

УДК 574.5

**СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ  
НЕКОТОРЫХ ПРИГОРОДНЫХ ОЗЕР  
СИСТЕМЫ ВАСИЛЬЕВСКИХ ОЗЕР, Г. ТОЛЬЯТТИ:  
ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕР В 2013-2015 ГГ.**

© 2017 М.Ю. Горбунов, М.В. Уманская, Е.С. Краснова

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти (Россия)

Поступила 15.11.2016

Результаты исследований 2013-2015 гг. позволили определить современные характеристики гидрохимического режима четырех озер из системы Васильевских озер (г. Тольятти, Самарская область), а также оценить степень и направления их антропогенной трансформации за период с начала 1990-х гг. Во всех четырех озерах произошло значительное увеличение общей минерализации воды и смена типа минерализации с типичного для региона  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  типа на содовый ( $\text{HCO}_3\text{-Na}$ ) или  $\text{SO}_4\text{-Na}$  тип. В двух озерах содового типа зарегистрированы аномально высокие летние величины активной реакции воды, отражающие высокий уровень цветения воды. Летний гипolimнион трех из озер анаэробен и содержит высокие концентрации сульфидов. Представленные данные указывают на продолжающиеся неблагоприятные изменения, обусловленные антропогенным воздействием на экосистемы озер.

*Ключевые слова:* пригородные озера, основной ионный состав, антропогенное воздействие, Самарская область.

**Gorbunov M.Yu., Umanskaya M.V., Krasnova E.S. Contemporary ecological condition of some suburban lakes of Vassilevsky lake system, Tolyatti: Hydrochemical regime of the lakes in 2013-2015** – The results of our studies during 2013-2015 illustrate contemporary features of hydrochemical regime of four lakes from the Vassilevsky lakes system (Togliatti, Samara region) as well as the degree and direction of their anthropogenic transformation since the early 1990s. In all four lakes significant increase in total mineralization of water occurred, accompanied by the change of the type of mineralization from typical for the region  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  type to the soda ( $\text{HCO}_3\text{-Na}$ ) or  $\text{SO}_4\text{-Na}$  types. Abnormally high summer values of active reaction of water reflecting high algal blooms are detected in two soda-type lakes. The summer hypolimnion of three of the lakes is anaerobic and contains high concentrations of sulfides. Presented data indicate persisting adverse changes associated with anthropogenic impacts on ecosystems of the lakes. Presented data indicate the continuing adverse changes caused by anthropogenic impact on the ecosystems of lakes.

*Key words:* suburban lakes, the main ion composition, anthropogenic impact, Samara region.

---

Горбунов Михаил Юрьевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, myugor1960@gmail.com; Уманская Марина Викторовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, mvumansk67@gmail.com; Краснова Екатерина Сергеевна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, krasnova-eck@mail.ru

## ВВЕДЕНИЕ

Антропогенное загрязнение водных и наземных экосистем является общепризнанной мировой проблемой. Воздействие тех или иных загрязнителей может приводить к изменению гидрологических и гидрохимических свойств водоемов, их эвтрофированию, ацидификации и токсификации. Особенностью крупных промышленных центров является наличие многих точечных источников загрязнения с широким и различным химическим спектром выбросов, а также интенсивное диффузное загрязнение от рекреационной деятельности и из вторичных источников. Водные экосистемы в зоне влияния промышленных центров подвергаются интенсивной трансформации, направление которой зависит от комбинации различных факторов воздействия, а сам процесс является многомерным и сложно предсказуемым. Это в полной мере относится и к водным экосистемам, и поэтому изучение состояния экосистем городских и пригородных водоемов и их долговременный мониторинг представляет собой важное направление научных исследований, которому посвящено большое количество публикаций (Изменение структуры..., 1988; Экологический паспорт..., 2000; Экология города..., 2005 и др.).

Васильевские озера, расположенные в пригороде г. Тольятти, характеризуются сходным генезисом и довольно высокой антропогенной нагрузкой на них. Однако соотношение вкладов загрязнения от разных источников в разных озерах существенно отличается. Поэтому они представляют собой удобный полигон для исследования влияния различных факторов комплексного загрязнения водных экосистем городских озер.

В настоящей работе мы представляем результаты исследований физико-химических условий и химического состава воды (основные ионы) в озерах Б. Васильевское, Прудовиков (Грязное), Восьмерка и Дачное в 2013-2015 гг., различающихся по своим морфометрическим показателям, трофическому статусу и преобладающим видам антропогенного воздействия.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общая характеристика озер. Васильевские озера – система пригородных озер на северо-восточной границе г. Тольятти, которая в современном виде существует с 1950-1960-х гг. (рис. 1, табл. 1). Озеро Б. Васильевское – самое крупное по площади и самое мелководное озеро в системе. На его состояние оказывают влияние село Васильевка, расположенное вдоль длинной оси озера к западу от озера, очистные сооружения ВАЗ и ТоАЗ, обводная дорога г. Тольятти и, до некоторой степени, рекреация. Село Васильевка – источник загрязнения преимущественно биогенными элементами (азотом и фосфором); дорожная инфраструктура, из-за зимней обработки дорог противогололедными смесями – солевого загрязнения (хлориды и сульфаты щелочных металлов). Очистные сооружения – источник комплексного загрязнения, как солевого, так и биогенного.

