



ТРЕШНИКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ-2017



Ульяновск-2017

Оргкомитет конференции

Почетный председатель: Артур Николаевич Чилингаров – д-р геогр. наук, первый вице-президент РГО, член-корр. РАН.
Сопредседатели: Сергей Иванович Морозов – Губернатор Ульяновской области;
Тамара Владимировна Девяткина – канд. эконом. наук, ректор ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», доц., Заслуженный учитель РФ.
Заместители председателя: Екатерина Владимировна Уба – первый заместитель Председателя Правительства Ульяновской области;
Александр Александрович Лобжанидзе – д-р пед. наук, проф., зав. каф. экономической и социальной географии ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», член Ученого Совета;
Игорь Игоревич Егоров – председатель координационного совета УОО РГО, председатель Счетной палаты Ульяновской области;
Члены оргкомитета: Владислав Александрович Румянцев – д.г.н., проф., научный руководитель Института Озероведения РАН, академик РАН;
Сергей Сергеевич Панчин – глава города Ульяновска;
Алексей Владимирович Гаев – глава администрации города Ульяновска;
Раис Рамазанович Загидуллин – министр образования и науки Ульяновской области;
Михаил Иванович Семёнкин – министр сельского, лесного хозяйства и природных ресурсов Ульяновской области;
Дмитрий Васильевич Федоров – первый заместитель Главы администрации Сенгилеевского района Ульяновской области;
Сергей Александрович Андрианов – генеральный директор гостиницы «Венец»;
Наталья Анатольевна Ильина – д.б.н., проф., проректор по научной работе ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»;
Владимир Николаевич Федоров – к.г.н., доцент, декан естественно-географического факультета ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»;
Елена Юрьевна Анисимова – к.и.н., доцент, зав. кафедрой географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»;
Александр Иванович Золотов – канд. геогр. наук, доц. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», председатель УОО РГО;

Программный комитет конференции

Председатель:

Александр Александрович Лобжанидзе – заведующий кафедрой экономической и социальной географии, доктор педагогических наук, профессор ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», член Ученого Совета РГО.

Члены программного комитета:

Дмитрий Викторович Лобжанидзе – кандидат географических наук, доцент кафедры географии ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева».

Олег Петрович Ермолаев – доктор географических наук, профессор кафедры ландшафтной экологии ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Владимир Александрович Кошевой – заведующий кафедрой физической географии и геоэкологии, кандидат географических наук, доцент ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет».

Василий Вингерович Митта – доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Палеонтологического института имени А.А. Борисяка РАН.

Дмитрий Владимирович Молодцов – редактор-методист по географии Центра естественно-научных дисциплин издательства «Русское слово», учитель географии ГБОУ гимназия № 1570 г. Москвы.

Инна Витальевна Никонорова – заведующий кафедрой физической географии и геоморфологии, кандидат географических наук, доцент ФБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Председатель Чувашского республиканского отделения РГО.

Татьяна Васильевна Субботина – и.о. заведующего кафедрой социально-экономической географии, кандидат географических наук, доцент ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Елена Ивановна Тихомирова – заведующий кафедрой экологии, доктор биологических наук, профессор ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Алексей Михайлович Токранов – директор, заведующий лабораторией гидробиологии, доктор биологических наук ФГБУН «Камчатский филиал Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской Академии наук».

Алексей Владимирович Чернов – доктор географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник НИЛ эрозии почв и русловых процессов ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Редакционная коллегия

Наталья Анатольевна Ильина – д-р биол. наук, проректор по научной работе, проф. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»;

Елена Александровна Артемьева – д-р биол. наук, проф. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»;

Владимир Николаевич Федоров – канд. геогр. наук, декан естественно-географического факультета, доц. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»;

Елена Юрьевна Анисимова – канд. ист. наук, доц., зав. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»;

Александр Иванович Золотов – канд. геогр. наук, доц. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», председатель УОО РГО;

Азат Корбангалиевич Идиатуллин – канд. ист. наук, доц. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»;

Ираида Евгеньевна Канцера – асс. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»;

Наталья Юрьевна Летярина – асс. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова».

Елена Александровна Темаева – асс. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова».

Евгения Александровна Вилкова – канд. биол. наук доц. каф. географии и экологии ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова».

Рецензенты

Семенов Дмитрий Юрьевич – канд. биол. наук, доц. кафедры биологии, экологии и природопользования ФГБОУ ВО «УлГУ»;

Золотухин Вадим Викторович – д-р биол. наук, проф. каф. биологии и химии, ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова».

