

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА ХАНКА

Ж.А. Балонишникова¹, К.В. Цыценко¹, Л.С. Крамарева²

E-mail: jeannabalonishnikova@gmail.com

¹ ФГБУ «Государственный гидрологический институт»,

г. Санкт-Петербург, Россия

² Дальневосточный центр ФГБУ НИЦ «Планета», г. Хабаровск, Россия

АННОТАЦИЯ: Исследовано использование водных ресурсов бассейна оз. Ханка. Установлено, что как на российской части, так и на китайской территории бассейна оз. Ханка использование водных ресурсов определяется преимущественным развитием сельского хозяйства. Оценены площади орошаемых земель и объемы используемой для этих целей воды, влияние хозяйственной деятельности на уровень воды озера. На основе статистических данных, спутниковых снимков и опубликованных научных статей впервые выполнена оценка динамики орошаемых земель в бассейне оз. Ханка за период 1960–2015 гг. Анализ официальной информации и восстановленных экспертным путем данных по объемам водопотребления позволил впервые оценить динамику использования воды на орошение и установить величины безвозвратных потерь при орошении на российской части бассейна озера за этот же период.

Установлено, что источником для орошения посевов риса на территории России являются воды озера, использование вод оз. Ханка на территории Китая возможно только в маловодные годы. Влияние использования воды на орошение на российской территории бассейна проявлялось в незначительном снижении уровня озера. Со стороны китайской территории в многоводные годы сброс паводковых вод р. Мулинхэ в оз. Малая Ханка, а из него через ГТС в оз. Ханка может оказать существенное влияние на рост уровня воды в озере.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водные ресурсы, хозяйственная деятельность, водопотребление, площади орошаемых земель, водохозяйственный комплекс, безвозвратные потери воды, оз. Ханка.

В последние годы проблема водного режима оз. Ханка – самого крупного пресноводного водоема на Дальнем Востоке – находится в центре внимания научного сообщества и широкой общественности. Это связано, прежде всего, с затоплением и подтоплением населенных пунктов в бассейне озера, вызванных повышением его уровня с 2006 г.

Из всех антропогенных факторов, действующих в бассейне оз. Ханка, способных оказывать влияние на изменение его уровня, наиболее зна-

© Балонишникова Ж.А., Цыценко К.В., Крамарева Л.С., 2019

чимым является сельское хозяйство, а именно, орошаемое земледелие. В данной статье рассмотрены вопросы развития орошаемого земледелия в бассейне оз. Ханка и связанной с ним водохозяйственной структуры, динамики водопотребления на нужды ирригации и возможного влияния безвозвратных потерь на колебания уровня воды в озере.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В БАСЕЙНЕ ОЗЕРА ХАНКА

Хозяйственное освоение российской части бассейна оз. Ханка началось с середины XIX в., когда по Айгунскому договору 1858 г. была установлена граница между Россией и Китаем по р. Амур [1]. С начала заселения бассейна оз. Ханка и до настоящего времени – это регион, имеющий, главным образом, сельскохозяйственное назначение. Плотность населения в российской части бассейна составляет около 15,3 чел. на кв. км. С конца прошлого века отмечается повсеместное уменьшение численности населения во всех административных районах; за период с 1970 до 2015 г. численность населения снизилась с 280 до 207 тыс. чел. [2].

В бассейне оз. Ханка расположена одна из крупнейших на Дальнем Востоке России сельскохозяйственных зон: территория, занятая сельхозугодиями в шести административных районах составляет 464 тыс. га. Здесь сосредоточено около половины (47 %) пашни Приморья, производится добыча угля, плавленого шпата и редкоземельных элементов, развито производство цемента и асбоцементных строительных материалов [3].

В пределах китайской части (бассейн оз. Малая Ханка), по данным доклада UNEP [4], проживает около 130 тыс. чел. Плотность населения составляет 55 чел/км². Данные за период 1998–2002 гг. указывают на стабильный уровень численности населения [4, 5]. Население китайской части бассейна занято сельскохозяйственным производством и рыболовством, в незначительной степени развиты добыча угля и деревообработка. В северной части оз. Малая Ханка действует рыболовецкий завод с максимальным уловом рыбы 1046 т в год [4]. Широкомасштабное освоение земельных ресурсов бассейна оз. Малая Ханка началось относительно недавно – в конце 1980-х годов.

Наличие водных и земельных ресурсов Приханкайской низменности, жаркая погода летом, обильные дожди в период вегетации, тяжелые засоленные почвы послужили благоприятными условиями для возделывания риса – одной из наиболее водоемких культур. Его посевы получили широкое распространение как на российской части бассейна, так и в Китае. Основными показателями при оценке развития и состояния ирригации, а также объемов используемой для этих целей воды являются величины площадей орошаемых земель.

Начало регулярного развития рисосеяния в бассейне оз. Ханка относится к середине 1920-х годов. Тогда орошаемые участки располагались на заболоченных землях Приханкайской низменности, которые предварительно осушались. Источником орошения служил сток рек, стекающих в озеро. Попытки дальнейшего расширения посевов риса с использованием речных вод не дали положительного результата. Вследствие этого на российской части бассейна оз. Ханка в течение нескольких десятилетий площади рисосеяния не претерпевали изменений и не превышали 2–3 тыс. га.

Ввиду практически полного отсутствия информации годовых показателей по орошаемым площадям в бассейне оз. Ханка в 1960–1994 гг., они определялись расчетным путем, исходя из опубликованных статистических данных по Приморскому краю. На основе обобщения и анализа имеющихся материалов [6–8] стало возможным сопоставить за отдельные годы площади орошаемых земель в бассейне оз. Ханка и Приморского края, оценить вклад Приханкайской низменности в развитие орошения Приморского края и восстановить данные об орошаемых площадях за многолетний период, начиная с 1960 г. Динамика площадей орошаемых земель в бассейне оз. Ханка за 1995–2015 гг. установлена на основании официальных данных ФБГУ «Управление Приммелиоводхоз». Следует отметить, что доля посевов риса в бассейне оз. Ханка по отношению к Приморскому краю постепенно возростала от 64 % в 1965 г. до 94 % – в 2015 г. (табл. 1).

Таблица 1. Развитие орошения и вклад Приханкайской низменности в орошаемое земледелие Приморского края, тыс. га

Территория	1965 г.	1970 г.	1985 г.	1995 г.	2000 г.	2015 г.
Приморский край	11,9	23,8	62,4	58,9	6,53	20,8
Приханкайская низменность	7,69	16,2	52,3	50,0	6,06	19,6
Вклад, %	64	68	84	85	93	94

Расчитанные и представленные в табл. 1 соотношения использованы для восстановления годовых величин орошаемых земель в бассейне оз. Ханка в периоды отсутствия данных учета орошаемых земель Приханкайской низменности в 1960–1994 гг., что позволило выполнить анализ их динамики за весь многолетний период развития орошаемого земледелия в регионе. Распределение площадей орошаемых земель по административным районам бассейна оз. Ханка за различные годы представлено в табл. 2.

Таблица 2. Доля орошаемых земель по рисосеющим административным районам бассейна оз. Ханка, %

Район	1965 г.	1970 г.	1980 г.	1995 г.	2000 г.	2015 г.
Спасский	46	40	17	17	25	15
Ханкайский	54	57	39	36	41	34
Хорольский	–	3	33	38	29	41
Черниговский	–	–	11	9	5	10

На протяжении длительного времени рисосеяние в основном развивалось в Ханкайском районе. В период максимального расширения площадей, занятых под рисовые посевы, к Ханкайскому району по этому показателю стал приближаться Хорольский район и к 2015 г. здесь отмечается максимальная доля посевов риса – 41 %. Наименее развито рисосеяние в Черниговском районе. В периоды 2002–2005 гг. и 2011–2013 гг. посевы риса в этом районе не производились.

В соответствии с данными табл. 1 с 1965 г. развитие орошения в Приморском крае происходило в основном за счет роста посевов риса именно в бассейне оз. Ханка. Уже к 1965 г. здесь размещалось свыше 60 % всех посевов риса Приморья. В дальнейшем расширение орошаемого земледелия осуществлялось также преимущественно в Приханкайской низменности и в период максимального развития рисосеяния – в середине 1980-х годов – здесь было сосредоточено более 80 % орошаемых земель Приморского края. Многолетняя динамика площадей посевов риса в Приморском крае и в бассейне оз. Ханка представлена на рис. 1.

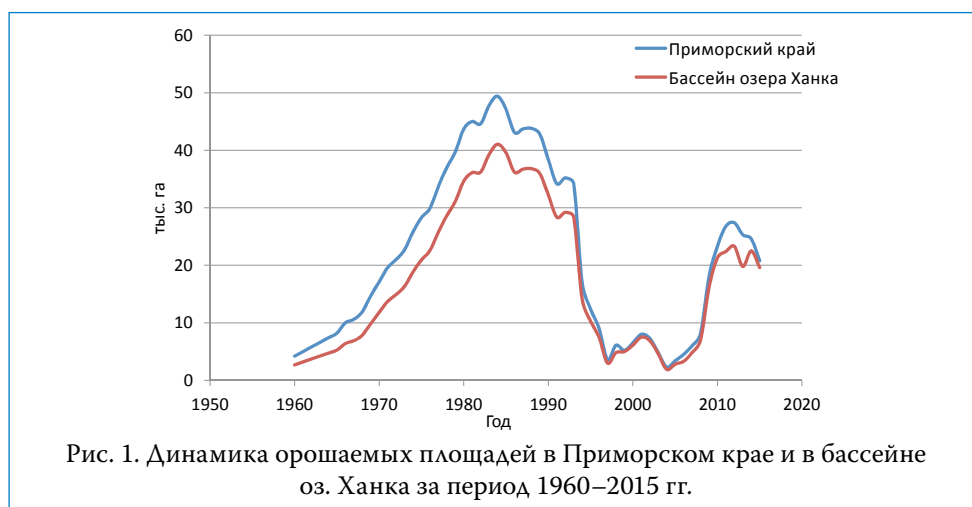


Рис. 1. Динамика орошаемых площадей в Приморском крае и в бассейне оз. Ханка за период 1960–2015 гг.

Как следует из данных графика, заметный рост посевов стал прослеживаться лишь с начала 1970-х годов, когда началась реализация широкомаштабных планов развития оросительных мелиораций на Дальнем Востоке. В отличие от начального этапа развития рисосеяния в бассейне озера рост площадей орошаемых земель в этот период осуществлялся за счет использования водных ресурсов оз. Ханка. Озеро служило и приемником сбросных вод с рисовых чеков. Середина 1980-х годов характеризуется наибольшим развитием рисосеяния в российской части Приханкайской низменности. В этот период ежегодно поливалось около 40 тыс. га, что составляло порядка 80 % ирригационного фонда. В некоторых источниках приводится несколько иная информация: средняя величина орошаемых земель в бассейне оз. Ханка за 1970–1980 гг. составляла 53 тыс. га [9], в то время как в 1980 г. во всем Приморье орошалось всего 44,1 тыс. га [6].

В годы перестройки сельскому хозяйству Приморского края был нанесен огромный ущерб. Площади посевов риса на российской части Приханкайской низменности стали стремительно сокращаться, достигнув в 2004 г. около 2 тыс. га. Начало возрождения рисосеяния в бассейне оз. Ханка относится к 2005–2007 гг. Решающий вклад в этот процесс внесли зарубежные инвесторы, главным образом из Кореи [10]. Прямые инвестиции составили десятки млн долларов. Проведением ремонтно-восстановительных работ на бездействующих оросительных системах и выращиванием риса занимались также и наемные работники из Китая. В 2005 г. в Приморье трудилось 20,8 тыс. иностранных работников, в т. ч. более 60 % из КНР [11]. В Ханкайском районе в 2009 г. из общего числа рабочих, занятых в сельском хозяйстве, доля иностранных работников составляла 36 % [12].