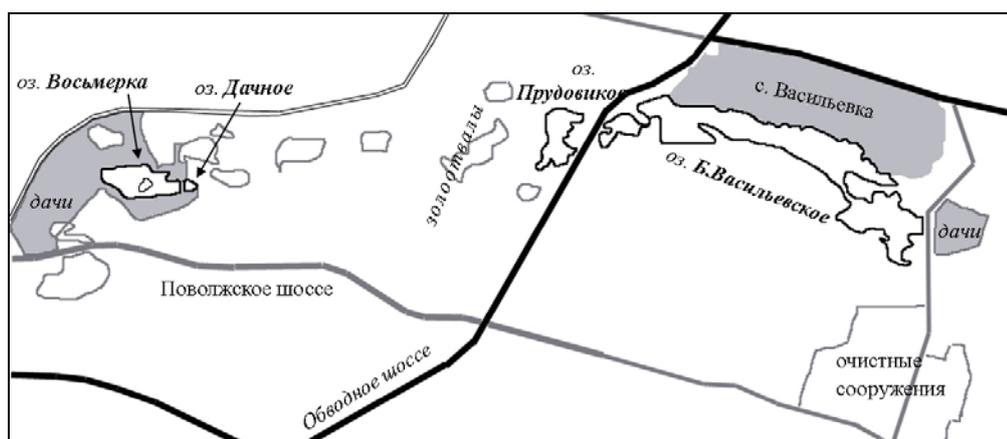
Озеро Прудовиков (Грязное) – небольшой водоем сложной формы, отделенный от оз. Б. Васильевское обводной дорогой г. Тольятти. Основными источниками загрязнения этого озера являются золоотвалы промышленных предприятий, обводная дорога г. Тольятти и рекреация.

Озера Восьмерка и Дачное расположены внутри большого дачного массива. Эти озера отделены одно от другого дамбой, что определяет заметные различия гидрохимических показателей в них. Оба водоема интенсивно используются для любительского рыболовства и рекреации.

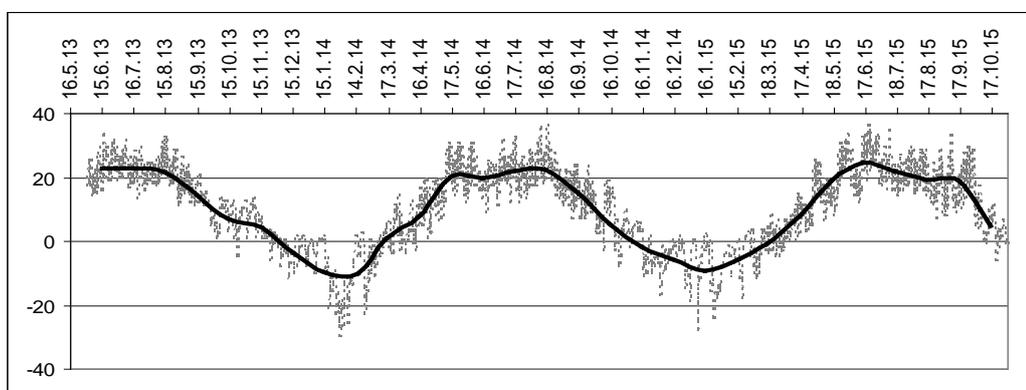
Погодные условия в период наблюдений. Изменения температуры воздуха (рис. 2) и атмосферного давления в течение трех лет носили похожий характер. Атмосферное давление в 2013 г. составляло 737–771 мм.рт.ст., в 2014 г. – 731–783 мм.рт.ст. и 738–778 мм.рт.ст. в 2015 г. Максимальные дневные температуры в летние периоды были следующими: 34°C (июнь 2013), 37°C (август 2014) и 37°C (июнь 2015). Толщина ледового покрова на озерах в феврале 2014 г. составила 50–60 см, а к середине марта снизилась до 40 см. В марте 2015 г. его толщина была 50–80 см.

**Таблица 1**  
**Некоторые морфометрические характеристики исследованных озер**

Станции отбора	Большое Васильевское			Прудовиков (Грязное)	Восьмерка	Дачное
	ст.1	ст. 2	ст. 3	ст.1	ст.1	ст.1
координаты:						
С.Ш	53.548873	53.543506	53.536907	53.528740	53.499562	53.501906
В.Д.	49.545014	49.529179	49.519969	49.515579	49.500961	49.502597
Глубина станции, м	1,0	1,5	4,0	5,5	7,8	4,5
Площадь озера, га	72,5			9,2	13,6	0,7
Длина озера, м	2980			570	690	110
Ширина макс, м	325			330	330	90
Глубина макс, м	4,0			5,5	7,8	4,5



**Рис. 1. Карта-схема исследованных озер и основных источников их загрязнения**



**Рис. 2. Изменения температуры воздуха в т. Тольятти в 2013-2015 гг. (по данным сайта [www.gismeteo.ru](http://www.gismeteo.ru))**

Жирной сплошной линией показаны среднемесячные температуры

### Отбор проб и методы химического анализа.

Исследование озер проводили в июне-октябре 2013 г., феврале-ноябре 2014 г. и в марте-сентябре 2015 г. На оз. Б. Васильевское пробы отбирали на трех (в 2013-2014 г.) и двух (в 2015 г.) станциях вдоль длиной оси озера, на остальных озерах – на одной станции в области максимальной глубины (табл. 1). Дополнительно во всех озерах в прибрежье, на участках, зарастающих макрофитами, во время их развития отбирали пробы поверхностной воды. Пробы воды отбирали пластиковым батометром Руттнера (оз. Б. Васильевское) и тонкослойным пробоотборником (остальные озера). Физико-химические показатели определяли в момент отбора полевыми приборами, концентрации основных ионов определяли стандартными методами (Унифицированные методы..., 1973; Новиков и др., 1990). Для средних величин различных показателей рассчитывали стандартное отклонение и коэффициент вариации (КВ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### **Физико-химический режим.**

