

Результаты гидрохимического мониторинга озера Ханка в 2016–2018 годах

МАТВЕЕВ В.И., КУРНОСОВА (ВАЖОВА) А.С., КАТАЙКИНА О.И.

Тихоокеанский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
(Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»))
vladimir.matveev@tinro-center.ru

Аннотация. Представлены результаты гидрохимических исследований озера Ханка в 2016–2018 гг. В 2015–2016 гг. съемки проводились в период максимального уровня озера. С 2017 г. наблюдалось снижение его уровня. Пространственное распределение температуры воды в целом не менялось из года в год, но при этом изменялись значения температуры. Так, температура воды в 2018 г. в течение всего сезона была выше на 1–2°. Содержание питательных веществ и растворенного кислорода во многом зависело от стока бытовых отходов пос. Камень-Рыболов, стока вод с рисовых чеков, от интенсивности стока впадающих в озеро рек и производственных процессов. Цветение фитопланктона происходило даже зимой подо льдом, что подтверждалось высоким содержанием растворенного кислорода (до 180 %) под слоем льда. Вместе с тем содержание кислорода зимой в 2016 г., когда уровень озера был самым высоким, было несколько ниже, чем в последующие годы. Подобные межгодовые изменения отмечались и в колебаниях концентрации кремния. Зимой биологическое потребление кислорода (БПК₅) также было высоким (6.53 мл/л), что указывало на активное разрушение органических веществ. Питательные вещества меняли свое соотношение в течение года из-за различных источников их поступления в определенные сезоны. Но в целом их значения и соотношение не имели значительных межгодовых колебаний. Наибольшие концентрации минерального азота и фосфора наблюдались осенью, вероятно, из-за сброса воды с рисовых плантаций. Сделан вывод о том, что высокие значения концентрации питательных веществ, БПК₅ и содержания взвешенных веществ характерны для озера Ханка и не были обусловлены повышением его уровня.

Ключевые слова: озеро Ханка, биогенные элементы, растворенный кислород, предельно допустимая концентрация.

Results of monitoring of Lake Khanka in 2016–2018

MATVEEV V.I., KURNOSOVA (VAZHOVA) A.S., KATAYKINA O.I.

Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Pacific branch (TINRO)
vladimir.matveev@tinro-center.ru

Abstract. The results of the hydrochemical investigations of the Lake Khanka in 2016–2018 are presented. In 2015–2016, the surveys were carried out in the period of maximum level of the Lake. From 2017, its level recession was observed. The spatial distribution of the water temperature has generally remained the same each and every year but, at that time, the temperature values have changed. So, for example, the water temperature for the entire length of season in 2018 was higher by 1–2°. The content of nutrients and dissolved oxygen has largely depended on the household waste flow of the Kamen-Rybolov settlement, water flows from the rice checks as well as on flow intensity of the rivers falling into the Lake and production processes. The phytoplankton bloom was observed even in winter under the ice which was confirmed by the high content of the dissolved oxygen (up to 180%) under the ice layer. At the same

time, in winter of 2016 when the Lake level was highest the content of oxygen was slightly lower than in the subsequent years. The similar interannual changes were also noted in the silicon concentrations. In winter, the biological oxygen demand (BOD₅) was also high (6.53 ml/l), which has pointed to the active destruction of the organic matter. The nutrients have changed their proportions throughout the year due to different sources of their entry during particular seasons. However, their values and proportions had basically no considerable interannual fluctuations. The highest concentrations of the mineral nitrogen and phosphorus were observed in autumn, probably, due to water discharge from the rice paddies. The conclusion was drawn that the high concentrations of nutrients, BOD₅ and content of the suspended substances are characteristic of the Lake Khanka and were not caused by rise in its level.

Keywords: Lake Khanka, nutrients, dissolved oxygen, maximum allowable concentration.

Введение

Озеро является самым большим пресноводным водоемом на Дальнем Востоке. Площадь поверхности воды непостоянна, она меняется в зависимости от климатических условий и в максимуме достигает 5010 км², а минимальное ее значение составляет 3940 км². Длина озера – около 90 км, наибольшая ширина – 67 км. В озеро Ханка впадает 24 реки, вытекает же только одна – Сунгача, которая соединяет его с р. Уссури, а та, в свою очередь, с р. Амур. Озеро Ханка является мелким водоемом со средней глубиной 4.5 м и преобладающими глубинами 1–3 м, наибольшая глубина составляет 10.6 м. В среднем сток в озеро равен 1.94 км³ за год, из озера – приблизительно 1.85 км³. Циклические колебания уровня воды в озере определяют биологическую емкость угодий, состав и численность населяющих его животных. Продолжительность периода между пиком уровня воды и его наименьшей отметкой, после которой начинается новый подъем, составляет 12–13 лет [1]. Высшие уровни наблюдаются на Ханке осенью, а также часто отмечаются сгонно-нагонные явления [2].