Статьи публикуются в авторской редакции

Т 66 **Трешниковские чтения–2017: Современная географическая картина мира и технологии географического образования:**
Мат-лы всерос. науч.-практ. конф. / под. ред. Н. А. Ильиной, Е. А. Артемьевой, В. Н. Федорова и др. – Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова», 2017. – 306 с.

ISBN 978-5-86046-895-6

В сборнике представлены оригинальные доклады авторов по основным направлениям конференции: физическая география в современном мире: проблемы и перспективы, социально-экономическое развитие территорий и гуманитарная география, экология и биоразнообразие, технологии охраны природы, современные геолого-палеонтологические исследования, непрерывное географическое образование

УДК 372.8:55:332
ББК 26+65.04+74.262.6

© Коллектив авторов, текст, 2017
© УлГПУ им. И.Н. Ульянова, 2017

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ТРЕНДЫ В ПРИБРЕЖНЫХ ОЗЕРАХ, ЧАСТИЧНО ИЗОЛИРОВАННЫХ ОТ БЕЛОГО МОРЯ, С 2010 ПО 2016 ГГ.

Елена Дмитриевна Краснова

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник биологического факультета Московского государственного университета, г. Москва

Дмитрий Анатольевич Воронов

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук и Института физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Аннотация. В четырех прибрежных стратифицированных водоемах, частично изолированных от Белого моря, обнаружен эффект солнечного пруда с максимумом температуры на глубине 2–4 м. В мономимлионе двух меромиктических водоемов отмечен многолетний тренд к повышению температуры на 1,5 и на 5°C за пять лет.

Ключевые слова: Белое море, отделяющиеся водоемы, стратификация, solar pond effect, температура.

Annotation. Four coastal stratified lakes partly isolated from the White Sea were monitored. In summer, solar pond effect was detected with maximum temperature in at the depth of 2–4 m. Long-term warming trend of about 1.5 and 5°C in five years was noticed in the monimolimnion of two meromictic lakes.

Keywords: White Sea, separated lakes, stratification, solar pond effect, warming.

Потепление климата, наблюдаемое в последние десятилетия, требует подтверждения и документирования. Для этого нужны многолетние ряды наблюдений. На Беломорской биостанции МГУ им. М.В. Ломоносова последние 7 лет проводятся наблюдения за несколькими небольшими солеными и солоноватоводными водоёмами площадью несколько га и глубиной менее 7 м, находящимися в процессе отделения от суши из-за постгляциального изостатического подъёма берега [1, 2]. Ввиду более высокой солености на глубине эти водоёмы характеризуются устойчивой стратификацией воды. В числе регистрируемых параметров – тем-

пература (Т°С) на разной глубине. Данные этих наблюдений позволяют выявить синоптическую и долговременную изменчивость температурного режима этих необычных водоемов.

В данной статье мы рассмотрим четыре водоема, в разной степени изолированных от Белого моря.

1. Лагуна на Зеленом мысе (66° 31' 49" N, 33° 05' 55" E – соленый водоем, сообщающийся с морем во время прилива, на самой ранней стадии отделения от моря. Морская вода поступает в него во время каждого приливного цикла в течение одного-полутора часов. Особенность этого водоема – повышенная соленость придонного слоя воды по сравнению с соседней морской акваторией.

Температурный режим лагуны на Зеленом мысе характеризуется чередованием зимних периодов с обратной стратификацией, прямой стратификацией в первой половине лета и периодов с температурным профилем, сочетающим прямую стратификацию в слое ниже пикноклина и обратную в эпилимнионе во второй половине лета и осенью (рис. 1). Поверхностный слой достигает максимального прогрева в первой половине лета, нижележащие слои прогреваются медленнее. На глубине 3 м вода достигает наибольшей Т°С, как правило, в конце августа – начале сентября, а на глубине 5 м – к сентябрю.

Перепад Т°С между поверхностью и дном в летнее время может достигать 20°C, в зимнее до 5°C. В поверхностном слое в течение года Т°С колеблется от -1,6°C до +24,8°C. В придонном слое диапазон вдвое меньше: от -0,8°C до +13,5°C. Максимальная летняя Т°С варьировала от 19,4 до 24,8°C без тенденции к повышению.

2. Озеро Кисло-Сладкое (66°32' 54" N, 33°08' 05" E) – соленый водоем на следующей стадии изоляции от моря. Морская вода поступает в него только во время сизигийных приливов.

Зимой все изучаемые водоемы, включая оз. Кисло-Сладкое, покрыты льдом, и возле поверхности Т°С воды соответствует температуре кристаллизации солевого раствора соответствующей концентрации (-0,8... -0,9°C при 13-18‰). Измерения в



Рис.1. Температурный режим в лагуне на Зеленом мысе с 2010 по 2016 г.