#### **оз. Б. Васильевское (рис. 3).**

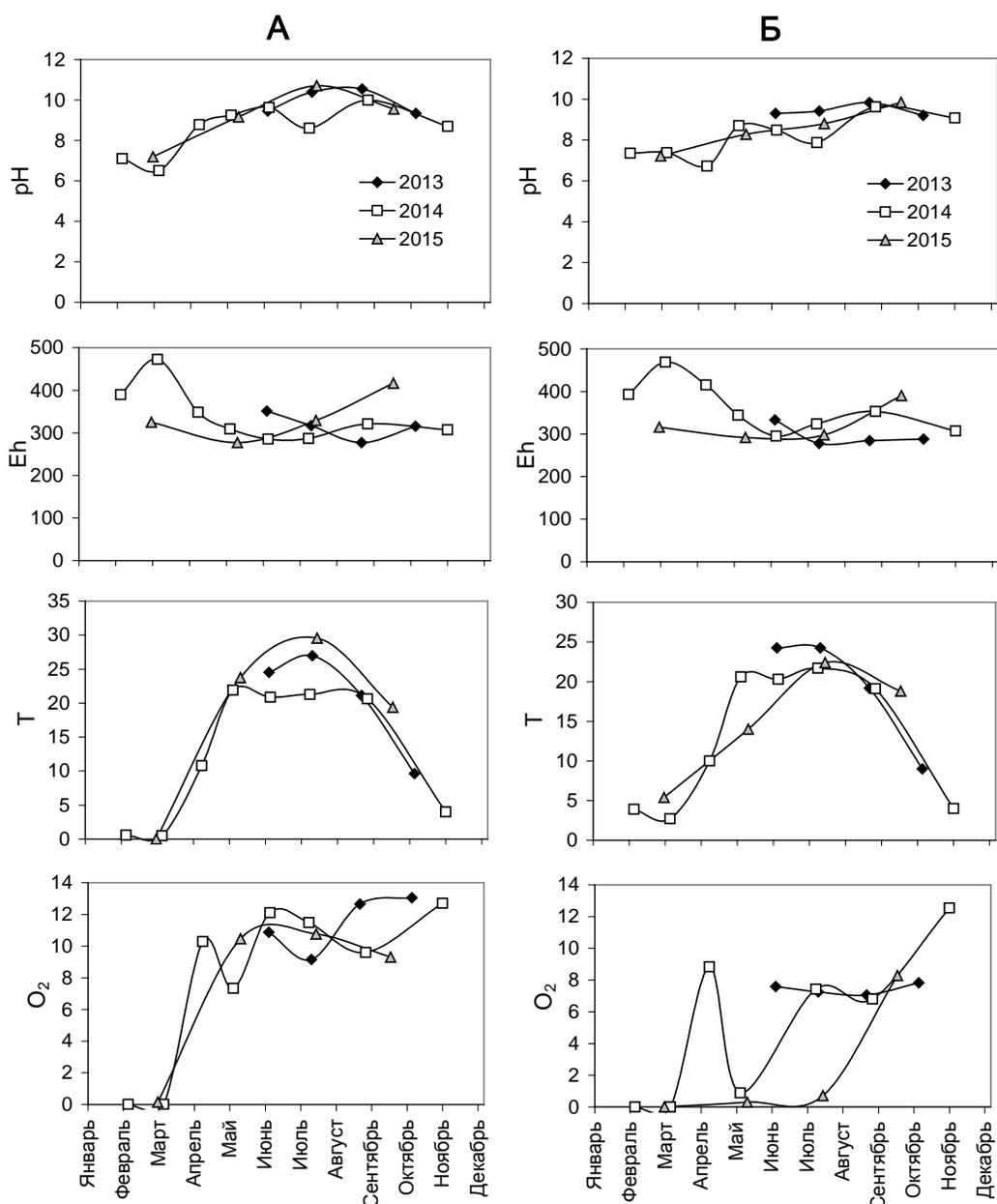
Из-за большой площади зеркала и малой средней и максимальной глубины является полимиктическим, без выраженной летней температурной стратификации. В отдельные даты из-за дневного прогрева поверхностного слоя воды в озере наблюдался приповерхностный градиент температуры.

В безледный период вода в озере имела сильно щелочную реакцию, в июле 2013 и сентябре 2015 г величина рН достигала, соответственно, 10,5 и 10,7 (рис. 3). Средняя величина рН составила  $9,55 \pm 0,69$ . Поверхностные слои озера были хорошо аэрированы: концентрация кислорода колебалась в пределах 7,3-13,1 мг/л (в среднем,  $10,8 \pm 1,7$  мг/л, уровень насыщения воды кислородом изменялся от 65 до 264%. В придонном слое в наиболее глубокой части озера (ст. 3) иногда наблюдались кратковременные гипоксические явления со снижением концентрации растворенного кислорода до 0,3-0,9 мг/л (3-10% насыщения, рис. 3), но величины окислительно-восстановительного потенциала указывают на окислительные условия во всей водной толще озера. Средняя величина Eh в безледный период составила  $319 \pm 38$  мВ в поверхностном слое, и  $323 \pm 43$  мВ в придонном слое.

В подледный период (февраль-март) условия в озере были аноксическими, и только на ст.3 непосредственно подо льдом были зарегистрированы ненулевые концентрации кислорода. Тем не менее, сероводород и сульфиды в воде не регистрировались, а величины окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) были даже более высокими, чем в период открытой воды,  $401 \pm 64$  мВ. По сравнению с безледным периодом активная реакция воды значительно снижалась, до рН  $7,3 \pm 0,18$ .

#### **Озера Прудовиков (Грязное), Восьмерка и Дачное (рис. 4-6).**

Все три озера являются димиктическими, с устойчивой летней термической стратификацией (рис. 4). Термоклин в летний период располагается на глубине 2,0-2,5 м (оз. Дачное), 3,5-4,0 м (оз. Восьмерка) и 2,5-3,0 м (оз. Прудовиков). Период осенней гомотермии охватывает октябрь и ноябрь. В подледный период во всех озерах формируется обратная термическая стратификация, как это характерно для всех замерзающих водоемов.