В 2011–2012 гг. на орошаемых землях бассейна оз. Ханка было собрано порядка 85 % всего валового сбора риса в Приморье [13]. К 2015 г. площади орошаемых земель достигли 19,6 тыс. га или около 40 % от ранее существовавшего мелиоративного фонда. Существенная особенность поливного земледелия на территории Приханкайской низменности заключается в том, что главным источником водообеспечения являются воды оз. Ханка. В свое время это потребовало строительства насосных станций для осуществления забора озерных вод и подачи их на орошаемые земли, искусственной откачки коллекторных вод и сброса их в озеро, сооружения магистральных каналов, межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительной сети. Анализ состояния и структуры водохозяйственного комплекса в бассейне оз. Ханка основан на информации Департамента мелиорации Минсельхоза РФ, Амурского бассейнового управления Росводресурсов и материалах опубликованных работ [14–18].

Нацеленный на обеспечение условий для выращивания риса и защиты населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий от наводнений водо-

хозяйственный комплекс бассейна оз. Ханка, на создание которого ушло несколько десятилетий, включает водохранилища для нужд орошения, защитные дамбы обвалования, рисовые оросительные и осушительные системы с насосными станциями и оросительными каналами. В настоящее время здесь насчитывается свыше 30 водохранилищ, полная емкость которых составляет в среднем 30 млн м³. Расположены они в основном на небольших речках и родниках. Суммарная протяженность дамб обвалования достигает 150 км, их высоты варьируют от 2,4 до 3,7 м. Большинство дамб предназначено для защиты от паводковых разливов рек (84 %), остальные защищают от нагонов со стороны озера.

Начиная с 1970-х годов, для возделывания риса в бассейне озера начали строить специальные гидромелиоративные сооружения – рисовые оросительные системы (РОС). Уже к середине 1980-х годов на российской части Приханкайской низменности располагалось 10 РОС [14–16]. Согласно паспортным данным оросительных систем в их пределах предусматривалось оросить 50,7 тыс. га земель, в т. ч. 50,5 тыс. га с рисовым севооборотом и 215 га овощных культур [16]. За период 2013–2015 гг. в среднем фактически было полито 20,6 тыс. га или 41 % от ранее существующего мелиоративного фонда, т. е. около 60 % рисовой пашни остается невозделанной.

Одной из важнейших составляющих РОС являются насосные станции. По данным [19], с 1968 по 1984 гг. построено 12 таких объектов. Сколько их действует в настоящее время – неизвестно. По данным Департамента мелиорации [14], паспорта имеются лишь по двум станциям: Астраханской (1975 г.) и Платоно-Александровской (1977 г.). Для этих станций водоисточником и одновременно водоприемником служит оз. Ханка. Станции обеспечивают основной водозабор для всей территории Приханкайской низменности. К числу действующих насосных установок относится и самая мощная Сиваковская станция [18], имеющая двойное назначение и рассчитанная на орошение 35 тыс. га и осушение 16 тыс. га. Производительность ее насосов составляет 54 м³/с.

Подъем воды для орошения осуществляется поэтапно. Сначала вода из озера подается в межхозяйственные магистральные каналы, далее с помощью насосных станций второго и третьего подъема поступает на орошаемые земли. Кроме того, ряд насосных станций второго и третьего порядка (например, Мельгуновская, Новосельская № 1 и № 2 и др.) забирают незначительные объемы воды из рек Илистая, Мельгуновка, Комиссаровка. По экспертным оценкам объем воды, забираемый из всех рек на орошение, как было отмечено выше, составляет всего 5 % от суммарного водозабора в бассейне оз. Ханка. Сбросы с рисовых чеков осуществляются в оз. Ханка самотеком по сбросным каналам (коллекторам) вдоль дамб обвалования

или принудительно с помощью насосов в реки Мельгуновка, Илистая, Комиссаровка, Рисовка, Спасовка. Среднегодовой объем сбросных вод в озеро составляет порядка 30–40 % от водозабора [15, 19].

На основании всей имеющейся информации составлена схема размещения гидротехнических сооружений, входящих в состав оросительных и осушительных систем, представленная на рис. 2.



Рис. 2. Схема размещения гидротехнических сооружений.

В настоящее время в исследуемом бассейне действуют три осушительные системы (ОС): Снегуровская и Хорольская в Хорольском районе и Новодевичанская – в Ханкайском районе [15]. Для Снегуровской и Хорольской ОС водоприемником служит р. Мельгуновка, для Новодевичанской – Новодевичанский нагорный канал. Суммарная проектная площадь осушения установлена в размере 5,85 тыс. га. В 2014 г. удалось осушить 4,34 тыс. га, 74 % от проектного уровня.

Следует отметить, что начиная с периода реформирования экономических отношений в Приморском крае сложились весьма своеобразные условия, которые не способствуют развитию рисосеяния. В настоящее время насосные станции и межхозяйственные магистральные каналы находятся в собственности государства. Внутрихозяйственные каналы и дамбы эксплуатируются муниципальными образованиями и частными хозяйствами. Такая разобщенность во владении и использовании гидротехнических объектов обусловили их низкое техническое состояние. Согласно [18], технический износ оросительных систем в настоящее время составляет 67 %, а некоторых категорий каналов – до 80 %.

К водохозяйственному комплексу рассматриваемой территории относятся также и два канала, по которым осуществляются сбросы воды из озера – Сунгачинский и канал без названия. Их характеристики описаны в работе [20]. Отметим, что при средних многолетних и низких уровнях вода из озера в оба канала не поступает. По данным натурных обследований в мае-июне 2016 г. суммарный измеренный сток по ним составил около $13 \text{ м}^3/\text{с}$ [21].

Доступные сведения о развитии и современном состоянии водохозяйственного комплекса и орошаемых землях в пределах китайской части бассейна являются отрывочными и неполными. Поэтому для их оценки, наряду с имеющимися немногочисленными публикациями, были использованы данные космического зондирования, а также результаты непосредственного обследования рассматриваемой территории, выполненного в ходе проведения на территории КНР заседания рабочей группы Российско-китайской комиссии по рациональному использованию и охране трансграничных вод в июне 2016 г.

Интенсивное гидротехническое строительство, начавшееся в конце прошлого столетия, позволило направить часть стока р. Мулинхэ в бассейн оз. Ханка для обеспечения производства риса. Одновременно были выполнены работы по водоотведению сбросных вод и защите орошаемых земель от дождевых паводков. Описание структуры и современных объектов водохозяйственной системы на китайской территории приведено в работе [20]. О динамике орошения в этом районе можно судить только по данным ретроспективных космических снимков периода 1976–2015 гг. В ходе их анализа весь рассматриваемый период был разбит на временные интервалы, на протяжении которых происходили качественные изменения в системе орошения посевов риса в пределах исследуемой территории: 1976–1984 гг., 1984–1993 гг., 1994–2005 и 2006–2015 гг. [21].

Первый временной интервал характеризуется возведением дамбы обвалования вокруг будущего водохранилища Циншань (распределительное) и началом строительства водохранилища. С 1985 г. в водохранилище начали подавать воду из р. Мулинхэ и уже 1984–1993 гг. на северных территориях бассейна оз. Малая Ханка появляются регулярно затапливаемые посевы риса. Период 1994–2005 гг. характеризуется интенсивным развитием оросительной инфраструктуры, систем водоподачи и водоотведения. В результате площадь орошаемых рисовых полей здесь увеличилась вдвое. В период 2006–2015 гг. расширение орошаемых сельхозугодий к северу от водохранилища достигло максимума, вся пригодная для возделывания риса территория была освоена.

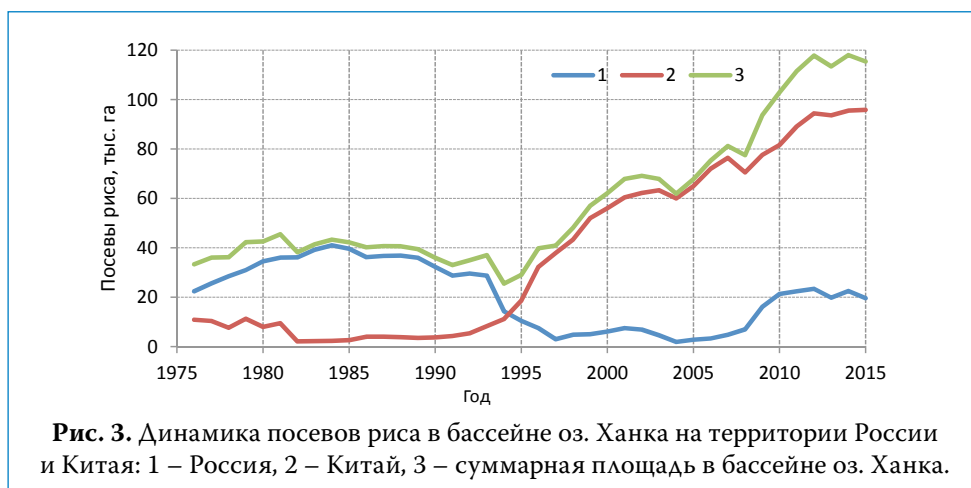
Для учета площади посевов риса применена методика расчета, описанная в [22]. В результате получены полигоны, включающие все характерные элементы посевов, детектированных на изображениях в соответствии с методикой, что позволило оценить площади посевов риса (табл. 3).

Таблица 3. Рассчитанные величины площадей посевов риса, тыс. га

Год	Посевы риса	Год	Посевы риса
1976	10,8	1998	40,8
1977	10,4	1999	49,4
1978	7,7	2000	53,4
1979	11,3	2001	57,9
1980	8,1	2002	64,8
1981	9,5	2003	60,1
1982	2,1	2004	57,9
1984	2,3	2005	62,3
1985	2,6	2006	68,6
1986	4,0	2007	72,6
1987	4,0	2008	67,0
1988	3,8	2009	73,7
1989	3,5	2010	77,3
1990	3,7	2011	84,7
1991	4,3	2012	89,7
1992	5,4	2013	88,7
1994	11,2	2014	90,5
1995	17,0	2015	90,8
1996	29,5	–	–

По данным табл. 3, прирост ежегодно затопляемых водой рисовых полей за весь период на территории КНР составил 80 тыс. га: от 11 до 91 тыс. га. В настоящее время при условиях средней водности забираемый из р. Мулинхэ сток полностью расходуется на нужды рисосеяния. На рис. 3 на основании полученных результатов представлен совмещенный график изменений суммарных величин посевов риса в пределах российской и китайской территорий бассейна оз. Ханка.

Как было отмечено выше, в пределах российской части побережья оз. Ханка регулярные посевы риса стали культивировать еще в 1920-х годах, а ежегодные сведения о рисосеянии в Китае имеются только с 1976 г. В 1976 г. в целом в бассейне оз. Ханка насчитывалось 33 тыс. га посевов риса, в т. ч. на китайской части водосбора – 10 тыс. га. Если максимальные площади посевов риса на российской территории приходятся на середину 1980-х годов, то рост площадей этой культуры в пределах КНР прослеживается только с середины 1990-х годов.



Как следует из рисунка 3, на протяжении рассматриваемого периода в бассейне оз. Ханка происходил постепенный рост (с колебаниями) суммарных посевов риса от 33 тыс. га в 1976 г. до 115 тыс. га в 2015 г. При этом вклад в развитие орошаемого земледелия исследуемого бассейна со стороны Российской Федерации и КНР оказался различным. До 1994 г. площади посевов риса в России превышали аналогичные показатели в Китае. В отдельные годы вклад России достигал 95 %. Однако с 1995 г. первенство в рисосеянии переходит к КНР и в 2004 г. на долю Российской Федерации приходилось всего 3 % общей площади посевов риса в этом бассейне. И только начиная с 2010 г., в связи с возрождением выращивания риса в Приморье, вклад России увеличился до 18 %.