Связь запасов рыб с высотой уровня воды положительная [3]. Озеро богато рыбой, запасы которой сильно меняются в зависимости от уровня обводнения.

Последние систематические наблюдения за экологическим состоянием озера были проведены в 1991–1993 гг. с использованием оптических и люминесцентных методов [4]. Обзор загрязнения вод озера Ханка в 2001–2002 гг. размещен на сайте <https://primrogoda.ru/> [5].

Использование озера и территории его бассейна в рекреационном и рыбопромышленном направлениях приобрели в последние годы особую остроту в связи с тем, что здесь впервые в практике России начали раздаваться бесплатные гектары. Вероятно, они будут использоваться как для строительства и расширения баз отдыха, так и для развития сельского хозяйства (животноводства и растениеводства). Это в значительной мере будет влиять на экологическое состояние озера. В связи с этим чрезвычайно актуально для контроля качества воды в озере проводить систематические наблюдения за ее гидрохимическим составом.

Цель настоящей работы – оценить современное экологическое состояние озера Ханка по таким гидрохимическим показателям, как растворенный кислород, биохимическое потребление кислорода (БПК₅), фосфаты, силикаты, нитраты, нитриты, аммонийный азот, рН, общее железо, взвешенные вещества (ВВ).

Материал и методика

Лаборатория промышленной океанографии Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») начала исследования озера Ханка в декабре 2015 г. и проводит ежегодно. В настоящей работе использованы данные наблюдений за 2016–2018 гг. по 109 гидрологическим станциям. Сбор гидрологической информации осуществлялся с помощью гидрологического зонда ASTD102-ALC-R02 в автономном режиме. Связь с зондом и выгрузка данных, перевод входных данных в физические величины осуществлялись с

использованием программных пакетов, прилагаемых к зонду. Зимой (декабрь, февраль 2015–2019 гг.) работы выполнялись со льда. В 2016 г. в теплое время года они производились с мотобота на реперном разрезе, расположенном вблизи континентальной НИС, а с 2017 г. в теплое время года проводилась съемка южной части озера (рис. 1).

Пробы воды отбирались с поверхности, разливались в полиэтиленовые банки емкостью 0.5 л. Транспортировались в лабораторию в холодильных ящиках при температуре не выше +4 градусов для дальнейших исследований. Аналитическая работа проводилась в лаборатории промышленной океанографии Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). Для химического анализа проб воды на содержание биогенных элементов были использованы аттестованные методики ВНИРО [6]. В целом об объеме использованного материала можно судить по табл. 1.

Рис. 1. Схема гидрологических станций и осредненное за 2016–2018 гг. вертикальное распределение температуры воды в озере Ханка в различные месяцы

Fig. 1. Diagram of hydrological stations and vertical distribution of water temperature in Lake Khanka in different months

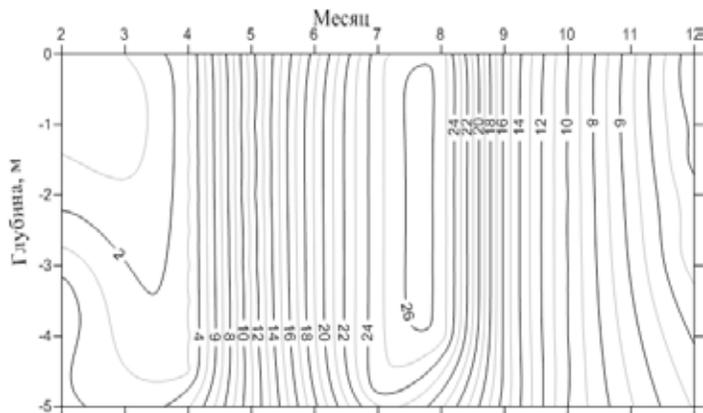


Таблица 1

Объем собранной информации об экологическом состоянии озера Ханка в 2015–2019 гг. (количество станций)