период с 2010 г. по 2016 г. показали, что в зимнее время возможны два варианта стратификации: обратная и гомотермия (рис. 2). Обратная температурная стратификация складывается в те зимы, когда в озере сохраняется плотностная стратификация, при этом $T^{\circ}\text{C}$ повышается ко дну до $+3,5^{\circ}\text{C}$... $+4,3^{\circ}\text{C}$. Такая ситуация зарегистрирована в зимние периоды 2012/13 и 2014/15 гг. В зимние периоды 2011/12, 2013/14 и 2015/16 гг. в результате промывки водоема холодной морской водой во время высоких осенних сизигийных приливов, сформировалась гомотермия. Очень интересно, что в Кисло-Сладком озере все 7 лет наблюдалась правильная двухгодичная цикличность, когда после зимы с промывкой в следующую зиму озеро оставалось стратифицированным. Насколько это чередование случайно, а если закономерно, то с чем связана такая необычная цикличность, еще предстоит выяснить. Так же, как и в лагуне на Зеленом мысе, в первой половине лета в оз. Кисло-Сладком наблюдается прямая стратификация, в августе она сменяется на сложную – прямую в гипolimниионе и обратную в эпилимниионе, когда средний слой воды оказывается самым теплым.

Температурный контраст между поверхностью и дном в этом водоеме несколько слабее, чем в предыдущем. Летом он редко достигает до 17°C , зимой – менее 5°C . Зато годовые перепады $T^{\circ}\text{C}$, в нем сильнее. В поверхностном слое $T^{\circ}\text{C}$ колеблется от $-1,5^{\circ}\text{C}$ до $+26,9^{\circ}\text{C}$, а в придонном от $-0,8^{\circ}\text{C}$ до $+15^{\circ}\text{C}$.

Среднегодовая $T^{\circ}\text{C}$ в поверхностном слое на глубине 1 м за последние 6 лет оставалась на одном уровне, а в придонном понизилась примерно на 4 градуса. Максимальная летняя $T^{\circ}\text{C}$ за год колебалась в диапазоне $18,2$ – $26,9^{\circ}\text{C}$ без выраженного тренда. Рекордное значение $26,9^{\circ}\text{C}$ было зарегистрировано летом 2016 г. на глубине 1 м.

Температурная контрастность оз. Кисло-Сладкого по сравнению с лагуной на Зеленом мысе может объясняться большей долей мелководий, которые лучше прогреваются летом и промерзают зимой. Представляет интерес и требует проверки наметившийся слабый тренд к понижению среднегодовой $T^{\circ}\text{C}$ в придонном слое воды.

3. Озеро Еловое (Первое Кумяжье) ($66^{\circ} 28' 53'' \text{N}$, $33^{\circ} 16' 50'' \text{E}$) представляет следующий этап изоля-

ции. Это меромиктический водоем с минерализованным верхним слоем воды и соленым нижним. Поступление морской воды происходит не чаще одного раза в год во время особенно высоких осенних приливов, а также, возможно, за счёт просачивания сквозь отделяющую от моря каменистую преграду. В силу удаленности в зимнее время этот водоем не был изучен.

Так же как и в других исследованных водоемах, в первой половине лета в оз. Еловом наблюдается прямая температурная стратификация, а начиная с августа – сложная стратификация с элементами обратной в поверхностном слое до глубины 1 м и прямой – ниже этого уровня (рис. 3).

Контраст температуры между поверхностью и дном в этом водоеме очень зависит от погодных условий. В теплые годы поверхность нагревается сильнее, и разница может достигать 16 – 19°C . В годы с холодным летом, как например в 2015 г., ввиду слабого прогрева поверхности разница не превышала 6°C . Хотя водоем прогрелся очень слабо, в донном углублении $T^{\circ}\text{C}$ не понизилась, что говорит о термической стабильности монимолимнона. Более того, за пять лет наблюдений $T^{\circ}\text{C}$ там увеличилась на 5°C (рис. 4).

4. Озеро Трехцветное ($66^{\circ} 35,53' \text{N}$, $32^{\circ} 59,97' \text{E}$) – меромиктический водоем с самой устойчивой стратификацией среди всех изучаемых озер. Оно дальше всех удалено от моря, выше всех поднято над уровнем моря и почти полностью вышло из-под его влияния. Тем не менее, забросы морской воды в него еще возможны, что мы наблюдали осенью 2011 г. во время очень высокого наводнения.