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Как отмечалось ранее, источником для орошения посевов риса на территории России являются воды оз. Ханка. Изменения объемов озера происходят в соответствии с колебаниями его уровня. В среднем за 1949–2015 гг. величина объема озера оценена в 18,2 км³ с колебаниями от 13,7 до 22,3 км³. Суммарный водозабор из оз. Ханка в период максимального развития рисосеяния не превышал 4 % от объема воды в озере.

С китайской территории в оз. Малая Ханка впадает пять рек, суммарная площадь которых оценивается в 926 км². Данные гидрометрических наблюдений по рекам отсутствуют. Величина водных ресурсов этих рек ориентировочно получена по модулю стока реки-аналога Большие Усачи. В среднем за 1949–2015 гг., по данным ГГИ, водные ресурсы бассейна оз. Малая Ханка составили порядка 0,05 км³/год [21]. Естественно, что указанные объемы стока не могли обеспечить развитие на этой территории значительных раз-

меров посевов риса. Именно по этой причине в бассейн оз. Малая Ханка и были направлены воды р. Мулинхэ.

Данные о количестве водных ресурсов, перебрасываемых по р. Мулинхэ, неизвестны. На основании работы [5], ее ресурсы оцениваются в $2,2 \text{ км}^3/\text{год}$. По информации ГГИ, сток р. Мулинхэ в створе ГТС Хубей, регулирующей подачу воды в низовья реки и забор в канал Донгди, составляет примерно $1,26 \text{ км}^3/\text{год}$ [21]. В современных условиях не менее 50 % этого объема ежегодно направляется на обеспечение возделывания риса в бассейне оз. Малая Ханка.

Для оценки современного состояния использования воды и многолетней динамики водопотребления в бассейне оз. Ханка обобщены и проанализированы данные непосредственного учета заборов и сбросов воды в бассейне озера за период 1985–2015 гг., предоставленные Амурским БВУ и Приморским филиалом ФБУ «Территориальный фонд геологической информации по Дальневосточному федеральному округу».

Анализ данных свидетельствует о том, что за последние 15 лет среднегодовой объем забираемой на все хозяйственные нужды воды (полное водопотребление) в бассейне оз. Ханка составляет $156,2 \text{ млн м}^3$, объем сброса – $53,4 \text{ млн м}^3$. В структуре водопотребления большая часть воды используется на нужды сельского хозяйства на орошение – 92,33 % [15], на хозяйственно-питьевые нужды – 3,67 %, на сельскохозяйственное водоснабжение – 0,02 %, на производственные нужды – около 4 % [15]. Из всего объема водозабора на орошение около 95 % забирается непосредственно из озера, остальные 5 % – из рек его бассейна. Среднегодовой объем безвозвратных потерь воды (безвозвратное водопотребление) в бассейне оз. Ханка составляет $102,8 \text{ млн м}^3$ и является максимальным в Приморском крае, достигая в отдельные годы 70 % от общего водозабора.

За период 1960–1985 гг., когда рисосеяние в данном регионе достигало максимального развития, информация по водозаборам и сбросам в бассейне озера практически отсутствует. Для оценки полного и безвозвратного водопотребления за этот период были проанализированы все статистические данные по водопотреблению в Приморском крае. Начиная с 1990 г., эти сведения сопоставлены с имеющимися данными Амурского БВУ по использованию воды в бассейне оз. Ханка, а также с материалами по динамике развития орошаемых земель как по Приморскому краю, так и в Приханкайской низменности. Экспертным путем данные по водозаборам были восстановлены, что позволило оценить многолетнюю динамику полного водопотребления и влияние ирригации на водный режим оз. Ханка в различные периоды хозяйственного использования земельных и водных ресурсов этого бассейна.

Наличие фактических и определенных расчетным путем данных по орошаемым площадям за многолетний период, рассчитанных по разности забора и сброса воды значений безвозвратного водопотребления (по официальной учетной информации в отдельные годы), позволило восстановить объемы полного и безвозвратного водопотребления за весь период хозяйственной деятельности в бассейне озера. Анализ данных показал, что с одного гектара орошаемых земель безвозвратные потери могут составлять от 7 до 9 тыс. м³ в год.

Фактические и определенные экспертным путем величины полного и безвозвратного водопотребления в бассейне оз. Ханка за 1960–2015 гг. представлены на рис. 4.

В период 1920–1950 гг. объемами воды на орошение можно пренебречь, т. к. рисовые системы в эти годы представляли собой небольшие поля, расположенные на пойменных участках рек. Около 90 % посевов риса тогда орошалось только из рек самотечным путем, остальные – за счет механического подъема воды [23].

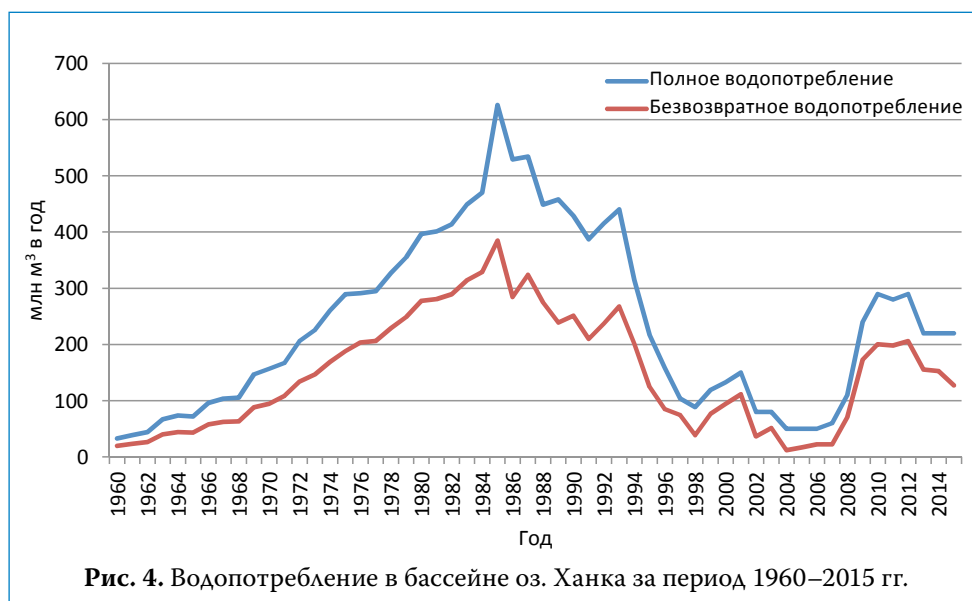


Рис. 4. Водопотребление в бассейне оз. Ханка за период 1960–2015 гг.

Максимальные объемы воды, необходимые для орошения, изымались из озера в середине 1980-х годов. К 1985 г. величина полного водопотребления достигала более 600 млн м³. Минимальные значения водопотребления отмечены в период 2002–2007 гг., когда на Приханкайской низменности рисосеяние практически было прекращено. Восстановление рисосеяния началось с 2008 г., что сразу же сказалось на увеличении суммарного во-

дозабора. К 2012 г. водопотребление увеличилось до 292 млн м³, в 2013–2015 гг. последовал незначительный спад объемов водопотребления, обусловленный уменьшением посевов риса в этот период.

За весь период хозяйственной деятельности безвозвратное водопотребление также изменялось в широких пределах от 40 до 390 млн м³ в год. Наивысшие значения безвозвратных потерь приходятся на годы наибольшего развития орошаемого земледелия в бассейне оз. Ханка (1983–1988 гг.). При этом величины максимального безвозвратного водопотребления – около 16 км³ в этот период по сравнению с объемом озера составляли всего 2–3 %.

Следует отметить, что фактические значения безвозвратного водопотребления за 2004–2007 гг., приведенные на рис. 4, вызывают сомнения, поскольку такого резкого падения (до 10 млн м³ в год) при орошаемых площадях 3–6 тыс. га (рис. 1) не должно происходить. По-видимому, это связано с недоучетом используемой на нужды орошения воды: в ходе приватизации земельные доли на рисовых системах были скуплены физическими и юридическими лицами, была нарушена упорядоченность взаимоотношений собственников межхозяйственных объектов и внутрихозяйственной мелиоративной сети, что могло привести к искажению учетных данных по заборам и сбросам вод.

Сведения по использованию воды на китайской части бассейна оз. Ханка, а именно в бассейне оз. Малая Ханка, где располагаются орошаемые земли, отсутствуют. По приблизительным оценкам на орошение здесь может расходоваться ежегодно порядка 0,6–0,7 км³ стока р. Мулинхэ.

ВЛИЯНИЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НА МНОГОЛЕТНЮЮ ДИНАМИКУ УРОВНЯ ОЗЕРА ХАНКА

Анализ данных по использованию воды на различные хозяйственные нужды в пределах российской части бассейна оз. Ханка показал, что из всех действующих в бассейне антропогенных факторов только орошаемое земледелие может оказывать влияние на колебание уровня воды в озере, которое заключается в формировании безвозвратных потерь водных ресурсов в процессе выращивания риса в бассейне озера. Объемы безвозвратных потерь находятся в прямой зависимости от величины площадей посевов риса: наибольшие объемы безвозвратного водопотребления наблюдались в периоды максимального развития рисосеяния. Уменьшение объемов безвозвратного водопотребления происходило, когда площади посевов риса сокращались или были незначительными. Так, в 1984–1987 гг., когда площади посевов риса в бассейне озера достигали наибольшего развития, на орошение безвозвратно использовалось не более 2–2,5 % водных ресурсов озера при объеме воды 15,5–16,5 км³. В остальные годы безвозвратное водопотребление не превышало 0,4–0,6 %.

За период 2000–2015 гг. из водных ресурсов оз. Ханка безвозвратно расходовалось в среднем не более 0,5 % при объеме воды 19,3 км³. Таким образом, величины безвозвратных потерь, по сравнению с объемами воды в озере, оказались небольшими. Следует отметить, что более заметное влияние орошения на российской территории отразилось на качестве озерных вод. В период максимального развития рисосеяния качество воды в озере резко ухудшилось в связи с поступлением сбросов с рисовых чеков [24]. В последующие годы, когда наметился подъем уровня воды, а площади посевов стали интенсивно сокращаться, наблюдавшиеся негативные явления постепенно исчезли.

Оценка значения безвозвратных потерь по отношению к объемам воды в оз. Ханка позволила определить изменение уровня воды в озере под влиянием орошения. Выполненные расчеты основывались на учете разности между условно-естественными (восстановленными) и наблюдаемыми уровнями воды в озере. Условно-естественные или восстановленные значения уровня – это значения уровня при отсутствии влияния хозяйственной деятельности, т. е. орошаемого земледелия и сопутствующего ему водохозяйственного комплекса. Значения этих характеристик определялись поэтапно. На первом этапе расчетные величины условно-естественных значений уровней оз. Ханка оценивались на основе учета объемов озера в году и ежегодных объемов безвозвратных потерь водных ресурсов на орошение. Поскольку хозяйственное использование вод озера и стока стекающих в него рек способствовало снижению уровня воды в озере, восстановленные значения уровней оказались выше наблюдаемых. Изменение разности между восстановленными и наблюдаемыми уровнями зависело от условий развития рисосеяния в бассейне оз. Ханка.