Table 1. The amount of information collected on the ecological status of Lake Khanka in 2015–2019

| Год | Янв. | Февр. | Март | Апр. | Май | Июнь | Июль | Авг. | Сент. | Окт. | Нояб. | Дек. | Всего |
|-------|------|-------|------|------|-----|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|
| 2015 | | | | | | | | | | | | 4 | 4 |
| 2016 | | 4 | | 5 | 7 | | 7 | | 5 | | | 4 | 32 |
| 2017 | | 4 | | | 16 | | 15 | | 12 | | | | 47 |
| 2018 | | 3 | | | 9 | | 9 | | | 5 | | | 26 |
| Всего | | 11 | | 5 | 32 | | 31 | | 17 | 5 | | 8 | 109 |

При дальнейшей обработке и построении рисунков и графиков использовались программы Excel – 2003, Ocean Data View [7].

Результаты и обсуждение

Температура воды. Зимой температура воды под слоем льда в озере Ханка составляла около 0°. С глубиной температура воды равномерно увеличивалась и на глубине 3.5 м в декабре составляла 3.99°, а в феврале – 4.04°. Такая ситуация объясняется тем, что максимальная плотность пресной воды отмечается при температуре 4.0°.

После освобождения озера ото льда вертикальное распределение температуры становится однородным. Ее значения практически не изменяются с глубиной. На поверхности температура воды составляет 4.93° , а у дна – 4.92° . Такое однородное распределение температуры наблюдается весь теплый период года. Рост температуры воды после освобождения ото льда происходит достаточно интенсивно. Так, с апреля до мая ее значения возрастают на 8° , а с мая по июль на 10° .

Максимальная температура воды в озере наблюдается в июле–августе и составляет $26\text{--}27^{\circ}$, но уже в сентябре температура воды почти на 8° ниже, чем в августе. Таким образом, прогрев вод озера Ханка и их выхолаживание происходит практически одинаково – на $2\text{--}3^{\circ}$ в декаду (рис. 1). При этом интенсивность этого процесса одинакова во всем слое. Такая ситуация обусловлена следующим обстоятельством. Большая поверхность озера позволяет беспрепятственно работать ветрам различного направления, что характерно для весны и осени, когда происходит смена зимней атмосферной циркуляции на летнюю и наоборот. Малая глубина озера приводит к тому, что вертикальное перемешивание наблюдается до дна.

Весной прогрев вод раньше начинается у берегов. Так, в мае температура воды на поверхности довольно равномерно увеличивалась от 11° в центральной части исследуемого района до $12.5\text{--}13.25^{\circ}$ к береговым точкам. Летом поле температуры воды на поверхности озера Ханка довольно равномерное – температура воды изменялась от 25.75 до 26.5° в юго-восточном направлении. Осенью выхолаживание раньше происходит у берегов и распределение температуры воды на поверхности противоположно весеннему. У берегов температура воды в сентябре составляла 17° , постепенно увеличиваясь до 18.5° в центральной части.

Гидрохимические исследования. Сезонное распределение растворенного кислорода хорошо согласуется с изменениями температуры вод – чем выше температура, тем ниже содержание кислорода. Наиболее высокие концентрации растворенного кислорода закономерно отмечались зимой – в декабре и феврале. С одной стороны, это связано с низкими температурами воды, а с другой – с массовым развитием фитопланктона, которое отмечается из-за высокой прозрачности ледового покрова в озере. Во время проведения наших работ зимой относительное его содержание в некоторых случаях достигало 170 %. Среднее содержание растворенного кислорода в феврале составляло 14.5 мл/л при 125 % насыщения. Только в период максимального уровня озера зимой 2015/16 г. отмечалось пониженное содержание растворенного кислорода (12.84 мл/л), силикатов (48.8 мкМ/л) и нитратов (4.61 мкМ/л) относительно зимних исследований в 2017–2018 гг. Существенных межгодовых изменений концентрации фосфатов не наблюдалось. Причем зимой, скорее всего, развиваются диатомовые водоросли, о чем свидетельствуют высокое содержание