Для меромиктических водоемов характерно постоянство физико-химических условий в монимолимниионе, включая температуру. В оз. Трехцветном начиная с глубины 4 м $T^{\circ}\text{C}$ не меняется в течение года (рис. 5). Он оставалась практически постоянной на протяжении последних 6 лет. Поверхностный пресный миксолимнион динамичен. В зимнее время, когда на озере стоит лед, он охлаждается до 0°C , а летом может прогреваться до $24,1^{\circ}\text{C}$. Наибольшего прогрева он достигает в июле. В этом

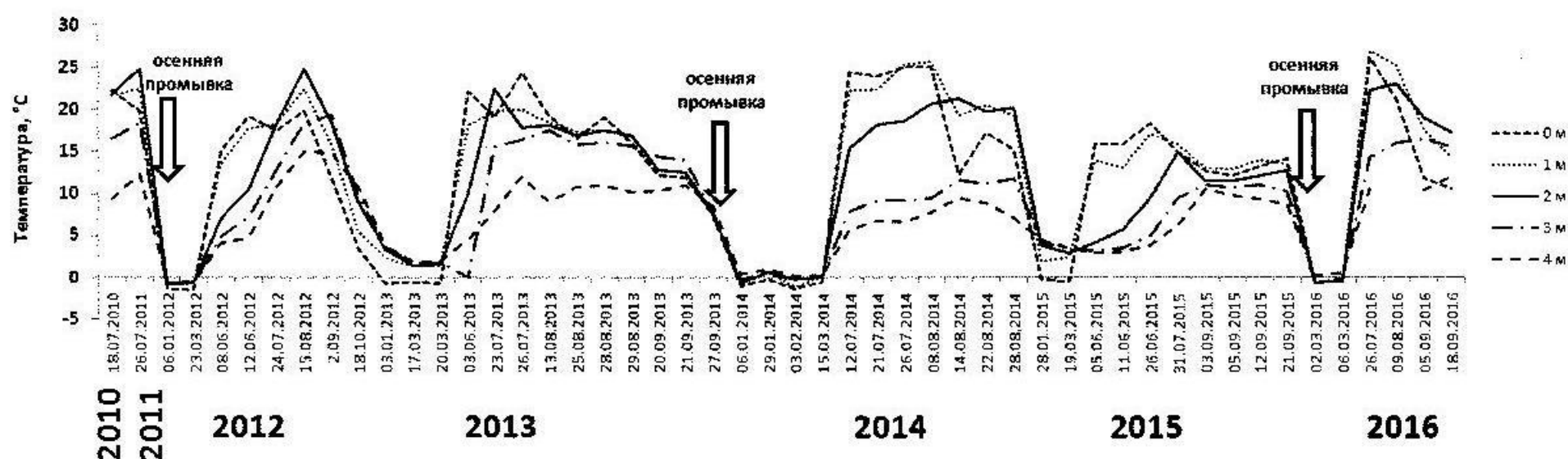


Рис. 2. Динамика температуры воды в разных слоях оз. Кисло-Сладкого

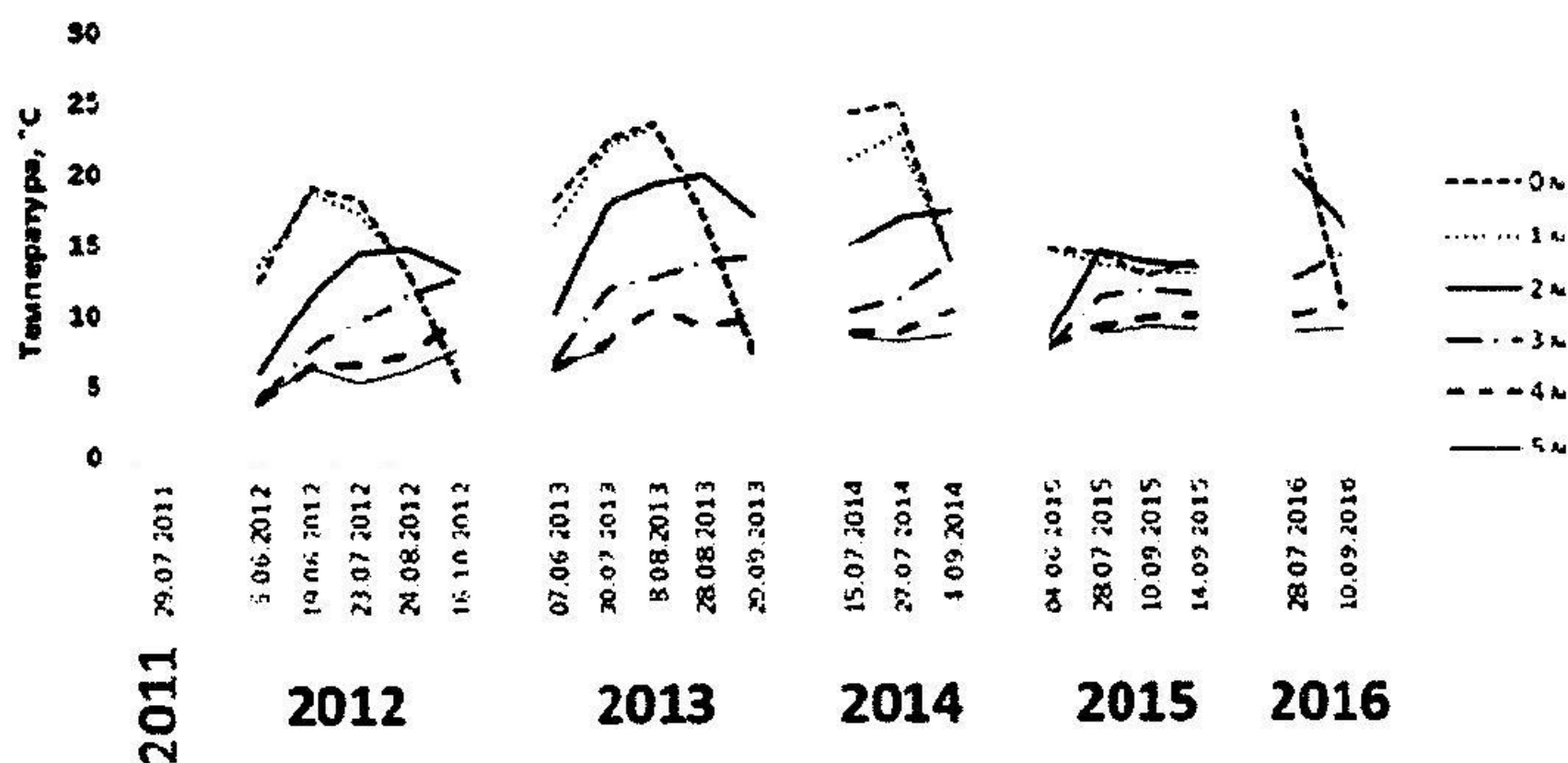


Рис. 3. Температура воды в оз. Еловом в летнее время

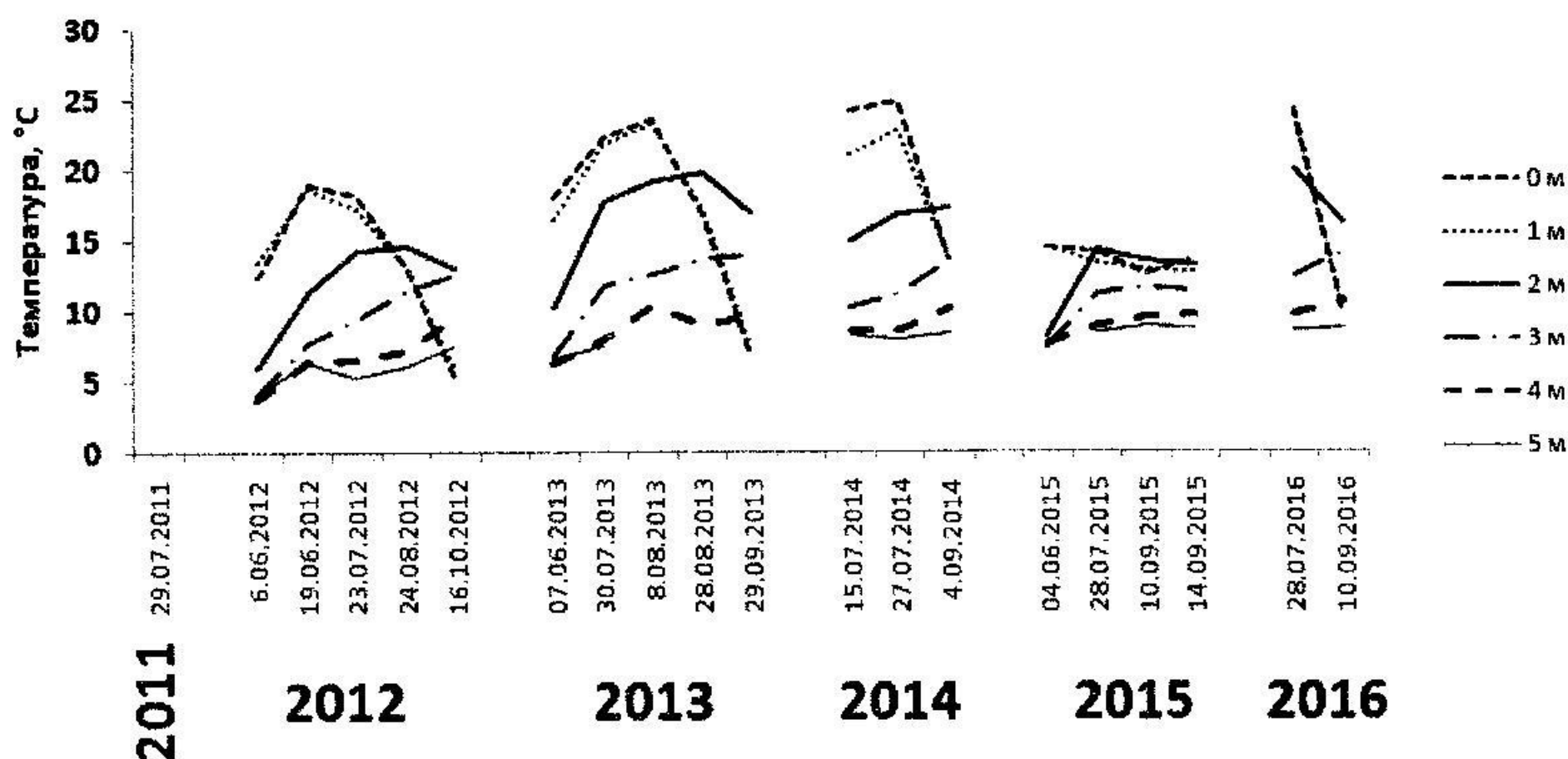


Рис. 4. Температура воды в оз. Еловом на глубине 4 м

водоеме тепловая энергия поступает в нижние слои только путем тепловой диффузии.