В связи с увеличением восстановленных объемов воды в озере, по сравнению с их наблюдаемыми величинами, неизбежно должен был возрасти и отток из него. Поэтому на втором этапе расчетов определен новый, восстановленный отток из озера, который и обеспечил соответствующее снижение уровней оз. Ханка.

Вследствие небольших объемов безвозвратных потерь на орошение восстановленные значения уровней воды в озере мало отличались от наблюдаемых (рис. 5).

В начале 1960-х годов в силу незначительных площадей посевов риса снижение уровня оз. Ханка по отношению к его условно-естественному состоянию не превышало 5–7 см. В период максимального развития ирригации в бассейне озера (середина 1980-х годов) уровень воды по восстановленным данным должен был составлять на 8–11 см выше наблюдаемого. В связи с резким снижением размеров рисосеяния к середине первого десятилетия

тилетия нынешнего века различие между восстановленными и наблюдаемыми величинами уровня не превышало бы 2–3 см. В современных условиях, благодаря возрождению рисосеяния, восстановленный уровень воды в озере был бы в отдельные годы выше наблюдаемого на 6–9 см. В среднем за 2000–2015 гг. восстановленный уровень оказался бы выше измеренного всего на 3 см. При площадях посевов риса до 3–4 тыс. га разность между восстановленными и наблюдаемыми уровнями воды в озере не превышала бы 1–2 см или вообще отсутствовала.



Таким образом, на протяжении всей истории развития рисосеяния на российской части бассейна оз. Ханка, влияние водопотребления на уровень озера сказывалось только в его снижении, причем в очень незначительной степени.

На китайской территории орошение также является доминирующим фактором, влияющим на режим оз. Малая Ханка и оз. Ханка. Анализ существующей схемы переброски стока р. Мулинхэ в бассейн оз. Ханка с учетом реализации китайского проекта развития РОС и данные по имеющимся орошаемым площадям позволяют сделать следующие выводы о влиянии орошения в бассейне оз. Малая Ханка на уровень воды оз. Ханка. При пониженной водности р. Мулинхэ можно предположить, что собственных водных ресурсов реки будет недостаточно для покрытия потребностей орошения РОС, в результате чего может осуществляться забор воды из оз. Ханка в оз. Малая Ханка с помощью насосных станций, максимальная производительность которых после реконструкции будет доведена до 100 м³/с.

В многоводные годы из р. Мулинхэ в канал Донгдихэ поступает повышенный расход воды, что согласуется с [5], поскольку шлюз-регулятор на р. Мулинхэ ограничивает сток ниже канала, при этом сток в канал не ре-

гулируется. Во избежание затопления орошаемых массивов и селитебных территорий все излишки воды сбрасываются по каналу Донгдихэ в водохранилище Циншань. Из водохранилища часть воды отводится двумя каналами в р. Сунгач, по пути распределяясь на РОС. Какая-либо информация о величинах сброса по этим каналам отсутствует, однако они могут оказывать определенное компенсирующее влияние на сток в оз. Ханка, отводя воду, минуя озеро, непосредственно в р. Сунгач. Остальная вода из р. Мулинхэ сбрасывается в оз. Малая Ханка, откуда через сбросные ГТС – в оз. Ханка. В соответствии с характеристиками двух сбросных ГТС, величина сброса в оз. Ханка может достигать $200 \text{ м}^3/\text{с}$. Это проектная величина, имеющая низкую вероятность. Однако, если предположить, что в многоводный период в оз. Ханка будет сбрасываться около $100 \text{ м}^3/\text{с}$, то за четыре вегетационных месяца в озеро дополнительно поступит около 1 км^3 воды, что может привести к росту уровня воды на 25 см [21].

ВЫВОДЫ

На основании анализа развития орошаемого земледелия в бассейне оз. Ханка и данных по использованию воды на эти цели можно сделать следующие выводы. Установлено, что основным видом хозяйственной деятельности в бассейне оз. Ханка является орошаемое земледелие. Развитию орошения в бассейне озера способствовало создание гидротехнического комплекса, обеспечивающего водоподачу из озера на российскую часть побережья и переброску стока р. Мулинхэ в бассейн оз. Малая Ханка на китайской территории.

Полученные количественные показатели размеров орошения в пределах России оценивались на основе статистических материалов, аналогичные сведения в пределах Китая – на основе космических снимков за период 1976–2015 гг. В целом за многолетний период в бассейне оз. Ханка наблюдается, с некоторыми колебаниями, увеличение размеров рисосеяния. При этом на российской части бассейна со второй половины 1980-х годов произошло устойчивое снижение посевов риса, и лишь в последние годы наметился незначительный подъем. В пределах китайской части бассейна с 1990-х годов происходит заметное увеличение объемов рисосеяния. Суммарное увеличение посевов риса в современных условиях обеспечено, главным образом, за счет Китая, т. к. вклад России не достигает и 20 %.

Исходя их сложившихся социально-экономических факторов и благоприятных природных условий для рисосеяния, водообеспечение хозяйственного комплекса бассейна оз. Ханка на территории России осуществляется за счет использования в основном вод озера (95 %), остальное количество воды забирается из рек бассейна оз. Ханка. Более 90 % водозабора идет на орошение посевов риса. Водообеспечение рисовых полей на

китайской части бассейна осуществляется водами р. Мулинхэ в зависимости от водности реки. Использование вод оз. Ханка на территории Китая возможно только в маловодные годы путем откачки вод из оз. Ханка в оз. Малая Ханка.

Анализ официальной информации и восстановленных экспертным путем данных по объемам водопотребления позволил оценить динамику использования воды на орошение и величины безвозвратных потерь на российской части бассейна озера. За последние два десятилетия водозабор в бассейне оз. Ханка в среднем составил 156 млн м³, а сбросы – 53 млн м³. При этом объемы воды на производственные и коммунальные нужды приблизительно одинаковы. Безвозвратные потери воды в бассейне оз. Ханка достигают максимальных в Приморском крае значений и составляют до 70 % от общего водозабора. Минимальные величины водопотребления отмечены в период 2004–2007 гг. (45–50 млн м³), когда рисосеяние в Приханкайской низменности практически было прекращено. В дальнейшем, по мере увеличения посевов риса, водопотребление стало возрастать, достигнув в 2012 г. 292 млн м³.

Для количественной оценки влияния хозяйственной деятельности в бассейне озера на многолетнюю динамику его уровня исследованы изменения безвозвратного водопотребления за весь период развития рисосеяния – с 1960-х годов. За рассматриваемый период на российской части бассейна оз. Ханка влияние водопотребления на уровень озера проявлялось только в его снижении, причем в очень незначительной степени. На китайской территории существующая система гидротехнических сооружений обеспечивает переброску стока р. Мулинхэ в бассейн оз. Малая Ханка и водообмен между двумя озерами. В маловодные годы предусматривается водозабор воды из оз. Ханка в оз. Малая Ханка, что может привести к незначительному снижению его уровня. В многоводные годы излишки паводочного стока р. Мулинхэ сбрасываются в оз. Ханка с возможным подъемом уровня воды в нем.

Представляется целесообразным продолжать исследования данной проблемы с учетом перспектив развития орошения в этом бассейне, поскольку именно от развития этой отрасли напрямую зависят объемы забираемой из озера воды и, соответственно, формирование безвозвратных потерь. Существующие и утвержденные Правительством РФ долгосрочные планы развития агропромышленного комплекса страны, а также региональные проекты развития сельского хозяйства в рассматриваемом регионе содержат требование обеспечить 100 % освоение мелиорируемых земель. Поэтому необходимо разработать возможные сценарии развития орошаемого земледелия в бассейне оз. Ханка до 2030 г. для оптимального управления водными ресурсами в этом регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приморский край. [Электр. ресурс]. Режим доступа: <http://wikipedia.org/>.
2. Численность населения Приморского края [Электр. ресурс]. Режим доступа: <http://primstat.gks.ru/>.
3. Администрация Приморского края [Электр. ресурс]. Режим доступа: <http://prim.ru/>.
4. Diagnostic Analysis of the lake Xingkai/Khanka basin (People's Republic of China and Russian Federation). Nairobi: UNEP, 2001.136 p.
5. *Xiangsam J., Xia Jiang.* Experience and learned brief for lake Xingkai/Khanka // Мат-лы межд. конф. «Состояние и перспективы российско-китайского сотрудничества в области охраны окружающей среды и управления водными ресурсами. М., 2007. С. 81–108.
6. Приморье в X пятилетке. Статистический сборник. Владивосток: Владивостокское книжное издательство, 1982. 96 с.
7. *Тур А.С., Корляков А.С., Носовский В.С.* Комплексное освоение земель под рис в Приморском крае. Владивосток: ДальНИИГиМ. 1985. 107 с.
8. О консервации гидротехнических сооружений на орошаемых рисовых системах Приморского края. Распоряжение губернатора Приморского края от 22.04.1996 г., № 414-Р [Электр. ресурс]. Режим доступа: <http://primorsky.regnews.org/de/dos/sy.htm/>.
9. *Бортин Н.Н., Горчаков А.М.* Причины экстремально высокого уровня воды трансграничного озера Ханка // Водное хозяйство России. 2016. № 4. С. 62–84.
10. Возродить производство риса [Электр. ресурс]. Режим доступа: <http://www.rkokprf/info/5153/>.
11. *Ратникова И.П.* Использование иностранной рабочей силы в Приморском крае // Вестник ДВО РАН. 2007. № 4. С. 119–121.
12. *Иващенко П.* Своего риса в Приморье станет больше [Электр. ресурс]. Режим доступа: <http://novostiv.ru./msg/8290.htm/>.
13. *Волгина О.А., Гусев Е.Г., Лихошерст Е.Н.* Состояние и перспективы развития рисовых культур в Приморском крае // Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2013. № 5 (23). С. 51–60.
14. Паспорта гидротехнических сооружений Приморского края. Департамент мелиорации Минсельхоза Российской Федерации [Электр. ресурс]. Режим доступа: <http://mcx-dm.ru/gts/>.
15. Отчет «Доработка проекта СКИВО по бассейну р. Амур»: ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург, 2012. 108 с.
16. Проблемы рисосеяния российского Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во Дальневосточного университета, 1999. 192 с.
17. Календарь знаменательных событий, памятных дат и профессиональных праздников в сфере мелиорации [Электр. ресурс]. Режим доступа: <http://www.mcx.ru/documents/file-document/v7-show/31066.133.htm/>.
18. *Носовский В.С., Носовский С.В., Золотов Б.А.* Совершенствование организации управления производства риса в Приморском крае // Известия ДВФУ эко-номик и управления. 2015. № 3. С. 42–53.

19. Романова Н.В., Корляков А.С. Исследование возможности использования коллекторно-сбросных вод для орошения риса в Приморском крае; Дальневосточный государственный технический университет (ДВГТУ). Владивосток, 2007. [Электр. ресурс]. Режим доступа: <http://www.rusnauka.com/1Q-2007/Agrikole/18043.doc.htm/>.
20. Георгиевский В.Ю., Шалыгин А.А., Болгов М.Б., Коробкина Е.А. Многолетние колебания уровня озера Ханка и проблемы его регулирования // Водное хозяйство России. 2017. № 3. С. 69–88.
21. Отчет о НИР (заключительный) ФГБУ ГГИ / рук. В.Ю. Георгиевский «Научные исследования по изучению гидрологических особенностей водного режима озера Ханка в целях определения причин аномального повышения уровня воды в озере, формированию комплекса мер по снижению воздействия на территорию Приморского края». СПб, 2016. 236 с.
22. Отчет о НИР (заключительный) ДЦ ФГБУ «НИЦ «Планета»/ рук. Крамарева Л.С. «Анализ данных по использованию водных ресурсов бассейна озера Ханка, динамики площадей орошения земель, каналов, гидротехнических сооружений, зависимости площади акватории озера от его уровня по данным космических снимков». Хабаровск, 2016.
23. Неунывалов Б.А., Оздобихин В.И., Тур А.С. Использование земель под рис и состояние рисосеяния на Дальнем Востоке. Препринт: Владивосток, ДВО РАН СССР. 1988. 34 с.
24. Семькина Г.И. Обзор состояния и загрязнения оз. Ханка по материалам Государственной сети наблюдений за загрязнением окружающей среды // Труды второй межд. научно-практ. конф. «Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: озеро Ханка». Спасск-Дальний, 2006. С. 190–200.