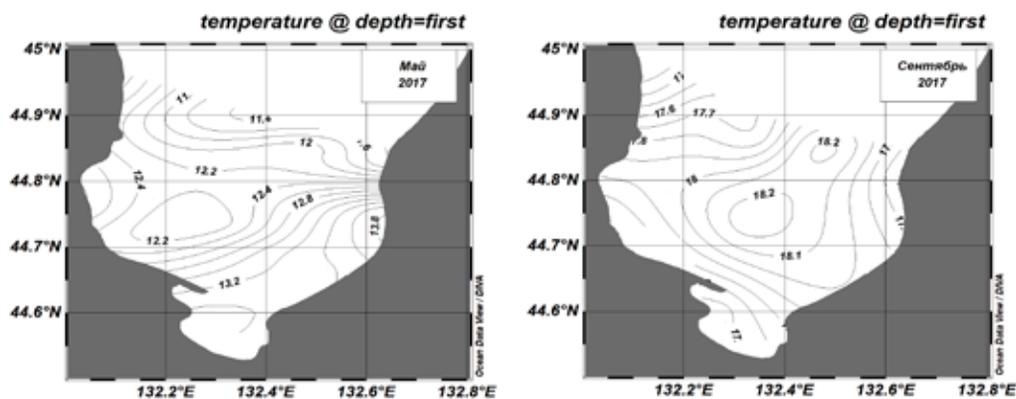


Рис. 2. Распределение температуры воды на поверхности в мае и сентябре 2017 г.

Fig. 2. Distribution of water temperature on the surface in May and September 2017

фосфатов, нитратов и низкие концентрации кремния, который при развитии диатомовых активно потребляется (рис. 2).

С прогревом вод концентрация растворенного кислорода начинает снижаться. Так, в апреле она составляла в среднем 10.1 мл/л при насыщенности 110 %, а минимальное абсолютное и относительное содержание кислорода отмечалось в июле–августе (5.8 мл/л при 98–101 %). С сентября по февраль наблюдалось увеличение его содержания в воде (рис. 3).

Внутригодовые изменения концентрации кремния хорошо согласуются с изменениями растворенного кислорода и БПК₅. Так, с мая по сентябрь, когда относительное содержание растворенного кислорода составляло 100–110 %, концентрация кремния увеличивалась до 110 мкМ/л. При этом значения БПК₅ были наименьшими в сезонном ходе (~2.5 мл/л). В целом внутригодовые изменения концентраций биогенных элементов имели схожий характер. Наиболее низкие концентрации фосфатов, нитратов так же, как и силикатов, отмечались в апреле. В июле концентрация фосфатов и кремния практически не изменялась, но довольно существенно уменьшалось содержание нитратов в 2017 и 2018 гг. (рис. 3). При этом отмечалось повышение концентрации растворенного железа (рис. 4).

Понижение относительного и абсолютного содержания растворенного кислорода в июле обусловлено, с одной стороны, высокой температурой воды, а с другой – деструкцией органического материала. Процесс регенерации при таких температурах происходит довольно быстро (5–8 дней). Это обстоятельство и определяет высокую концентрацию биогенных веществ в течение летнего периода.

Уменьшение относительного содержания растворенного кисло-

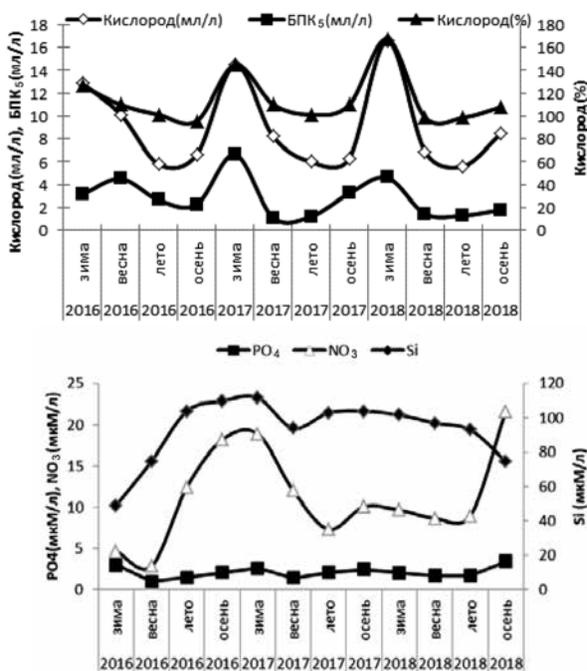


Рис. 3. Сезонный ход абсолютного (мл/л) и относительного (%) содержания растворенного кислорода и БПК₅ (мл/л, слева) и биогенных веществ (справа) в озере Ханка на поверхности
Fig. 3. Seasonal flow of dissolved oxygen and BOD₅ (right) and nutrients (left) in Lake Khanka on the surface