**Рис. 3. Сезонные изменения рН, Eh, T (°C) и концентрации растворенного кислорода (мг/л) в поверхностном (А) и придонном (Б) слоях воды оз. Б. Васильевское в 2013-2015 гг.**

Для придонного слоя в 2013 г. приведены средние значения для ст. 2 и 3, в 2014 и 2015 гг. – только для ст. 3

В безледный период в эпилимнионе трех озер вода имела слабощелочную-щелочную реакцию (рис. 5): рН 7,9 (КВ 3,5%) в оз. Дачное; 8,5 (КВ 9,7%) в оз. Восьмерка и 8,8 (КВ 6,5%) в оз. Прудовиков. В гиполимнионе в этот период рН воды была близкой к нейтральной: 7,4 (КВ 2,7%), 7,5 (КВ 3,8%) и 7,1 (КВ 7,6%) в оз. Дачное, Восьмерка и Прудовиков, соответственно. Локальные колебания рН в зоне хемоклина оз. Дачное, Восьмерка и, в меньшей степени, оз. Прудовиков обусловлены развитием плотных популяций фототрофных микроорганизмов (напр. развитием пурпурной серной бактерии *Chromatium okenii* в оз. Дачное, (Горбунов, Уманская, 2014)).

Во время летней температурной стратификации в гиполимнионе регистрирова-

лись восстановительные условия, причем глубина залегания окислительно-восстановительного перехода лежала в пределах термоклина (рис. 4, 5).

В условиях летней стратификации эпилимнион озер был хорошо аэрирован (рис. 6). В зоне металимниона содержание кислорода, как правило, резко снижалось, и в нижней части металимниона начинали обнаруживаться сульфиды и сероводород (рис. 6). Гиполимнион озер был полностью анаэробным, концентрация сульфидов в гиполимнионе достигала 91,2 мг/л, 20,0 мг/л, 19,1 мг/л в оз. Дачное, Восьмерка и Прудовиков, соответственно. Во время периодов перемешивания происходило насыщение кислородом гиполимниона вплоть до придонного слоя воды, сульфиды при этом практически исчезали из водной толщи, и во всем столбе воды регистрировались окислительные условия (рис. 4-6).

**Таблица 2**

**Изменения уровня минерализации (мг/л) на основных станциях отбора проб в исследованных озерах в 2013-2014 гг.**

<i>Озеро</i>	<i>Б. Васильевское</i>			<i>Восьмерка</i>	<i>Прудовиков</i>	<i>Дачное</i>
<i>Станция</i>	<i>ст. 1</i>	<i>ст. 2</i>	<i>ст. 3</i>	<i>ст. 1</i>	<i>ст. 1</i>	<i>ст. 1</i>
	<b>пов.</b>					
<b>18.06.2013</b>	724	292	297	605	377	–
<b>24.07.2013</b>	247	300	298	618	341	–
<b>03.09.2013</b>	246	233	235	577	357	–
<b>17.10.2013</b>	398	370	347	686	469	–
<b>19.02.2014</b>	421	424	407	696	–	–
<b>21.03.2014</b>	370	391	378	–	–	–
<b>23.04.2014</b>	324	380	384	673	380	–
<b>19.05.2014</b>	401	400	347	812	404	1001
<b>22.07.2014</b>	405	427	419	779	432	1061
<b>08.09.2014</b>	412	409	411	758	442	1056
<b>12.11.2014</b>	432	407	407	654	467	846
	<b>дно</b>					
<b>18.06.2013</b>	–	–	–	802	682	–
<b>24.07.2013</b>	–	–	315	831	808	–
<b>03.09.2013</b>	–	237	296	813	908	–
<b>17.10.2013</b>	–	362	344	763	465	–
<b>19.02.2014</b>	–	–	427	727	–	–
<b>21.03.2014</b>	–	–	458	–	–	–
<b>23.04.2014</b>	–	–	394	822	399	–
<b>19.05.2014</b>	–	–	399	879	750	966
<b>22.07.2014</b>	–	–	415	885	1094	914
<b>08.09.2014</b>	–	–	417	1005	1025	975
<b>12.11.2014</b>	–	–	401	647	489	789

**Минерализация и содержание главных ионов в 2013-2014 гг.**

**оз. Б. Васильевское (табл. 2, 3).**

По соотношению главных ионов вода в озере имела содовый,  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  тип минерализации, с уровнем общей минерализации в пределах 240-430 мг/л. Исключе-

ние составила единственная проба на ст.1 (июнь 2013 г.), на которой был зарегистрирован Cl-Na тип и минерализация 724 мг/л. Вероятно, это было связано с кратковременным, возможно, аварийным, локальным сбросом высокоминерализованных, обогащенных хлоридными солями щелочных металлов, вод с очистных сооружений ВАЗа. Уже через месяц состав ионов и уровень минерализации на этой станции вернулся к обычным показателям, и в дальнейшем за весь период наблюдений никаких локальных изменений химического состава воды в озере не было зарегистрировано.

В озере отмечена слабовыраженная тенденция к увеличению уровня минерализации от вскрытия ледового покрова к моменту ледостава, без существенных сезонных изменений в соотношении основных ионов. В среднем, уровень минерализации воды в 2014 г. был несколько выше, чем в 2013 г., без изменения ее типа, который оставался содовым (HCO<sub>3</sub>-Na) в оба года исследований.

**оз. Прудовиков (Грязное) (табл. 2, 3).**

Так же как в оз. Б. Васильевское, в этом озере вода имела HCO<sub>3</sub>-Na тип минерализации. Минерализация эпилимниона составляла 350-500 мг/л, в металимнионе она увеличивалась и в придонном слое достигала 700-1100 мг/л. Мы связываем повышенную минерализацию придонного слоя озера с поступлением подземных вод с территории соседнего золоотвала (бывшего оз. Шламонакопительное). Во время периодов перемешивания в озере происходило выравнивание минерализации во всем столбе воды. В период летней стратификации 2014 г. уровень минерализации всей водной толщи был несколько выше, чем в аналогичный период 2013 г.