Сведения об авторах:

Балонишникова Жанна Арнольдовна, канд. геогр. наук, ученый секретарь, заведующая группой водопотребления и водообеспеченности, ФГБУ «Государственный гидрологический институт», 198053, г. Санкт-Петербург, 2-я линия ВО, д. 23; e-mail: jeannabalonishnikova@gmail.com

Цыценко Кирилл Викторович, д-р геогр. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Государственный гидрологический институт», 198053, г. Санкт-Петербург, 2-я линия ВО, д. 23; e-mail: ktsytsenko@gmail.com

Крамарева Любовь Сергеевна, директор, ДЦ ФГБУ «НИЦ «ПЛАНЕТА» 680000, г. Хабаровск, ул. Ленина 18; e-mail: kramareva@dvrpcod.ru

Для цитирования: Балонишникова Ж.А., Цыценко К.В., Крамарева Л.С., Использование водных ресурсов в бассейне озера Ханка // Водное хозяйство России. 2019. № 3. С. 38-56.

УДК 556.55

WATER RESOURCES USE IN THE BASIN OF THE LAKE KHANKA

Jeanna A. Balonishnikova¹, Kirill V. Tsytzenko¹, Lubov' S. Kramareva²

E-mail: jeannabalonishnikova@gmail.com

¹ State Hydrological Institute, St. Petersburg, Russia² Far Eastern Center of the SRC «Planeta», Khabarovsk, Russia

ABSTRACT: The article deals with investigation of the Lake Khanka water resources' use. We have stated that the predominant development of agriculture determines the water resources use on both the Russian part and the Chinese part of the basin. We have assessed the irrigated land areas and water volumes used for this end, as well as economic activities' impact of the lake water level. On the basis of statistical data, satellite images and published scientific articles we have assessed for the first time the irrigated lands' dynamics in the Lake Khanka basin over the 1960–2015 period. Analysis of the official information and the expert-restored data on water withdrawal made it possible firstly to estimate the dynamics of water use for irrigation and establish the values of water consumption (irrevocable water losses) during irrigation in the Russian part of the lake basin for the same period.

We have established that the source for irrigating rice crops in Russia is the lake itself. The use of Lake Khanka's waters in China is possible only in low water years. The influence of water use on irrigation in the Russian part of the basin at the lake level for the entire period of rice cultivation was manifested only in its reduction, and to a very small extent. In high water years, the Lake Malaya Khanka acts as a reservoir for the flood waters of the Mulinghe River, which, if discharged into the Lake Khanka, can have an impact on the growth of the Lake Khanka level.

KEY WORDS: water resources, economic activities, water withdrawal, water consumption, irrigated lands' area, water/economic complex, the Lake Khanka level.

Recently attention of the academic community and wide public is focused on the problem of water regime of the Lake Khanka, the Far East greatest fresh water body. This is connected, first, with flooding of towns and villages in the lake basin caused by its level rising since 2006 r.

Farming and more particularly irrigated agriculture is the most prominent of all anthropogenic factors active in the Lake Khanka basin and able to affect its level changing. This article discusses the issues of irrigated agriculture development in the Lake Khanka basin, as well as associated water/economic structure, irrigation water use dynamics and possible impact of water consumption on the lake water level fluctuations.

REGIONAL FEATURES AND ANTROPOGENIC ACTIVITY
IN THE LAKE KHANKA BASIN

Development of the Russian part of the Lake Khanka basin started in mid-XIX century when the Aigun Treaty [1] established the frontier between Russia and China along the Amur River. Since the beginning of its development and up to nowadays the Lake Khanka basin is predominantly an agricultural region. Density of population in the Russian part of the basin is about 15.3 per square kilometer. General decrease of the population is observed in all administrative unites since the end of the previous century: the population decreased from 280 thousand to 207 thousand over the 1970–2015 period. [2].

© Balonishnikova Z.A., Tsytzenko K.B., Kramareva L.S., 2019

One of the greatest agricultural zones of the Russia Far East is located in the Lake Khanka basin: agricultural lands occupy 464 thousand hectares in six administrative units. Approximately the half (47 %) of the Maritime Region arable land concentrates here. Coal, fluorite, and rare-earth elements mining plus cement and asbestos cement construction materials production are developed as well [3].

About 130 thousand live within the boundaries of the Chinese part (the Lake Malaya Khanka basin), according to the UNEP report data [4]. Density of population is 55 per square kilometer. The data of 1998–2002 period indicate the stable state of the population number [4, 5]. The population of the Chinese part works in agriculture and fishery; coal mining and timber industry are developed insignificantly. A fishery company with maximal fish take of 1046 t per year [4] operates in the Northern part of the Lake Malaya Khanka. Full-scale development of the Lake Malaya Khanka basin land resources began relatively not long ago, in late 1980s.

The Khanka Plain water and land resources, hot summer weather, abundant raining during the vegetation period, and heavy non-saline soils served as the favorable factors for cropping of rice, one of the most water-consuming cultures. Its crops are widely spread in both Russian and Chinese parts of the basin. Areas of the irrigated lands, as well as volume of water used for this end are the main indicators for assessment of the irrigation state and development.

Beginning of the rice cultivation in the Lake Khanka basin relates to the mid-1920s. At that time, the irrigated plots were located on the boggy and previously drained lands of the Khanka Plain. Runoff of the rivers that flow to the lake was the source for irrigation. Attempts of further expansion of the rice crops with the help of river waters were not successful. Because of that, the areas of the rice plantation in the Russian part of the Lake Khanka basin did not change for several decades and did not exceed 2–3 thousand hectares.

Due to practically complete absence of the information of annual indicators of the irrigated lands in the Lake Khanka basin in the 1960–1994 period, they were determined by calculation based on the published statistical data on Maritime Region. Summarizing and analysis of the available materials [6–8] enabled us to compare areas of the irrigated land in the Lake Khanka basin and Maritime Region in particular years, to assess the Khanka plain's contribution to development of the Maritime Region irrigation, and recollect the data on the irrigated areas over the many-year period started in 1960. We have determined the dynamics of the irrigated lands area in the Lake Khanka basin for the 1995–2015 period with the help of official data provided by FGBU «Управление Примелиоводхоз». It should be noted that the portion of the rice crops in the Lake Khanka basin in respect to that of Maritime Region gradually increased from 64 % in 1965 to 94 % in 2015. (Table 1).

Table 1. Irrigation development of the Khanka Plain contribution in the Maritime Region irrigated farming, thousand hectares

Territory	1965	1970	1985	1995	2000	2015
Maritime Region	11,9	23,8	62,4	58,9	6,53	20,8
Khanka Plain	7,69	16,2	52,3	50,0	6,06	19,6
Contribution, %	64	68	84	85	93	94

The calculated and presented in Table 1 proportions have been used for restoration of the annual values of irrigated lands in the Lake Khanka basin during the periods without any data on the Khanka Plain irrigated lands accounting (1960–1994). This enables to analyze

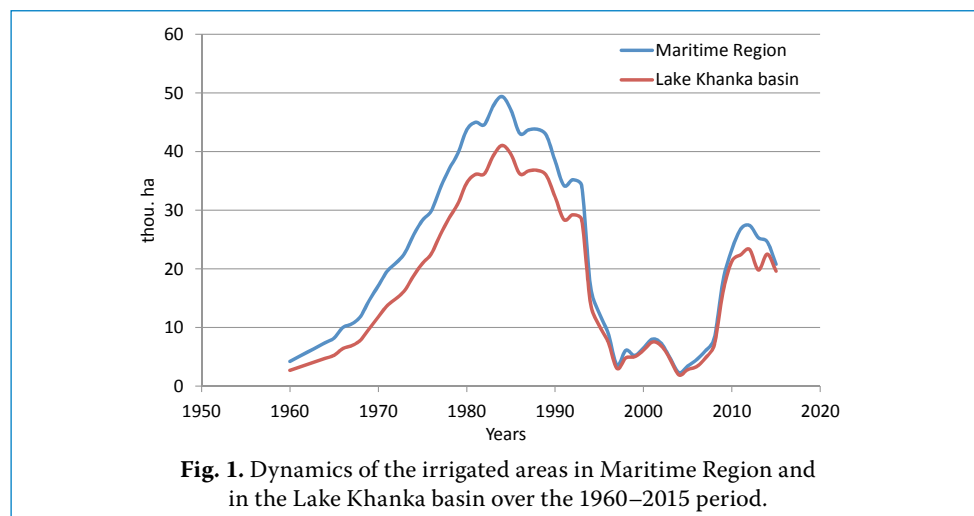
these dynamics for the whole many-year period of the irrigated agriculture development in the region. The irrigated land areas' distribution by the Lake Khanka basin administrative rayons for different years is presented in Table 2.

Table 2. A portion of irrigated lands in rice-producing administrative rayons of the Lake Khanka basin, %

Rayon	1965	1970	1980	1995	2000	2015
Spasskiy	46	40	17	17	25	15
Khankayskiy	54	57	39	36	41	34
Khorolskiy	–	3	33	38	29	41
Chernigovskiy	–	–	11	9	5	10

For a long time rice production mostly was developed in Khankayskiy rayon. When rice crop areas reached the maximal level Khorolskiy rayon began to approach Khankayskiy rayon: in 2015 the maximal portion of rice crops (41%) was registered here. Rice crops are the lowest in Chernigovskiy rayon. During the 2002–2005 and the 2011–2013 periods there were no rice crops in this rayon.

In compliance with the data from Table 1 since 1965 the irrigation development in Maritime Region occurred mostly at the expense of the rice crops increase especially in the Lake Khanka basin. As early as in 1965 more than 60 % of all rice crops of Maritime Region were concentrated there. Further on, the irrigated agriculture expansion took place mainly in the Khanka Plain and during the period of the maximal rice crops development, in the mid-1980s, more than 80% of the Maritime Region irrigated land were concentrated here. The many-year dynamics of the rice crops in Maritime Region and in the Lake Khanka basin is presented in Fig. 1.



As it is clear from the graph, noticeable growth of the crops started to be obvious only from the early 1970s when an implementation of the wide-scale melioration development plans in the Far East started. In contrast with the initial stage of rice production in the lake

basin, at that time the irrigated lands area increased due to the use of the Lake Khanka water resources. The lake also served the receiver of waste waters from the rice fields. The mid-1980s was characterized by the most developed rice production in the Russian part of the Khanka Plain. At that time, about 40 thousand hectares were irrigated annually, that was almost 80% of the irrigation fund. Some sources give rather different information: an average area of the irrigated land in the Lake Khanka basin during the period from 1970 to 1980 was 53 thousand hectares [9], while in 1980 only 44.1 thousand hectares were irrigated in the whole Maritime Region [6].

During the perestroika years, the Maritime Region agricultural sector suffered an enormous damage. The rice crops areas in the Khanka Plain Russian part decreased headily and dropped to about 2 thousand hectares in 2004. The restart of rice cultivation in the Lake Khanka basin relates to 2005–2007. Foreign investors mostly from Korea made the decisive contribution to the process [10]. Direct investments amounted to tens million dollars. Employees from China were engaged in repair/restoration on the idle irrigation systems and rice cultivation, too. In 2005, 20.8 thousand foreign citizens including more than 60% from People's Republic of China were employed in Maritime Region [11]. In Khankayskiy rayon in 2009 the portion of foreign employees in farming was 36 % [12].