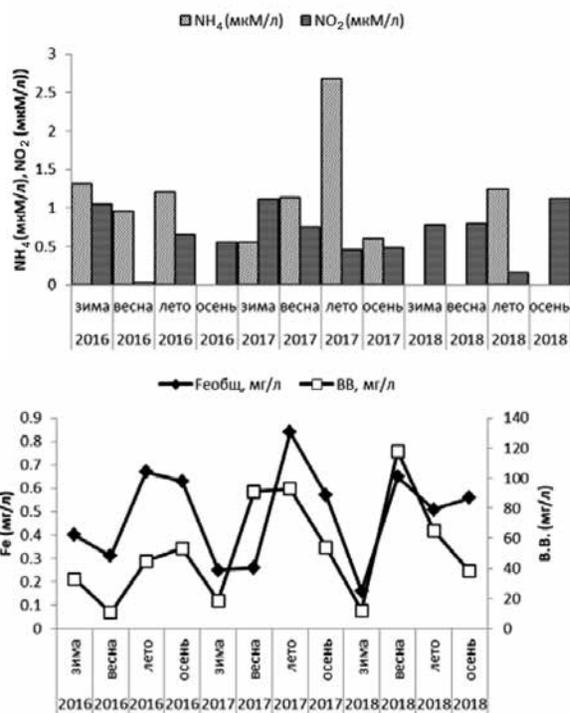


Рис. 4. Сезонный ход нитритов и аммония (слева); железа и взвешенных веществ (справа) в озере Ханка на поверхности
Fig. 4. Seasonal flow of nitrites and ammonium (left) and iron and suspended matter (right) in Lake Khanka on the surface

рода от зимы к весне, вероятно, связано с эвазией его в атмосферу, а не с уменьшением интенсивности фотосинтеза. Увеличение концентрации кремния летом (до 104 мкМ/л), вероятно, обусловлено снижением продуцирования диатомовых водорослей [8] и, соответственно, слабым потреблением кремния. При этом летом увеличивается число синезеленых и зеленых водорослей [8], которым кремний не так необходим, как диатомовым. Другой причиной повышения концентрации кремния летом может служить увеличение стока впадающих рек.

Резкое увеличение концентрации всех биогенных элементов наблюдалось с августа по октябрь. Так, в мае концентрация фосфатов составляла в среднем 1.5 мкМ/л, нитратов – в среднем 8.0 мкМ/л, а во время стоков с рисовых плантаций (сентябрь–октябрь) их содержание возрастало до 3.0 мкМ/л и 21.5 мкМ/л соответственно.

В апреле концентрация нитритов была близка к аналитическому нулю (рис. 4), а уровень содержания аммонийного азота оставался на одном уровне в период с февраля по май. Максимальная концентрация аммонийного азота отмечалась летом (2.7 мкМ/л), что вероятно связано с затуханием продукционных процессов и более интенсивным разложением органического материала при высоких температурах. Этот факт подтверждается тем обстоятельством, что относительное содержание растворенного кислорода в июле составляет во всем слое воды 98–100 %.

Довольно существенно как в течение года, так и в межгодовом разрезе изменялась концентрация железа и взвешенных веществ. Наименьшее количество взвеси наблюдалось зимой, когда озеро было покрыто льдом, а максимальное – летом (рис. 4).

В период максимального уровня озера (2016 г.) отмечено пониженное содержание взвешенных веществ: зимой в 6 раз, весной в 9 раз, летом в 2 раза. Также отмечались низкие концентрации кремния (48.8 мкМ/л), нитратного азота (4.6 мкМ/л) и растворенного кислорода (12.8 мл/л, 123 %) зимой 2016 г. относительно зимних исследований в 2017–2018 гг., при этом содержание фосфатов было практически одинаковым. Уровень концентрации железа в рассматриваемые годы практически не менялся, отмечались только сезонные колебания. Наибольшее его количество отмечалось весной и летом.

По мере освобождения озера ото льда и прогрева вод абсолютное и относительное содержание кислорода снижалось. С одной стороны, это связано, как уже отмечалось, с эвазией в атмосферу, а с другой – с понижением растворимости кислорода при повышении температуры. При этом содержание биогенных элементов резко уменьшалось в апреле, а затем наблюдался его рост.