От солнца их экранирует непрозрачная прослойка с густой суспензией зеленых серобактерий, расположенная на глубине 1,8–2 м. Межгодовые вариации максимальной для каждой глубины $T^{\circ}\text{C}$ не превышают 5°C , причем на глубине 5 м наметился тренд к повышению $T^{\circ}\text{C}$. За 7 лет T_{max} повысилась на $1,5^{\circ}\text{C}$.

Зимняя $T^{\circ}\text{C}$ на всех глубинах варьировала в пределах двух градусов (рис. 6). В придонной водной массе за 6 лет наблюдений зимняя $T^{\circ}\text{C}$ постепенно увеличилась на $1,5^{\circ}$.

Во всех исследуемых водоемах, как правило, лучше всего прогревается поверхностный слой воды. В поверхностном 1 м воды в них рассеивается от 60 до 90% солнечного света [3]. В летнее время самым теплым может быть средний слой воды, чему может быть два объяснения: 1) он нагревается путем теплообмена с нагреваемым от солнца черным илистым дном в мелководной части озера. В таком случае имеет место эффект солнечного соляного пруда;

2) Тепло поступает из поверхностного слоя и сохраняется при остывании поверхности. Эти два варианта отличаются источником тепла (снизу от грунта или сверху от поверхности), но оба связаны с его накоплением в среднем слое водоема благодаря плотностной стратификации, при которой теплообмен возможен только путем медленной тепловой диффузии. Теоретически возможен и третий вариант с избирательным солнечным нагревом среднего слоя в случае большого количества взвеси (включая живые организмы), однако взвеси на этом горизонте не больше, чем в вышележащей водной массе.

Диапазон сезонных колебаний $T^{\circ}\text{C}$ в придонном слое воды особенно широк в тех водоемах, которые еще имеют регулярную связь с морем, а в меромиктических он невелик (табл. 1).

В мнимомимнионе двух меромиктических водоемов отмечено постепенное повышение температуры. По приблизительной оценке, за 5 лет наблюдений в оз. Еловом средняя $T^{\circ}\text{C}$ возросла на 5° и в мнимомимнионе оз. Трёхцветного на $1,5^{\circ}$.