In 2011–2012 about 85% of the Maritime Region total rice croppage were collected on the irrigated lands of the Lake Khanka basin [13]. By 2015 the irrigated lands area reached 19.6 thousand hectares or about 40 % of previously existed irrigation fund. A significant characteristic of the irrigated agriculture on the territory of the Khanka Plain is the fact that the Lake Khanka waters are the main source of water use. Years ago, it required a number of pump stations to be constructed to withdraw lake water and to supply it to the lands to be irrigated, disposal of collected water and discharge it back to the lake, as well as building of long-distance canals and irrigation canals network. We have analyzed the status and structure of water/economic complex in the Lake Khanka basin on the basis of information from RF Ministry of Agriculture Department of Melioration, Rosvodresursy Amur Basin Administration and references [14–18].

The Lake Khanka water/economic complex is intended to rice cultivation and protection of inhibited locations and agricultural lands against floods. Its establishment took several decades. It comprises reservoirs for purposes of irrigation, banking protective dykes, rice irrigation and water disposal systems with pump stations and irrigation canals. Nowadays there more than 30 reservoirs there, with average 30-million m³ total capacity. Mostly they are located on small rivers and springs. The banking dykes' total length is 150 km; their height varies from 2.4 to 3.7 m. Most dykes are intended for protection against river floods (84 %), the rest provide protection against pileups from the lake.

Starting from the 1970s rice irrigation systems (RIS), special hydro/melioration facilities, are being constructed in the lake basin. As early as to mid-1980s ten RISs appeared in the Russian part of the Khanka Plain [14–16]. According to the irrigation systems' certificate data, the plan was to irrigate 50.7 thousand hectares of agricultural lands including 50.5 thousand hectares with the rice crop rotation and 215 hectares for vegetables [16]. Actually, for the 2013–2015 period on average 20.6 thousand hectares or 41 % of the previously existed melioration fund were irrigated, which means that about 60 % of rice crop remained uncultivated.

Pump stations are one of the most important components of RISs. According to [19], twelve such installations were built from 1968 to 1984. Nobody knows how many of them are operating nowadays. According to the Department of Melioration data, [14], only two stations, namely Astrakhanskaya (1975) and Platon-Aleksandrovskaya (1977) have certificates. The Lake Khanka serves both water source and water recipient for these stations. The sta-

tions provide the main water intake for the whole Khanka Plain territory. The most powerful Sivakovskaya station [18] relates to the number of active stations, it is of dual purpose and it is designed for irrigation of 35 thousand hectares and drainage of 16 thousand hectares. Its pumps' productivity is $54 \text{ m}^3/\text{s}$.

Water for irrigation is lifted by stages. First water from the lake is supplied to inter-farm long-distance canals and further to the irrigated lands with the help of the second and third lifting pump station. Besides, a number of the second and third order stations (for instance, Melgunovskaya, Novoselskaya No 1 and No 2, etc.) take insignificant volume of water from the Ilistaya, Melgunovka, and Komissarovka rivers. According to the expert estimation, total volume of water withdrawn from all rivers for irrigation, as we mentioned before, is only 5% of the total water withdrawn in the Lake Khanka basin. Waste water from the rice fields discharges to the Lake Khanka by gravity through the disposal canals along the banking dykes or forcedly by the pumping to the Melgunovka, Ilistaya, Komissarovka, Risovka, and Spasovka rivers. Average annual waste water volume discharged to the lake is approximately 30–40 % of the total water intake [15, 19].

At present three drainage systems (DS) are active in the basin under investigation: Snegurovskaya and Khorolskaya in Khorolskiy rayon and Novodevichanskaya in Khankayskiy rayon [15]. The Melgunovka River serves a water recipient for Snegurovskaya and Khorolskaya DSs, and Novodevichanskiy upland canal functions as a recipient for Novodevichanskaya DS. Total designed area of drainage was 5.85 thousand hectares. In 2014 they managed to drain 4.34 thousand hectares or 74 % of the designed level.

We have to note that rather specific conditions unfavorable for the rice cultivation development are typical for Maritime Region since the beginning of economic relations reformation. At present, the pump stations and inter-farm long-distance canals are in public property. Municipal structures and private exploit farms farm canals and dykes. Such disagreement in property relations and use of hydraulic facilities caused poor technical state of them. According to [18], technical tear/wear of the irrigation systems nowadays is 67 %, for some categories of canals the figure is up to 80 %.

The water/economic sector of the considered territory also comprises two canals meant for water discharge from the lake, namely Sungachinskiy canal and the unnamed one. Their characteristics are given in [20]. We are to note that at average many-year low levels of the lake water there is no water supply from the lake to these canals. According to the field observations data of May-June 2016, the total gauged flow through them was about $13 \text{ m}^3/\text{s}$. [21].

Available data on the water/economic complex and irrigated lands development and current status in the Chinese part of the basin are fragmentary and incomplete. Therefore, we have used, along with few available publications, the space sensing data and results of direct survey of the territory performed in the course of the meeting of the Russian-Chinese Commission on transboundary waters rational use and protection Working Team in June 2016.

Intensive water works construction from the end of the past century enabled to direct a part of the Mulinkhe River runoff to the Lake Khanka basin to provide conditions for rice cultivation. Concurrently, some works on waste water disposal and irrigated water protection from rain floods were performed. A description of the modern Chinese water/economic system structure and components can be found in [20]. The irrigation dynamics can be judged about only by the retrospective satellite images of the 1976 – 2015 period. When analyzing them we divided all the period under consideration into time intervals characterized by qualitative changes in the rice irrigation system within the boundaries of the territory of interest: 1976–1984, 1984–1993, 1994–2005, and 2006–2015. [21].

The first time interval is characterized by the banking dyke construction around the future Zinshan reservoir (a distributive one) and the beginning of the construction process. From 1985 they started to supply the Mulinkhe River water to the reservoir and as early as in 1984–1993 regularly irrigated rice crops appeared on the Lake Malaya Khanka basin Northern territories. The 1994–2005 period is characterized by the intensive development of the irrigation infrastructure, water supply and water disposal systems. As a result, the irrigated rice fields' area increased twice. In the 2006–2015 period the irrigated fields area to the North from the reservoir reached its maximum, the whole territory suitable for the rice cultivation was developed.

We used the method of calculation according to [22] to assess the areas occupied by rice plantations. As a result, we obtained grounds that include all specific elements of crops detected in the images in accordance with the above method; this enabled to assess the rice crops area (Table 3).

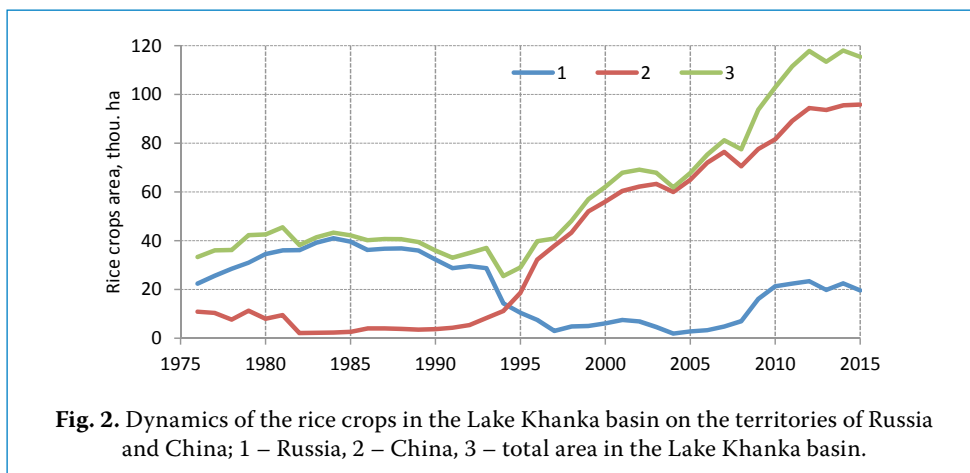
Table 3. The calculated areas of the rice crop, thousand hectares

Year	Rice crop	Year	Rice crop
1976	10,8	1998	40,8
1977	10,4	1999	49,4
1978	7,7	2000	53,4
1979	11,3	2001	57,9
1980	8,1	2002	64,8
1981	9,5	2003	60,1
1982	2,1	2004	57,9
1984	2,3	2005	62,3
1985	2,6	2006	68,6
1986	4,0	2007	72,6
1987	4,0	2008	67,0
1988	3,8	2009	73,7
1989	3,5	2010	77,3
1990	3,7	2011	84,7
1991	4,3	2012	89,7
1992	5,4	2013	88,7
1994	11,2	2014	90,5
1995	17,0	2015	90,8
1996	29,5	–	–

According to Table 3, growth of annually flooded rice fields on the Chinese territory over the whole period was 80 thousand hectares: from 11 thousand to 91 thousand. At present, in the mean water content conditions the withdrawn Mulinkhe River runoff is completely spent for the rice cultivation purposes. Fig. 3 shows the combined graph of the total rice crops changes in the Russian and Chinese parts of the Lake Khanka basin based of the obtained outputs.

As we have mentioned before, they started rice cultivation in the Russian part of the Lake Khanka shore in 1920s, while annual data on rice cultivation in China are available only from 1976. In 1976 totally there were 33 thousand of rice crops in the Lake Khanka basin, includ-

ing 10 thousand in the Chinese part of the catchment. Maximal areas of rice crops on the Russian territory relate to the mid-1980s, while increase of this culture fields' area in China started only in the mid-1990s.



As Fig. 2 shows, a continuous increase (with variations) of the total rice crops occurred in the Lake Khanka basin over the period under consideration: from 33 thousand hectares in 1976 to 115 thousand hectares in 2015. At this, contributions of Russian Federation and PRC appeared to be different. Before 1994 the rice crops area in Russia exceeded the analog figures in China. In some years, the contribution of Russia reached 95 %. However, since 1995 priority in rice cultivation passed to China (PRC) and in 2004 the Russian portion was only 3% of the total rice crops area in this basin. Only starting in 2010, in connection with resurrection of the rice cultivation in Maritime Region the contribution of Russia increased up to 18 %.

WATER RESOURCES AND THEIR USE IN THE LAKE KHANKA BASIN

As we noted before, the Lake Khanka waters are the source of water for the rice crops irrigation on the territory of Russia. The lake volume changes according to its level fluctuations. On average, for the period from 1949 to 2015 the volume was estimated as equal to 18.2 km³ with fluctuations from 13.7 to 22.3 km³. The total water withdrawal from the Lake Khanka during the period of maximal development of rice plantation did not exceed 4 % of the water volume in the lake.

Five rivers flow to the Lake Khanka from the Chinese territory, their total area is estimated in 926 km². There are no available hydrometric observation data for these rivers. The value of these rivers' water resources was tentatively calculated with the help of the runoff module of the analog Bolshiye Usachi River. On average, for the period from 1949 to 2015 according to the State Hydrological Institute (SHI) data, the Malaya Khanka basin water resources were approximately 0.05 km³/year [21]. Naturally, the said volumes of runoff failed to provide development of considerable rice crops on this territory. This was the reason why the Mulinkhe River waters were transferred to the Lake Malaya Khanka basin.

Data on quantity of the water resources transferred by the Mulinkhe River are not available. According to [5], its resources are estimated in 2.2 km³/year. According to SHI, the Mulinkhe River runoff in the reach of Khubey water work facilities that regulate water supply

to the river downstream and withdrawal to the Dongdi canal is approximately 1.26 km³/year [21]. Currently at least 50 % of this volume is supplied annually to provide rice plantation in the Lake Malaya Khanka basin.