Увеличение концентрации питательных веществ может быть обусловлено речным стоком, т.к. в Ханку впадает 24 реки, которые в этот период тоже освобождаются ото льда.

Характер пространственного распределения растворенного кислорода с мая по июль существенно не изменялся. Для поля растворенного кислорода в этот период характерно увеличение его содержания от центральной части к периферии. Но при этом довольно значительно изменялось его относительное содержание. Так, если в мае относительное содержание растворенного кислорода в центральной части рассматриваемого района составляло 105 %, увеличиваясь к периферии до 115–120 %, то в июле его содержание изменялось от 90 до 110–115 % в том же направлении. В сентябре поле относительного содержания кислорода менялось на противоположное – отмечалось падение содержания кислорода от 122 % в центральной части до 110 % в периферийных областях (рис. 5). Такой характер распределения кислорода может быть обусловлен стоком бытовых отходов пос. Камень-Рыболов и стоком вод с рисовых чеков. Этот факт подтверждается увеличением концентрации всех биогенных элементов в центральной части. Так, в мае концентрация фосфатов здесь составляла более 2.5 мкМ/л, кремния – более 100 мкМ/л, нитратов – более 30 мкМ/л и железа – более 0.3 мг/л.

В целом концентрации биогенных веществ практически не менялись от месяца к месяцу, но структура полей изменялась, и весьма существенно. Так, если в мае рост их кон-