**Таблица 3**

**Общая минерализация и ионный состав (экв-%) воды в исследованных озерах в 2013 и 2014 гг.**

Озеро	Период	Горизонт	Сумма ионов, мг/л	Ионный состав, экв-%					
				Ca	Mg	Na+K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl
Большое Васильевское	ст.1, июнь 2013	пов	724	6,2	13,3	<b>80,6</b>	20,9	5,0	<b>74,1</b>
	2013*	инт	300 ± 51	16,1 ± 1,4	31,5 ± 4,3	<b>52,4 ± 4,2</b>	<b>50,5 ± 5,9</b>	17,6 ± 4,6	31,9 ± 6,3
	2014	инт	404 ± 25	20,2 ± 8,5	28,6 ± 2,4	<b>51,2 ± 9,1</b>	<b>56,6 ± 8,1</b>	18,4 ± 6,0	25,0 ± 9,4
Восьмерка	2013	пов	621 ± 46	24,7 ± 6,2	16,8 ± 1,2	<b>58,5 ± 6,0</b>	24,9 ± 6,1	<b>45,8 ± 10,3</b>	29,3 ± 6,4
		дно	802 ± 29	32,9 ± 4,9	15,4 ± 1,2	<b>51,7 ± 5,5</b>	32,8 ± 4,5	<b>40,6 ± 2,7</b>	26,6 ± 4,6
	2014	пов	729 ± 63	26,3 ± 7,3	14,7 ± 2,2	<b>59,0 ± 7,6</b>	27,6 ± 6,7	<b>45,0 ± 8,7</b>	27,4 ± 9,5
		дно	827 ± 127	34,3 ± 3,3	11,6 ± 3,7	<b>54,0 ± 3,5</b>	36,2 ± 7,0	<b>39,5 ± 10,5</b>	24,3 ± 8,6
Прудовиков	2013	пов	386 ± 57	17,2 ± 2,7	29,2 ± 4,3	<b>53,6 ± 3,5</b>	<b>53,2 ± 5,1</b>	16,9 ± 4,1	29,9 ± 6,6
		дно	716 ± 191	26,2 ± 5,6	21,8 ± 1,9	<b>52,0 ± 4,0</b>	<b>68,3 ± 9,8</b>	10,0 ± 4,9	21,7 ± 6,5
	2014	пов	425 ± 34	17,5 ± 4,8	25,6 ± 1,4	<b>56,9 ± 4,3</b>	<b>52,4 ± 6,0</b>	15,2 ± 5,9	32,5 ± 2,7
		дно	678 ± 301	29,0 ± 7,1	17,4 ± 7,4	<b>53,6 ± 4,3</b>	<b>67,4 ± 8,4</b>	11,4 ± 5,3	21,2 ± 8,5
Дачное	2014	пов	991 ± 101	<b>42,7 ± 5,0</b>	11,0 ± 2,0	<b>43,1 ± 6,6</b>	<b>36,9 ± 4,0</b>	<b>38,0 ± 5,4</b>	25,1 ± 1,9
		дно	911 ± 86	<b>50,1 ± 3,4</b>	11,4 ± 2,8	<b>38,4 ± 5,7</b>	<b>40,9 ± 7,6</b>	<b>34,7 ± 8,0</b>	24,4 ± 1,9

*Примечание.* \* – без учета данных для ст. 1 в июне 2013 г.; в таблице приведено среднее значение ± стандартное отклонение.

