

5 – M.V. Lomonosov Moscow State University, A.N. Belozersky Institute for Physicochemical Biology

The Nikolai Pertsov White Sea Biological Station can be a convenient place not only for marine education programs but also for freshwater ones (Izvekova et al. 2013). There are a number of small lakes in the vicinity of the station. Some of them are often visited and apparently well studied, so it was quite a surprise to find at one of them something new. On 23 June 2013, in a small (surface area approximately 0.6 ha) shallow (maximum depth 2.7 m) lake, called Vodoprovodnoye (66° 33' N, 33° 06' E), we found a very unusual, given such a small depth, vertical distribution of temperature and specific conductance (the latter is a general measure of the concentration of inorganic dissolved solids). Measurements made with the YSI CastAway™ CTD instrument (YSI Inc. / Xylem Inc., USA), showed that the temperature difference between warm subsurface water and cold, as it was found, near-bottom water was 11.3°C – from 18.9°C at 15 cm below the surface to 7.6°C at 2.7 m depth. Likewise, we observed a more that 2-fold difference in specific conductance – 28.9 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ vs. 62.0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ at the same depths; as different from temperature, specific conductance increased with depth. Measurements conducted on the same date with the same instrument at another lake, called Verkhnee, only 300 m away from Vodoprovodnoye though a bit larger one, which is used here as a reference, did not reveal any noticeable gradient in the above characteristics. The temperature difference in this lake was less than 1°C – from 18.5°C at the subsurface to 17.6°C at 2.1 m depth (maximum depth examined in this lake on that date). The range of specific conductance was no greater than 10% – from 22.4 to 24.2 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. The second series of measurements made on 5 August 2013 at both lakes using the same instrument, fully corroborated the results obtained in the first series. In between the two dates indicated above, we performed multiple (about every 3 days) measurements of the vertical profile of temperature at both lakes, taking water samples with a sampling bottle. The pattern described above – a big contrast between warm water near the surface and cold water at 2-2.5 m depth in the Vodoprovodnoye Lake and a uniform temperature distribution in the Verkhnee Lake – was invariably observed. In addition to the above data, at five depths (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0

m and additionally 2.5 m for oxygen) in each of the lakes, we measured the following abiotic and biotic characteristics: concentration of Si and total Fe (two series of measurements on 9 July and 4 August 2013), concentration of oxygen (two series of measurements on 25 July and 21 August 2013), zooplankton population density (sampled regularly from the end of June till the beginning of August at the Vodoprovodnoye Lake and from 9 July till the beginning of August at the Verkhnee Lake, 10 series of samples at the former and 7 series at the latter) and phytoplankton abundance (3 series at the Vodoprovodnoye Lake and 2 series at the Verkhnee Lake). Except for phytoplankton (the samples are not counted yet) and zooplankton in the Verkhnee Lake (whose population density was extremely low), all the data indicate the presence of strong vertical gradients in the above variables in the Vodoprovodnoye Lake and the absence of such gradients, that is a generally uniform distribution of the same variables, in the Verkhnee Lake. To summarize, we observed that the near-bottom water in the Vodoprovodnoye Lake was rich in silica and iron, poor in dissolved oxygen and, not surprisingly, poor in zooplankton. The values near the bottom were many times higher or, correspondingly, lower than those near the surface. Thus, in two series of measurements, the vertical difference for silica was 3.8- and 7-fold, that for iron was 13- and 11-fold, and that for oxygen was 4- and 5-fold. Zooplankton in the Vodoprovodnoye Lake mostly inhabited a 0-1 m layer. The absence of vertical gradients is common to shallow, subject to wind mixing lakes. Hence, a marked vertical gradient of temperature and other abiotic characteristics found in the shallow Vodoprovodnoye Lake requires an explanation. A characteristic feature of the Vodoprovodnoye Lake is a small and uniform increase in water density with depth, most likely caused by a uniform, almost linear decrease in temperature (density was automatically calculated by the YSI CastAwayTM simultaneously with temperature and conductivity measurements). This means that the observed vertical gradients can hardly be due to an insufficient mixing of the cold “deep” (only 2.7 m in depth!) waters and warm surface waters. In the absence of the layered structure of a body of water (that is, the absence of pycnocline), there is no physical force that would hinder wind-induced vertical mixing, especially given the small depth of our lakes. Nonetheless, this mixing does not eliminate the gradients in the Vodoprovodnoye Lake. The most likely mechanism of this phenomenon is that the lake has, at the bottom, an inflow of cold, highly mineralized water rich in silica and iron and poor in dissolved oxygen. This water may come from the underground sources. Whether it flows in at one or a few sites, that is, represents an underwater spring (or a number of springs), or percolates through the bed of the lake more or less uniformly over the surface, – remains unknown. The authors are grateful to the administration of the White Sea Biological Station of MSU for the opportunity to carry out this work at the WSBS.

Our thanks go to Artem Poromov who was the first to suggest that the Vodoprovodnoye Lake may have an inflow of underground water, as well as to Marina Shirokova, Nikolai Shabalin, Anton Makarov and Alexander Semenov for their help during this study. The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant 13-04-01122-a.