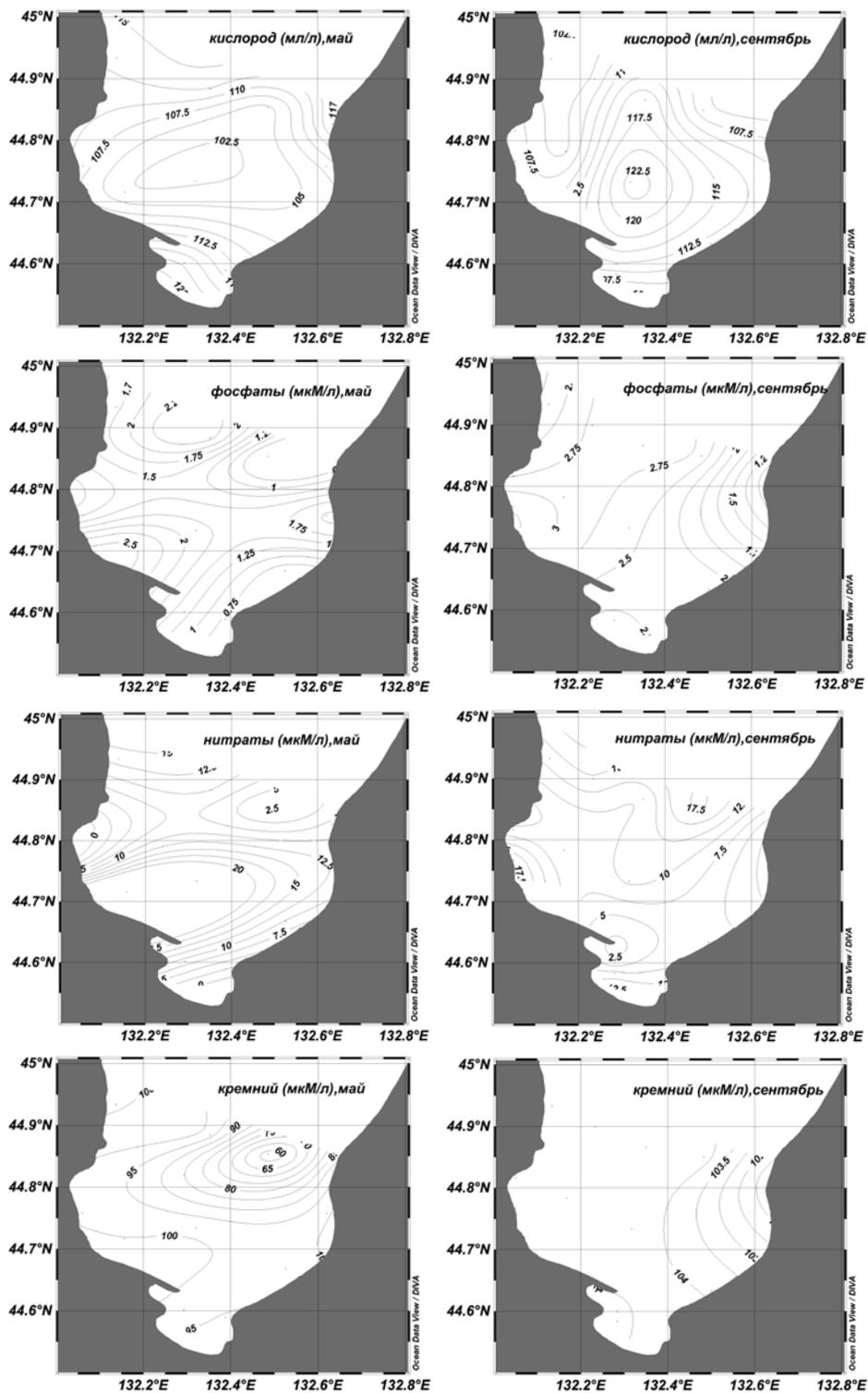


Рис. 5. Распределение гидрохимических элементов на поверхности в мае и сентябре 2017 г.

Fig. 5. Distribution of hydrochemical elements on the surface in May and September 2017

центрации происходил от периферии к центральной области, то в июле и сентябре их содержание увеличивалось в северо-западном направлении. Такой характер изменения всех рассмотренных питательных веществ говорит об одинаковом источнике их поступления в озеро Ханка.

Таким образом, проведенные гидрологические и гидрохимические исследования показали, что зимой температура воды равномерно растет с глубиной, а уровень концентрации биогенных веществ практически не изменяется в течение теплого периода. Отличительной особенностью озера являются интенсивные продукционные процессы, которые происходят под слоем льда.

Повышенное содержание элементов в воде озера Ханка в весенний период объясняется высоким содержанием в ней взвеси, которая попадает в озеро с речным стоком во время весеннего половодья. Процессы сорбции – десорбции элементов на поверхности взвешенных частиц в зависимости от гидрохимической ситуации обуславливают значительное увеличение их концентраций в воде.

В табл. 2 приведены осредненные данные за 2016 и 2018 гг., которые переведены в весовые единицы. Это обстоятельство обусловлено тем, что разработанные до настоящего времени уровни ПДК приводятся в весовых единицах [9]. Одной из главных проблем состояния вод озера, как указывалось ранее [5], является загрязнение биогенными веществами. По нашим данным, в 2016–2018 гг. основное наибольшее превышение ПДК наблюдалось лишь по железу (в 7 раз), взвешенным веществам (в 63 раз) и БПК₅ (в 1.5 раза). По соединениям азота и фосфора превышение ПДК не было выявлено (табл. 2).

Таблица 2

ПДК и концентрации стандартных гидрохимических (средние за 2016–2018 гг.) элементов в поверхностной воде озера Ханка, мг/л

Table 2. MPC and concentrations of standard hydrochemical elements in the surface water of Lake Khanka, mg / l

| Требования к составу водных объектов рыб хозяйственного значения | pH | O₂ | NO₃ | NO₂ | NH₄ | PO₄ | Si | Fe | БПК₅ | Взвешенные вещества |
|--|-----------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| | Ед. pH | мг/дм ³ | мг/дм ³ | мг/дм ³ | мг/дм ³ | мг/дм ³ | мг/дм ³ | мг/дм ³ | мг/дм ³ | мг/дм ³ |
| | 6.5–8.5 | 6.0/4.0 | 40 | 0.08 | 0.5 | 0.15 | 1 | 0.1 | 3.0 | 3.25 |
| Зима | 6.74 | 18.9 | 0.24 | 0.019 | 0.007 | 0.08 | 2 | 0.27 | 6.1 | 9.54 |
| Весна | 7.41 | 12.9 | 0.1 | 0.005 | 0.014 | 0.04 | 2.5 | 0.34 | 3.8 | 57.8 |
| Лето | 7.09 | 8.23 | 0.14 | 0.007 | 0.028 | 0.06 | 2.9 | 0.7 | 2 | 62.56 |
| Осень | 6.7 | 11.12 | 0.24 | 0.021 | 0.011 | 0.09 | 2.6 | 0.58 | 3 | 43.97 |

Заключение

В результате проведенных исследований показано, что зимой под слоем льда происходит интенсивное цветение фитопланктона. Летом, вероятно, отмечается смена видового состава фитопланктона. При этом уровень концентрации биогенных веществ практически не изменяется в течение теплого периода, но происходит их перераспределение.