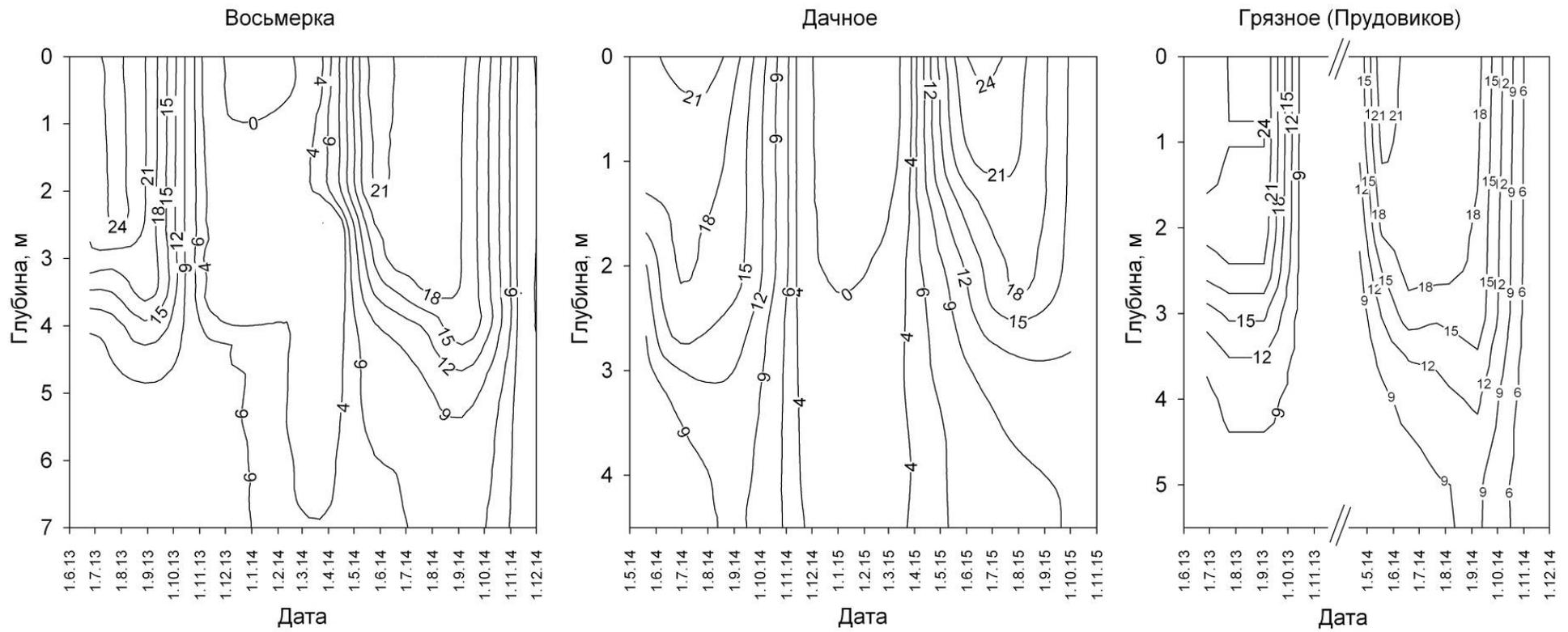
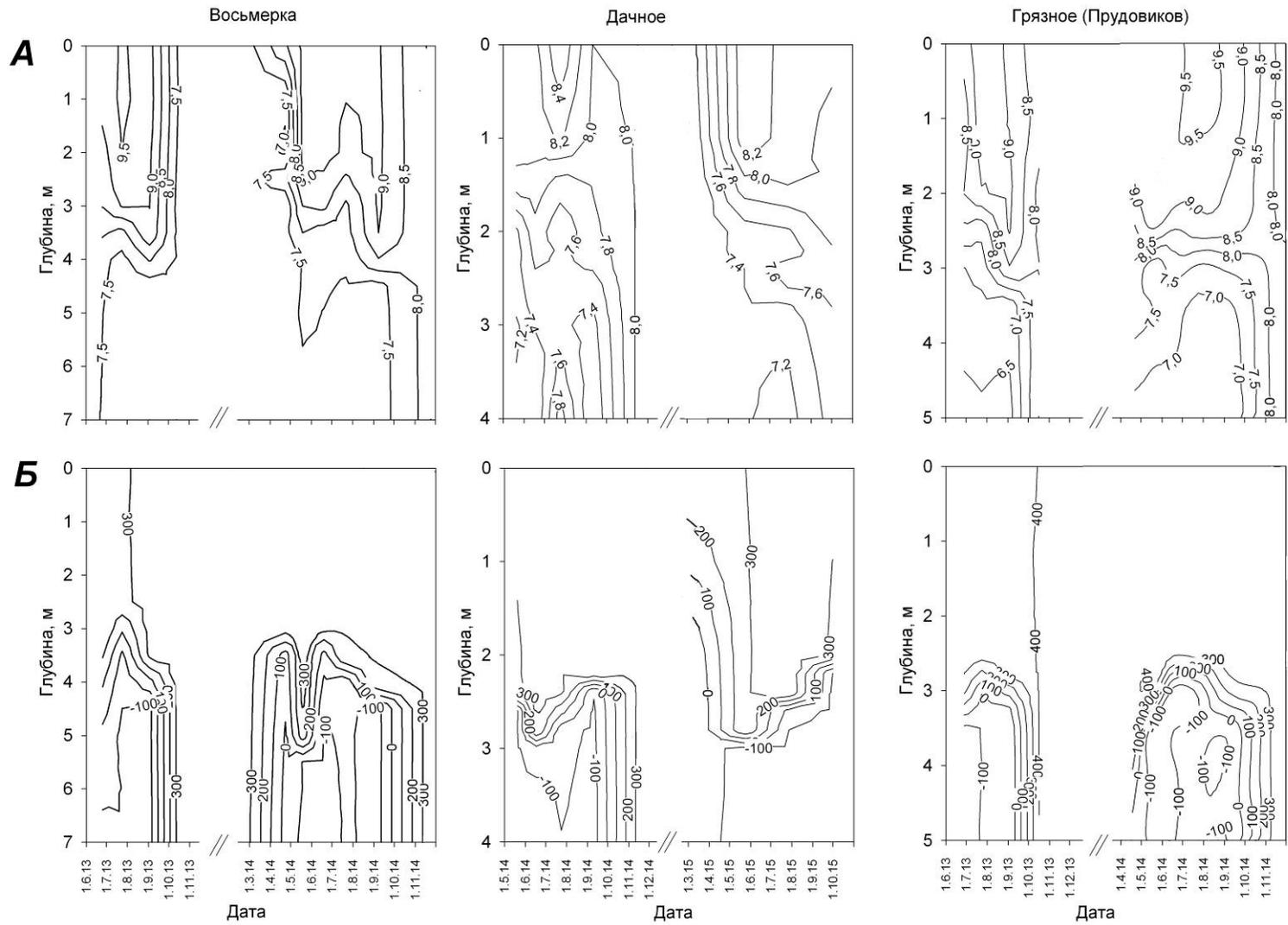


Рис. 4. Температурный режим озер Восьмерка, Дачное и Прудовиков (Грязное) в 2013-2015 гг.



**Рис. 5.** Изменения активной реакции среды (рН, А) и окислительно-восстановительного потенциала (Еh, Б) в водной толще исследованных озер в 2013-2015 гг.