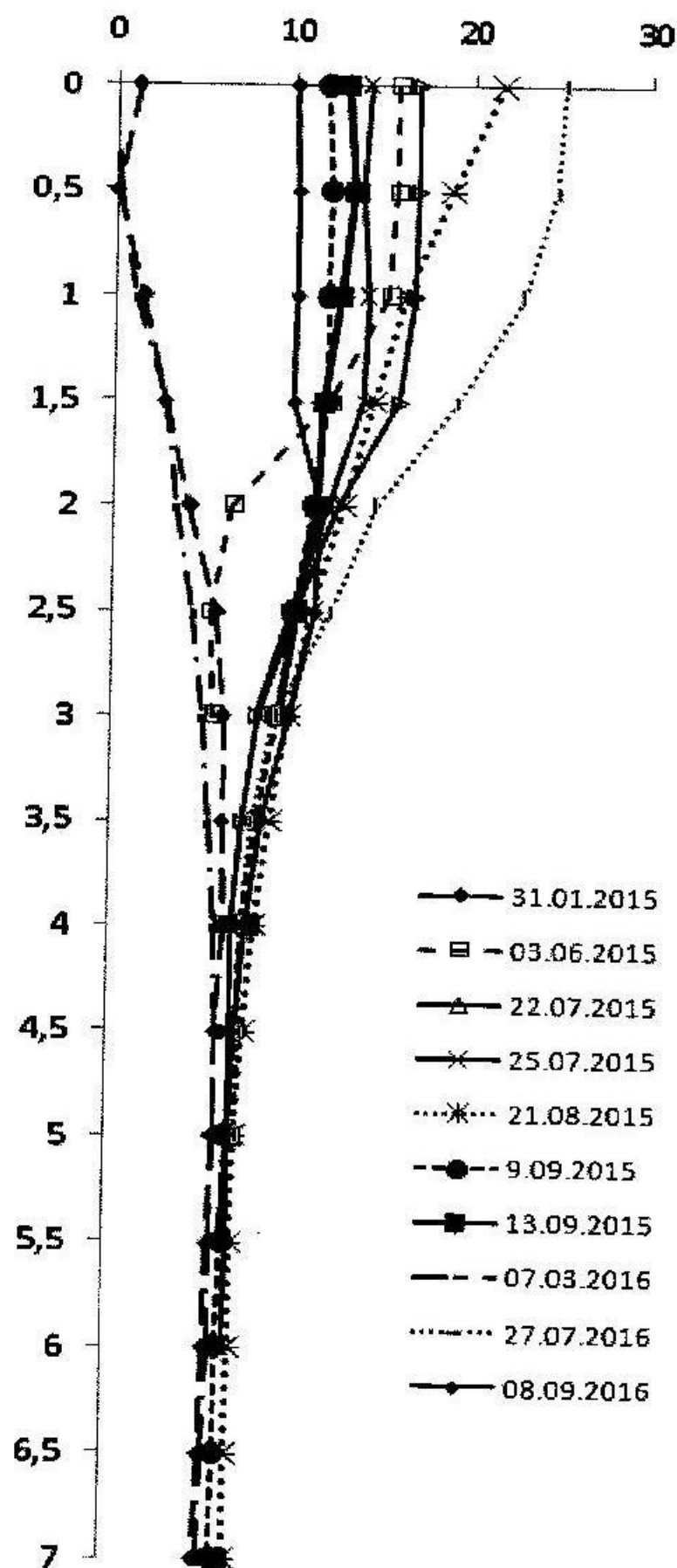


Рис. 5. Годовая динамика температуры в оз. Трёхцветном в 2015-2016 гг.

Таблица 1
Некоторые термические характеристики водоемов, в разной степени изолированных от моря

Водоём Водоёмы перечислены в порядке уси- ления изоляции от моря	Глубина, м	Наиболь- шая зареги- стрирован- ная Т°С	Температура в придонной воде, °С	
			max	min
Лагуна на Зеленом мысе	6	+24,8°	+13,5°	+0,2°
Оз. Кисло- Сладкое	4,5	+26,9°	+15°	-0,8°
Оз. Еловое	6	+24,8°	+8,9	-
Оз. Трёхцветное	7	+24,1°	+7,1	+4,9°

В некоторых водоемах выявлены признаки постепенного многолетнего повышения Т°С. В лагуне на Зеленом мысе оно затрагивает поверхностный слой воды, температура которого определяется теплообменом с атмосферой. В меромиктических озерах Еловом и Трёхцветном потепление проявляется, наоборот, в придонных слоях. Смещение термического равновесия в мониомлимнионе, которому обычно свойственна высокая стабильность, может служить индикатором серьезных климатических сдвигов. Тем более, что оно коснулось не одного, а двух меромиктических озер.

В оз. Кисло-Сладком, придонный слой воды наоборот, постепенно охлаждался, среднегодовая Т°С за 7 лет понизилась на 4°. Температурный режим этого водоема испытывает не только сезонные, но и двухгодичные колебания. Т°С придонного слоя воды зависит не только от тепла, поступающего сверху, но и от притока воды с отрицательной температурой в зимнее время. По всей вероятности, в этом водоеме равновесие между охлаждающим влиянием моря и атмосферным прогревом в последние годы сместилось в сторону моря.