В период максимального уровня озера (2016 г.) отмечено пониженное содержание взвешенных веществ: зимой в 6 раз, весной в 9 раз, летом в 2 раза. Также отмечались низкие концентрации кремния (48.8 мкМ/л), нитратного азота (4.6 мкМ/л) и растворенного кислорода (12.8 мл/л, 123 %) относительно зимних исследований в 2017–2018 гг., при этом содержание фосфатов было практически одинаковым. По другим элементам существенных изменений не обнаружено. В целом по измеряемым параметрам озеро относится к довольно чистым водоемам. Превышения ПДК обнаружено только по железу, взвеси, БПК₅. Однако представленные выводы следует считать предварительными и необходимо проводить дальнейшие исследования с целью выявления сезонной и межгодовой динамики изменения концентраций гидрохимических характеристик в воде озера Ханка, выявления

локальных источников загрязнения, прогноза экологической ситуации в этом важном рыбохозяйственном водоеме Дальневосточного региона.

Литература

1. Васьковский М.Г. Гидрологический режим оз. Ханка. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 176 с.
2. Апонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Щур Л.А., Филимонов В.С. Оценка экологической ситуации и качества воды дальневосточного озера Ханка оптическими методами // Гидробиол. журн. 1997. Т. 33, № 5. С. 54–63.
3. Пильщиков В.В. Пути увеличения вылова рыбы в озере Ханка // Рыбное хозяйство. 1983. № 9. С. 29–34.
4. Апонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Щур Л.А., Филимонов В.С., Назаров В.А. Современное состояние озера Ханка по некоторым гидробиологическим и гидрофизическим показателям // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 535–558.
5. Молокоедова Е.А. Экологическое состояние озера Ханка. [Электронный ресурс]. – https://primogoda.ru/news/ecology/ekologicheskoe_sostoyanie_ozera_hanka (дата обращения: 15.06.2020).
6. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. М.: ВНИРО, 2003. 201 с.
7. Schlitzer, Reiner, Ocean Data View, odv.awi.de, 2018.
8. Щур Л.А., Апонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Филимонов В.С., Назаров В.А. Бактерио- и фитопланктон озера Ханка (Приморский край) // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 569–589.
9. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: Изд-во ВНИРО, 1999. 304 с.

References

1. Vaskovsky, M.G. Hydrological regime of the Lake. Khanka. Hydrometeoizdat: Leningrad, Russia, 1978; 176 p. (In Russian)
2. Aponasenko, A.D., Lopatin, V. N., Shchur, L. A., Filimonov, V. S. Assessment of the ecological situation and water quality of the Far Eastern Lake Khanka by optical methods. *Hydrobiological J.* 1997, 33 (5), 54–63. (In Russian)
3. Pilschikov, V. V. Ways to increase fish catch in the Lake Khanka. *Fisheries.* 1983, 9, 29–34. (In Russian)
4. Aponasenko, A.D., Lopatin, V.N., Shchur, L.A., Filimonov, V.S., Nazarov, V.A. the Current state of lake Khanka according to some hydrobiological and hydrophysical indicators. *Proceedings of TINRO.* 2000, 127, 535–558. (In Russian)
5. Molokoedova, E.A Ecological status of the Lake Khanka. Available online. – https://primogoda.ru/news/ecology/ekologicheskoe_sostoyanie_ozera_hanka. (accessed on 15 June 2020). (In Russian)
6. Handbook for chemical analysis of marine and fresh waters in environmental monitoring of fisheries reservoirs and promising areas of the World ocean for fishing. Moscow: VNIRO, 2003. 201 p. (In Russian)
7. Schlitzer, Reiner, Ocean Data View, odv.awi.de, 2018.
8. Shchur, L. A., Aponasenko, A.D., Lopatin, V. N., Filimonov, V. S., Nazarov, V. A. Bacterio- and phytoplankton of Lake Khanka (Primorsky Krai). *Proceedings of TINRO.* 2000, 127, 569–589. (In Russian)
9. Check-list of the commercial fishing standards: maximum allowable concentrations (MAC) and approximately safe impact levels (ASIL) of hazardous substances for water of the water bodies being of the commercial fishing importance. Moscow: Publ. by VNIRO, 1999. 304 p. (In Russian)