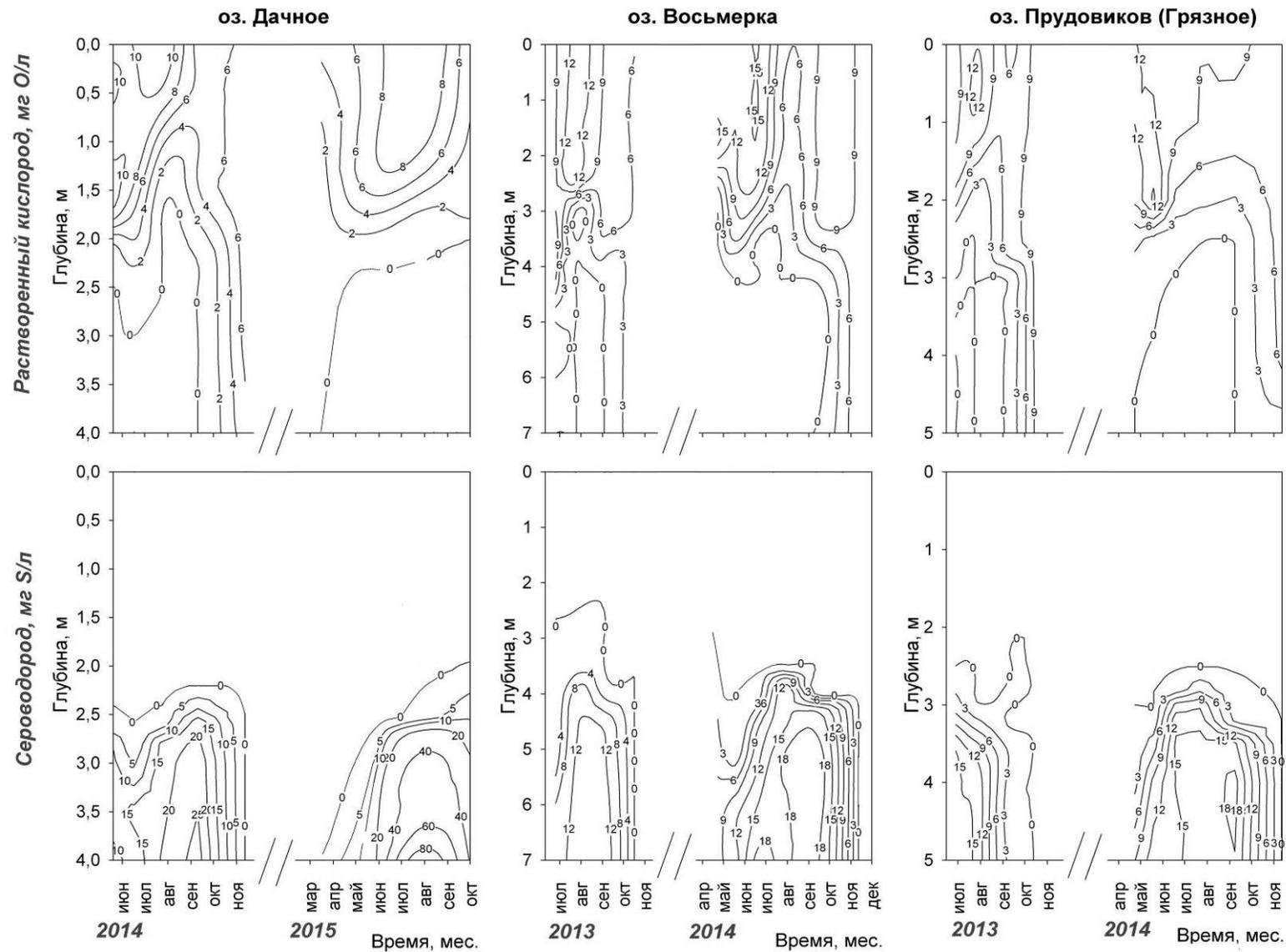


Рис. 6. Газовый режим: концентрации кислорода и сероводорода в водной толще исследованных озер в 2013-2015 гг.

### Оз. Восьмерка (табл. 2, 3).

В отличие от двух вышеописанных озер оз. Восьмерка имело более высокую минерализацию воды, несколько возрастающую с увеличением глубины, натрий-сульфатного типа ( $\text{SO}_4\text{-Na}$ ). Возможно, такой тип минерализации связан с инфильтрацией из соседних озер, включая техногенное оз. Отстойник. Четко выраженных сезонных изменений минерализации как в озере в целом, так и в его отдельных горизонтах не выявлено. В 2014 г., по сравнению с 2013 г., уровень минерализации в озере в целом несколько увеличился, при этом разница между эпилимнионом и придонным слоем снизилось.

### Оз. Дачное (табл. 2, 3).

Исследование основного ионного состава этого водоема проводили только в безледный период 2014 г. Это наиболее минерализованное озеро из всех исследованных и, в отличие от всех остальных, минерализация в нем снижалась от поверхности ко дну, образуя небольшой промежуточный максимум в диапазоне глубин 2-2,5 м, наиболее выраженный в период летней термической стратификации. Такая обратная стратификация по минерализации очень необычна. Для озера характерно повышенное молярное содержание ионов кальция и натрия, сульфатов и гидрокарбонатов, соотношение которых сильно варьировало в зависимости от даты и глубины отбора проб. В большинстве случаев в пробах из эпилимниона незначительно преобладали ионы  $\text{Na}$  и  $\text{SO}_4$ , в мета- и гипolimнионе – ионы  $\text{Ca}$  и  $\text{HCO}_3$ . Молярные концентрации ионов  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Cl}^-$  были относительно низкими и мало изменялись в течение всего периода наблюдений. Переменный тип минерализации в этом небольшом по площади озере, вероятно, зависит от меняющегося соотношения поверхностного стока, атмосферных осадков и подземного питания.

По сравнению с 1990-ми годами (Номоконова и др., 2001) в Васильевских озерах наблюдается значительный рост уровня минерализации. В соответствии с классификацией В.Д. Романенко (Романенко и др., 1990) вся водная толща оз. Б. Васильевское и поверхностный слой оз. Прудовиков относятся к гипогалинному типу; придонный слой оз. Прудовиков и оз. Восьмерка – к олигогалинному. Уровень минерализации оз. Дачное колеблется между олиго- и мезогалинными типами, соответственно, это озеро находится на границе между пресными и солоноватыми водами.