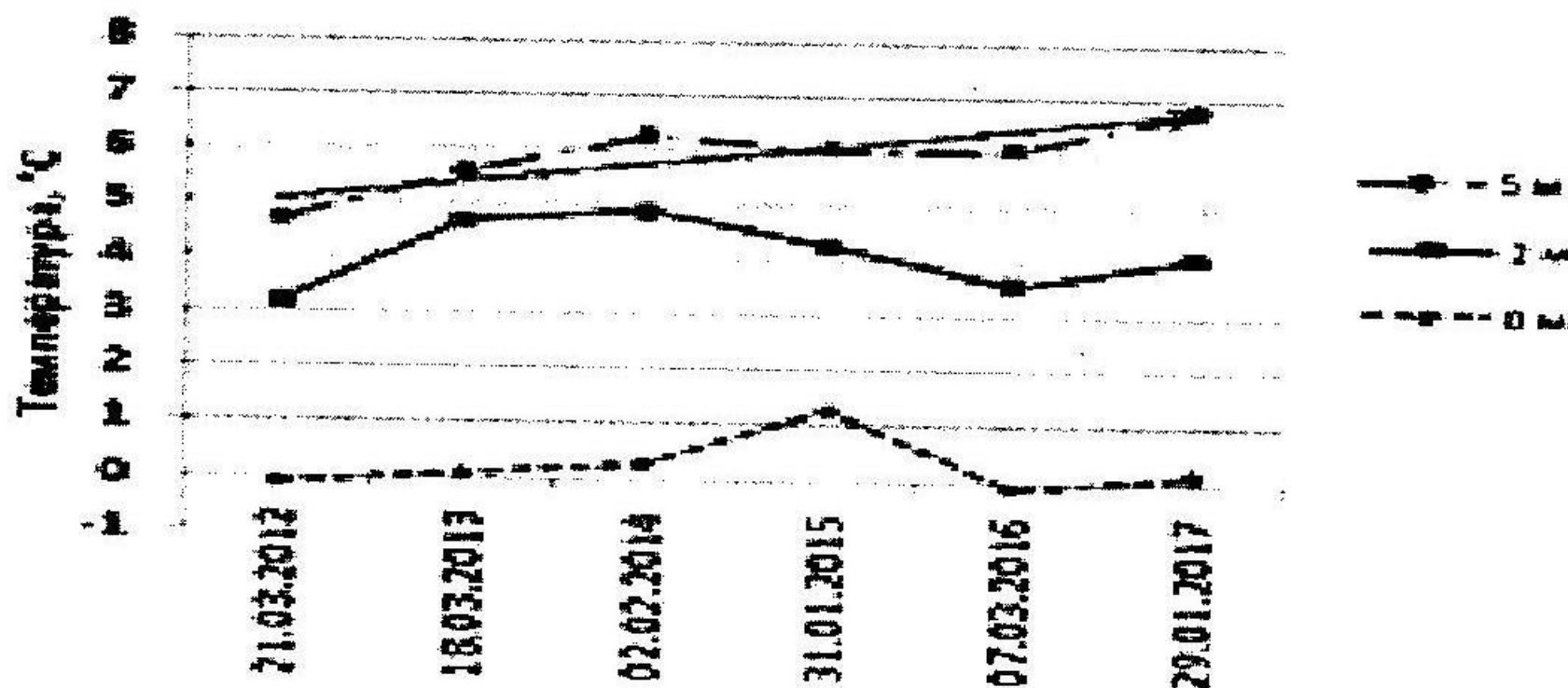


Рис. 6 Зимняя температура на разных глубинах оз. Трёхцветного

Работа выполнена с использованием финансовых средств гранта РФФИ 16-05-00548-а.

Литература:

1. Краснова Е.Д., Воронов Д.А., Демиденко Н.А., Кокрятская Н.М., Пантюлин А.Н., Рогатых Т.А., Самсонов Т.Е., Фролова Н.Л. К инвентаризации реликтовых водоемов, отделяющихся от Белого моря. // Комплексные исследования Бабьего моря, полу-изолированной беломорской лагуны: геология, гидрология, биота – изменения на фоне трансгрессии берегов. Труды Беломорской биостанции МГУ, т. 12. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2016. – С. 211–241.
2. Краснова Е.Д., Демиденко Н.А., Пантюлин А.Н., Фролова Н.Л., Ефимова Л.Е., Широкова В.А. Термический и ледовый режим реликтовых водоемов, отделяющихся от Белого моря. // Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей: VIII Международная научно-практическая конференция (Москва, РУДН, 24-27 ноября 2014 г.). Т.1. – М.: РУДН, 2014. – С. 430-443.
3. Краснова Е.Д., Воронов Д.А. Освещенность в разных слоях меромиктических озер на побережье Белого моря. // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием. Т.2. – Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 2014. – С. 183–186.