To assess the current status of the water use and water withdrawal many-year dynamics in the Lake Khanka basin we had to summarize and analyze the data on direct accounting of water withdrawal and disposal in the lake basin over the 1985–2015 period submitted by Amur water basin administration and Maritime Section of TFGI for the Far East Federal District.

The above said analysis indicates that over the past 15 years average annual intake of water for all economic purposes (total water withdrawal) in the Lake Khanka basin was 156.2 million m³, discharge volume was 53.4 million m³. Within the water use structure the most portion of water is used in agriculture (irrigation): 92.33 % [15], for drinking/domestic purposes: 3.67 %, for municipal agricultural use – 0,02 %, for industrial needs – 4 % [15]. About 95% of the total volume used for irrigation are taken directly from the lake, while the rest 5% are taken from the rivers of its basin. Average annual volume of irrevocable losses (water consumption) in the Lake Khanka basin is 102.8 million m³ and it is maximal in Maritime Region reaching up to 70% of the total water withdrawal.

Over the 1960–1985 period, when the rice crops in this area reached the maximal level any information on water withdrawal and water disposal is practically unavailable. We had to analyze all statistical data on water use in Maritime Region to perform estimation of total water withdrawal and water consumption over the said period. Since 1990, these data have been compared with the available information from Amur Water Basin Administration on the water use in the Lake Khanka basin, as well as with the materials on the irrigated lands development dynamics in both Maritime Region and Khanka Plain. We have restored the data concerning water intake by expert means and this have allowed us to assess the many-year dynamics of the total water withdrawal and the irrigation impact upon the Lake Khanka water regime during the different periods of economic use of this basin land and water resources.

Availability of actual and calculated data on the irrigated areas over the many-year period, amounts of water consumption determined by the difference between water withdrawal and water disposal (according to official accounting information for particular years) enabled to restore the amounts of total water withdrawal and water consumption over the whole period of economic activities in the lake basin. Analysis of the data has shown that for a one hectare of the irrigated lands the irrevocable losses can amount to 7–9 thousand m³ per year.

Fig. 3 presents actual and by the expert opinion determined values of total water withdrawal and water consumption in the Lake Khanka basin in 1960–2015.

In the 1920–1950 period water volumes were negligible as during this period rice cultivation systems were small fields located in the rivers' floodplains. At that time about 90 % of the rice crops were irrigated only from the rivers by gravity, while the rest were irrigated through mechanical lifting of water [23].

Maximal quantities of water necessary for irrigation were withdrawn from the lake on the mid-1980s. By 1985 the amount of the total water withdrawal reached more than 600 million m³. Minimal values of water withdrawal were registered in the 2002–2007 period when rice cultivation in the Khanka Plain was practically abandoned. The rice cultivation restoration started in 2008 and this immediately affected the total water withdrawal increase. By 2012 water withdrawal increase up to 292 million m³, while in the 2013–2015 period an insignificant decrease of water use caused by the rice crops decrease occurred.

For the entire period of the anthropogenic activity the water consumption has also varied widely from 40 up to 390 million m³ per year. The highest values of irrevocable losses are associated with the years of the most development of irrigated agriculture in the Lake Khanka

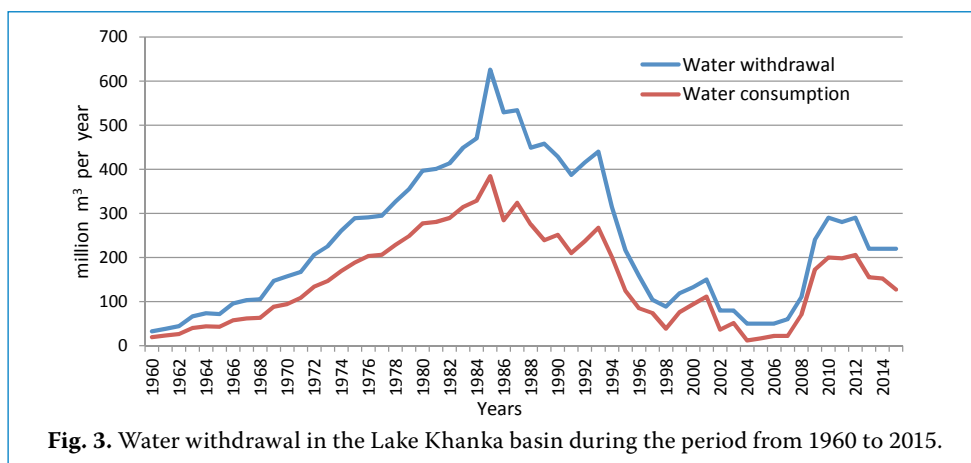


Fig. 3. Water withdrawal in the Lake Khanka basin during the period from 1960 to 2015.

basin (1983–1988). At that, the values of the maximal water consumption in this period (about 16 km³) were only 2–3 % in comparison with the total lake volume.

We have to note that actual values of water consumption over the 2004–2007 period given in Fig. 4 are rather doubtful as in case of 3–6 thousand hectares (Fig.1) such sharp drop (up to 10 million m³ per year) seems not to be happen. Apparently, this is connected with underestimation of the water used for irrigation: during the process of privatization the rice system land shares were bought by private persons and legal entities, property relations between shareholders (owners of melioration network and inter-farm structures were disturbed and this caused distortion of account data concerning water withdrawal and water disposal.

There are no data on water use in the Chinese part of the Lake Khanka basin, namely in the Lake Malaya Khanka basin where the irrigated lands are located. According to the tentative estimations, about 0.6–0.7 km³ of the Mulinkhe River runoff are used for irrigation.

WATER USE IMPACT TO THE LONG-TERM DYNAMICS OF LAKE KHANKA LEVEL

Analysis of the data on water use for different economic needs within the Russian part of the Lake Khanka basin has shown that only irrigated agriculture out of all anthropogenic factors can impact the lake water level fluctuations that are formation of water resources irrevocable losses (water consumption) in the process of rice cultivation in the lake basin. The irrevocable losses volume directly depends on the rice crops area: the greatest volumes of water consumption are connected with the periods of maximal development of rice cultivation. The water consumption decrease occurred when the rice crops areas decreased or were insignificant. Thus, in 1984–1987 when the rice crops area in the lake basin were the most water consumption for irrigation was not more than 2–2.5 % of the lake water resources while the water volume of the lake was 15.5–16.5 km³. In other years the water consumption did not exceed 0.4–0.6 %.

Over the 2000–2015 period water consumption was not more of 0.5 % from the Lake Khanka water resources with 19.3 km³ water volume. Thus, amount of water consumption appeared to be small in comparison with the water volume in the lake. We must note that irrigation on the Russian territory more distinctly affected the lake water quality. During the period of maximal rice cultivation the lake water quality drastically deteriorated because of waste input from the rice fields [24]. In the successive years when the water level rising began to look evident, the observed negative phenomena gradually disappeared.

Estimation of the irrevocable losses in respect to the Lake Khanka water volume enabled to determine the water level changes caused by irrigation. The pre-performed calculations were based on accounting of the difference between the conditionally natural (restored) and the observed water levels in the lake. Conditionally natural or restored level values are the level values without effects of any economic activities, i. e. agriculture and accompanying water/economic complex. We determined these characteristics' values gradually. At the first stage, we assessed calculated conditionally natural values of the Lake Khanka levels based on accounting of the annual lake volumes and annual volumes of water consumption for irrigation. As the economic use of the lake water and the inflowing rivers' water promoted the lake water level lowering, the restored level values appeared to be higher than that of the observed levels. Changes of the difference between the restored and observed levels depended on the conditions of the rice cultivation development in the Lake Khanka basin.

In connection with the increase of the restored, in comparison with their observed values, the outflow from it would inevitably increase. Therefore, at the second stage of calculations we determined the new, restored outflow from the lake with caused the corresponding decrease of the Lake Khanka level dropping.

Due to the insignificant volume of water consumption for irrigation, the restored values of the water level in the lake differed little from the observed values (Fig. 4).

In the early 1960s the Lake Khanka level decrease in respect of its conditionally natural state did not exceed 5–7 cm due to the insignificant rice crops areas. In the period of the maximal irrigation development in the lake basin (the mid-1980s) the water level by restored values should be 8–11 cm higher that that observed in reality. In connection with the sharp decrease of the rice cultivation scale in the middle of this century first decade difference between the restored and the observed values of the level should not exceed 2–3 cm. In the current conditions, due to the rice cultivation restoration, the restored water level in some years should be 6–9 cm higher that that observed. On the average, during the 2000–2015 period the restored level should be only 3 cm higher that that measured. With the rice crops areas up to 3–4 thousand hectare the difference between the restored and the observed water levels did not exceed 1–2 cm or was not present at all.

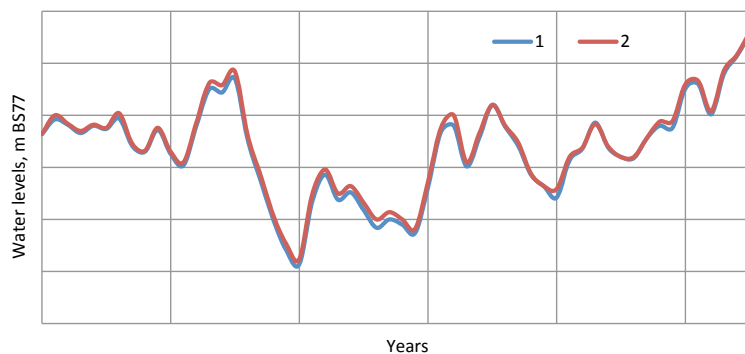


Fig. 4. The Lake Khanka levels in 1960–2015: 1 – observed, 2 – reconstructed.

Thus, over the whole period of rice cultivation in the Russian part of the Lake Khanka basin the water use impact upon the lake level appeared to be expressed only in its decrease, at that, in very insignificant degree.

On the Chinese territory irrigation is a dominant factor, too. It influences the Lake Malaya Khanka and the Lake Khanka regimes. Analysis of the currently existed scheme of the Mulinkhe River runoff transfer to the Lake Khanka basin with taking into account implementation of the Chinese development project and the data on the existing irrigated areas enable to conclude the following on the irrigation impact in the Lake Malaya Khanka basin on the Lake Khanka water level: in case of the decreased water content of the Mulinkhe River it is natural to suppose that the river water resources of its own would be insufficient to cover the irrigation needs. As a result, water intake from the Lake Khanka to the Lake Malaya Khanka with pump stations could be carried out. These stations maximal capacity after reconstruction can be brought to 100 m³/s.

In high-water years an increased volume of water is supplied from the Mulinkhe River to the Dongdikhe Canal and this is in accordance with [5] as the regulating lock in the Mulingkhe River limits the flow downstream of the canal, at that the discharge to the canal is not regulated. In order to prevent flooding of the irrigated fields and the territories intended for building all water excess is discharge via the Dongdikhe Canal to the Tsinsan reservoir. A part of water is transferred from the reservoir through to canals to the Sungach River, being distributed by the rice crops along its way. There is no any information about quantities of water discharged by these canals, however, they can have some compensatory effect on the input to the Lake Khanka supplying water directly to the Sungach River bypassing the lake. The balance water from the Mulinkhe river is to be discharged to the Lake Malaya Khanka and further via the release hydro power stations it is to be transferred to the Lake Khanka. In accordance with the two release hydro power stations, the value of discharge to the Lake Khanka can reach 200 m³/s. This is a designed value with low probability. However, if we suppose that during a high-water period the Lake Khanka would receive about 100 m³/s, it would mean that during four vegetation months the lake would additional accept about 1 km³ of water, and this might cause 25 cm increase of the water level [21].