Представленные результаты исследований 2013-2015 гг. позволили определить современные характеристики гидрохимического режима четырех озер из системы Васильевских озер и оценить степень и направления их антропогенной трансформации за период с начала 1990-х гг.

Во всех четырех озерах произошло значительное увеличение общей минерализации воды, причем, все четыре озера в настоящее время имеют нехарактерный для естественных озер региона тип минерализации, в то время как в начале 1990-х в них отмечался типичный гидрокарбонатно-кальциевый тип.

Обращают на себя внимание аномально высокие летние величины активной реакции воды в озерах Б. Васильевское и Прудовиков. Они отражают очень высокий уровень развития фитопланктона (цветение воды) (Горбунов и др., 2014). Высокая щелочность воды приводит к осаждению  $\text{CaCO}_3$  из водной толщи в донные отложения, что может объяснить переход этих двух озер из  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  к  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  типу минерализации. Однако увеличение общей минерализации имеет, очевидно, иные причины.

Таблица 4

**Сравнительная характеристика исследованных озер по физико-химическим показателям поверхностного слоя воды в периоды с мая по октябрь в 2013-2015 гг.**

Показатель	Год	Озеро			
		Б. Васильевское	Прудовиков	Восьмерка	Дачное
pH	2013	$\frac{9,92}{9,10-10,98}$	$\frac{8,78}{8,10-9,37}$	$\frac{8,82}{7,38-9,58}$	–
	2014	$\frac{9,41}{8,02-10,21}$	$\frac{9,45}{9,36-9,59}$	$\frac{9,14}{9,05-9,28}$	$\frac{8,23}{8,00-8,58}$
	2015	$\frac{9,81}{9,16-10,86}$	–	–	$\frac{8,18}{8,06-8,36}$
Eh	2013	$\frac{315}{259-377}$	$\frac{370}{338-404}$	$\frac{310}{272-348}$	–
	2014	$\frac{302}{255-380}$	$\frac{345}{328-368}$	$\frac{292}{276-321}$	$\frac{351}{308-391}$
	2015	$\frac{341}{271-417}$	–	–	$\frac{322}{300-348}$
O <sub>2</sub> , мг/л	2013	$\frac{11,22}{7,06-29,33}$	$\frac{9,35}{6,18-11,72}$	$\frac{9,15}{6,15-12,86}$	–
	2014	$\frac{9,95}{6,66-13,60}$	$\frac{10,10}{9,04-11,56}$	$\frac{11,08}{8,17-15,18}$	$\frac{9,07}{5,26-11,3}$
	2015	$\frac{10,18}{8,84-11,22}$	–	–	$\frac{7,19}{4,28-10,00}$
O <sub>2</sub> , %	2013	$\frac{126}{65-264}$	$\frac{103}{74-140}$	$\frac{102}{52-155}$	–
	2014	$\frac{109}{75-153}$	$\frac{114}{102-137}$	$\frac{124}{89-171}$	$\frac{103}{55-133}$
	2015	$\frac{123}{97-151}$	–	–	$\frac{81}{42-117}$

*Примечание.* Над чертой – среднее значение, под чертой – минимальное и максимальное значение.

Три озера – Прудовиков, Восьмерка и Дачное – по данным наших исследований устойчиво стратифицированы в летний период, причем гипolimнион всех трех озер анаэробен и содержит высокие концентрации сульфидов. В публикациях по результатам исследований начала 1990-х гг. сероводородное заражение придонных вод этих озер не отмечалось, и поэтому вероятно, что либо степень устойчивости стратификации, либо скорость потребления кислорода и деструкции органического вещества в донных осадках и придонных слоях озер значительно увеличилась с того времени.

Крайне необычной является обратная стратификация по минерализации в оз. Дачное. В период температурной стратификации она может стабилизироваться градиентом температуры, однако причины ее сохранения во время гомотермии, в ноябре (табл. 2), пока остаются совершенно неясными.

В целом, представленные данные показывают, что, несмотря на значительное сокращение техногенного воздействия на водосборные территории водоемов, можно констатировать продолжение изменений, связанных с антропогенным воздействием на экосистемы озер.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Горбунов М.Ю., Уманская М.В., Краснова Е.С.** Современное экологическое состояние озера Большое Васильевское // Изв. Самар. НЦ РАН. 2014. Т. 16, № 1. С.183-187. – **Горбунов М.Ю., Уманская М.В.** Массовое развитие пурпурной серной бактерии *Chromatium okenii* (Ehrb. 1838) Perty 1852 в небольшом городском озере Дачное (г. Тольятти, Самарская область) // Изв. Самар. НЦ РАН. 2014. Т. 16, № 5 (5). С.1722-1726.

**Изменение структуры** экосистем озер в условиях возрастающей биогенной нагрузки / Под ред. В.Г. Дрabbковой. Л.: Наука. 1988. 311 с.

**Новиков Ю. В., Ласточкина К. О., Болдина З. Н.** Методы исследования качества воды водоемов. М.: Медицина, 1990. 400 с. – **Номоконова В.И., Выхристюк Л.А., Тарасова Н.Г.** Трофический статус васильевских озер в окрестностях г. Тольятти // Изв. Самар. НЦ РАН. 2001. Т. 3, № 2. С. 274-283.

**Романенко В.Д., Оксийок О.А., Жукинский В.Н., Стольберг Ф.В., Лаврик В.И.** Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты. Киев: Наук. думка, 1990. 256 с.

**Унифицированные методы** анализа вод / Под ред. Ю.Ю. Лурье. М.: Химия, 1973. 376 с.

**Экологический паспорт** городского водоема. Озеро Сормовское / Горин В.Н., Лукичев Д.Б., Гелашвили Д.Б. и др. Н. Новгород, 1997. 52 с. – **Экология города** Казани / Под ред. Н.М. Мингазовой, Н.П. Торсуева, В.З. Латыповой, В.А. Бойко. Казань: Фолиант, 2005. 527 с.