CONCLUSIONS

We can make the following conclusions based on the analysis of the irrigated agriculture development in the Lake Khanka basin and the data on the water use for the above purposes. We have stated that irrigated agriculture is the main kind of economic activities in the Lake Khanka basin. The irrigation development the lake basin facilitated establishment of the hydraulic facilities complex providing water supply from the lake to the Russian part of the lakeshore and transfer of the Mulinkhe River runoff to the Lake Malaya Khanka basin on the Chinese territory.

We assessed the obtained quantitative indicators of the irrigation amount within the Russian boundaries based on statistical materials, while the analog data on the Chinese territory we assessed based on satellite images made in the 1976–2015 period. In general, the rice cultivation increased (with some fluctuations) in the Lake Khanka basin over the many-year period. At that, in the Russian part of the basin stable decrease of rice crops occurred since the second half of 1980s and only over the past years an insignificant increase seemed to be observed. Within the boundaries of the Chinese part of the basin a prominent increase of the rice crops amount took place since 1990s. Mostly china is responsible for the current total increase of the rice crops, as the contribution of Russia does not reach even 20 %.

Due to the existing social/economic factors and favorable natural conditions for rice cultivation, the Lake Khanka basin economy water supply source on the territory of Russia is mostly the lake (95 %), the Lake Khanka basin rivers provide the balance. Over 90 % of the water intake are used for the rice fields' irrigation. On the Chinese territory of the basin the Mulinkhe River waters provide water supply for the rice fields depending on the river

water content. The Lake Khanka waters' use on the territory of China is possible only in low-water years through the water pumping out from the Lake Khanka to the Lake Malaya Khanka.

Analysis of the official information and the expertly restored data on the water withdrawal volume enabled to assess the irrigation water use dynamics and the amount of water consumption in the Russian part of the lake basin. Over the past two decades, water withdrawal in the Lake Khanka basin was on the average 156 million m³, and water discharge was 53 million m³. At that, water volumes spent for production and household needs were approximately equal. Irrevocable losses in the Lake Khanka basin reach the maximal values for Maritime Region that is up to 70 % of the total water intake volume. The minimal values of water withdrawal were registered in the 2004–2007 period (45–50 million m³) when rice production in the Khanka Plain was practically stopped. Further on, the water withdrawal began to increase, with the increase of the rice crops, up to 292 million m³ in 2012.

To perform the quantitative estimation of the impact of the economic activities in the lake basin on its level many-year dynamics, we studied the water consumption changes over the whole period of the rice cultivation development since the 1960s. Over the period under investigation, the water use impact on the lake level in the Russian part of the Lake Khanka basin appeared only in the forms of its decrease and only to the insignificant degree. On the Chinese territory, the present system of hydraulic facilities provides the Mulinkhe River runoff transfer to the Lake Malaya Khanka basin and water exchange between the two lakes. During the low-water periods, the water transfer from the Lake Khanka to the Lake Malaya Khanka is stipulated for and this can cause the insignificant decrease of its level. During the high-water periods, the Mulinkhe River runoff surplus is to be discharged to the Lake Khanka with possibly rising of the water level in it.

About the authors:

Zhanna A. Balonishnikova, PhD, Academic Secretary, Head of the Water Use and Water Availability Department, State Hydrological Institute, 198053, Saint-Petersburg, Second Line, 23, e-mail: jeannabalonishnikova@gmail.com

Kirill V. Tsytsenko, Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher, State Hydrological Institute, 198053, Saint-Petersburg, Second Line, 23, e-mail: ktsytsenko@gmail.com

Lubov S. Kramareva, Director of the Far Eastern Center of the SRC «Planeta», 680000, Khabarovsk, Lenina st. 18, e-mail: kramareva@dvrpcpod.ru

For citation: Balonishnikova Z.A., Tsytsenko K.V., Kramareva L.S. *Water Resources Use in the Lake Khanka Basin // Water Sector of Russia. 2019 No. 3. P. 38-70.*

REFERENCES

1. Primorskij kraj [Maritime Region]. [Elektr. resurs]. Rezhim dostupa: <http://.wikipedia.org/>. [in Russian]
2. Chislennost' naseleniya Primorskogo kraja [The population of Maritime Region]. [Elektr. resurs]. Rezhim dostupa: <http://primstat.gks.ru/>. [in Russian]
3. Administraciya Primorskogo kraja [Primorsky Region administration]. [Elektr. resurs]. Rezhim dostupa: <http://prim.ru/>. [in Russian]
4. Diagnostic Analysis of the lake Xingkai/Khanka basin (People's Republic of China and Russian Federation). Nairobi: UNEP, 2001. 136 p. [in Russian]
5. Xiangcam J., Xia Jiang. Experience and learned brief for lake Xingkai/Khanka // Materialy mezhdunarodnoj konferencii « Sostoyanie i perspektivy rossijsko-kitajskogo sotrudnichestva v oblasti ohrany okruzhayushchej sredy i upravleniya vodnymi resursami. M. 2007. S. 81-108. [in Russian]

6. Primor'e v X pyatiletke [Maritime Region in the 10th Five Year Plan]. Statisticheskij sbornik. Vladivostok: Vladivostokskoe knizhnoe izdatel'stvo. 1982. 96s. [in Russian]
7. *Tur A.S., Korlyakov A.S., Nosovskij V.S.* Kompleksnoe osvoenie zemel' pod ris v Primorskom krae [Integrated development of land for rice in Maritime Region]. Vladivostok. Dal'NIIGiM. 1985. 107s. [in Russian]
8. O konservacii gidrotekhnicheskikh sooruzhenij na oroshaemyh risovyh sistemah Primorskogo kraja [On the conservation of hydraulic structures on irrigated rice systems of Maritime Region]. Rasporyazhenie gubernatora Primorskogo kraja ot 22.04.1996g., № 414-R.[Elektr.resurs].Rezhim dostupa:<http://primorsky.regnews.org/de/dos/sy.htm/>. [in Russian]
9. *Bortin N.N., Gorchakov A.M.* Prichiny ekstremal'no vysokogo urovnya vody transgranichnogo ozera Hanka [Causes of the extremely high water level of the transboundary lake Khanka] // *Vodnoe hozyajstvo Rossii*. 2016. №4. S. 62-84. [in Russian]
10. *Vozrodit' proizvodstvo risa* [Revive rice production]. [Elektr. resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.pkokprf/info/5153/>. [in Russian]
11. *Ratnikova I.P.* Ispol'zovanie inostrannoju rabochej sily v Primorskom krae [The use of foreign labor in Maritime Region] // *Vestnik DVO RAN*. 2007. №4. S. 119-121.
12. *Ivashchenko P.* Svoego risa v Primor'e stanet bol'she [There will be more rice in Maritime Region]. [Elektr. resurs]. Rezhim dostupa: <http://novostiv.ru/msg/8290.htm/>. [in Russian]
13. *Volgina O.A., Gusev E.G., Lihosherst E.N.* Sostoyanie i perspektivy razvitiya risovyh kul'tur v Primorskom krae [The state and prospects of development of rice crops in Maritime Region] // *Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i servisa*. 2013. № 5 (23). S. 51–60. [in Russian]
14. Pasporta gidrotekhnicheskikh sooruzhenij Primorskogo kraja [Passports of hydraulic structures of Maritime Region]. Departament melioracii Minsel'hoza Rossijskoj Federacii. [Elektr. resurs]. Rezhim dostupa: <http://mex-dm.ru/gts/>.
15. Otchet «Dorabotka proekta SKIVO po bassejnu r. Amur» [The report «Finalization of the Scheme for the integrated use of water bodies project in the Amur River basin»]; FGBU RosNIIVH. Ekaterinburg. 2012. 108 s. [in Russian]
16. Problemy risoseyaniya rossijskogo Dal'nego Vostoka [Problems of rice cultivation in the Russian Far East]. Vladivostok: Izd-vo Dal'nevostochnogo universiteta, 1999. 192 s.
17. Kalendar' znamenatel'nyh sobytij, pamyatnyh dat i professional'nyh prazdnikov v sfere melioracii [Calendar of significant events, memorials and professional holidays in the field of land reclamation]. [Elektr. resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.mcx.ru/documents/file-document/v7-show/31066.133.htm/>. [in Russian]
18. *Nosovskij V.S., Nosovskij S.V., Zolotov B.A.* Sovershenstvovanie organizacii upravleniya proizvodstva risa v Primorskom krae [Improving the organization of the management of rice production in Maritime Region] // *Izvestiya DVFU ekonomik i upravleniya*. 2015. № 3. S. 42-53. [in Russian]
19. *Romanova N.V., Korlyakov A.S.* Issledovanie vozmozhnosti ispol'zovaniya kollektornosbrosnyh vod dlya orosheniya risa v Primorskom krae [Study of the possibility of using wastewater for irrigation of rice in the Maritime Region]; Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet (DVG TU). Vladivostok. 2007. [Elektr. resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.rusnauka.com/1Q-2007/Agrikole/18043.doc.htm/>. [in Russian]
20. *Georgievskij V.Yu., Shalygin A.L., Bolgov M.B., Korobkina E.A.* Mnogoletnie kolebaniya urovnya ozera Hanka i problemy yego regulirovaniya [Long-term fluctuations in the level of Lake Khanka and the problems of its regulation] // *Vodnoe hozyajstvo Rossii*. 2017. №3. S. 69-88. [in Russian]

21. Otchet o NIR (zaklyuchitel'nyj) FGBU GGI / ruk. V.Yu. Georgievskij «Nauchnye issledovaniya po izucheniyu gidrologicheskikh osobennostej vodnogo rezhima ozera Hanka v celyah opredeleniya prichin anomal'nogo povysheniya urovnya vody v ozere, formirovaniyu kompleksa mer po snizheniyu vozdejstviya na territoriyu Primorskogo kraja [Report on research (final) «Scientific studies on the hydrological features of the water regime of Lake Khanka in order to determine the causes of the abnormal rise in the water level in the lake, the formation of a set of measures to reduce the impact on the territory of Primorsky Region»]. SPb. 2016. 236 s. [in Russian]
22. Otchet o NIR (zaklyuchitel'nyj) DC FGBU «NIC «Planeta»/ ruk. Kramareva L.S. «Analiz dannyh po ispol'zovaniyu vodnyh resursov bassejna ozera Hanka, dinamiki ploshchadej orosheniya zemel', kanalov, gidrotekhnicheskikh sooruzhenij, zavisimosti ploshchadi akvatorii ozera ot ego urovnya po dannym kosmicheskikh snimkov» [Report on research (final) «Analysis of data on the use of water resources of the Khanka Lake Basin, the dynamics of irrigated land areas, channels, hydraulic structures, the dependence of the lake area on its level according to satellite image data]. Khabarovsk. 2016. [in Russian]
23. *Neunyalov B.A., Oznobihin V.I., Tur A.S.* Ispol'zovanie zemel' pod ris i sostoyanie risoseyeniya na Dal'nem Vostoke [The use of land for rice and the state of rice growing in the Far East]. Preprint: Vladivostok, DVO RAN SSSR. 1988. 34s. [in Russian]
24. *Semykina G.I.* Obzor sostoyaniya i zagryazneniya oz. Hanka po materialam Gosudarstvennoj seti nablyudenij za zagryazneniem okruzhayushchej sredy [Overview of the state and pollution of the Lake Khanka based on the State Observation Network for Environmental Pollution] // Trudy vtoroj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii problemy sohraneniya vodno-bolotnyh ugodij mezhdunarodnogo znacheniya: ozero Hanka. Spassk-Dal'nij. 2006. S.190-200. [in Russian]