

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 626.82:627.152

Применение каналов переброски стока на территории России и за рубежом

Юрий Михайлович Косиченко¹, Виктория Федоровна Талалаева²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹kosichenko-11@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9648-6441>

²vika-silchenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2541-204X>

Аннотация. Цель: обобщение данных об основных технических характеристиках и назначении крупных каналов переброски стока России и зарубежья. **Материалы и методы.** В условиях развития многоотраслевого народного хозяйства на территории многих стран возникает необходимость наиболее полного использования природных водных ресурсов. В связи с этим целесообразно проектировать и сооружать каналы комплексного назначения, удовлетворяющие как можно больше потребностей населения, промышленности и сельского хозяйства. **Результаты и обсуждение.** Изменение годового стока рек происходит из-за различных факторов, таких как строительство плотин, водохранилищ, увеличение использования воды для орошения и производства электроэнергии. Эти факторы могут привести к уменьшению количества воды, поступающей в реки, что может вызвать проблемы, связанные с изменением уровня воды и наводнениями. Необходимо принимать меры для сохранения и защиты водных ресурсов, чтобы избежать негативных последствий изменения годового стока. Системы переброски стока рек представляют собой инженерные сооружения, которые позволяют перенаправлять часть речного стока из одной реки в другую. Они могут использоваться для решения различных задач, включая регулирование уровня воды в реках, обеспечение водоснабжения для различных нужд. **Выводы.** В мире наиболее крупной системой переброски стока воды является система каналов в Китае, позволяющая перебрасывать воду из рек и озер для орошения полей, а также для обеспечения питьевой водой населения. В России к крупнейшим системам переброски стока относятся канал имени Москвы, Большой Ставропольский канал, протяженностью более 288 км, и др.

Ключевые слова: канал, переброска стока, водные ресурсы, водообеспечение, орошение

Для цитирования: Косиченко Ю. М., Талалаева В. Ф. Применение каналов переброски стока на территории России и за рубежом // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. Т. 91, № 3. С. 169–185.

HYDRAULIC ENGINEERING, HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

Original article

Flow transfer channels use in Russia and abroad

Yuri M. Kosichenko¹, Viktoria F. Talalaeva²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹kosichenko-11@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9648-6441>

²vika-silchenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2541-204X>

Abstract. Purpose: data generalization of the basic technical specifications and purpose of large channels for runoff diversion in Russia and abroad. **Materials and methods.** With the development of a diversified national economy in many countries, there is a need for the fullest use of natural water resources. In this regard, it is advisable to design and construct multiple purpose channels to meet as many requirements of population, industry and agriculture as possible. **Results and discussion.** The changes in the annual flow of rivers occur due to various factors such as the construction of dams, reservoirs, the increased use of water for irrigation and power generation. These factors can lead to a decrease in the amount of water flowing into rivers, which can cause problems with changing water levels and flooding. Measures must be taken to conserve and protect water resources to avoid the negative consequences of changes in annual flow. River flow diversion systems are engineering structures that make it possible to redirect part of the river flow from one river to another. They can be used to solve various problems, including water level control in rivers and providing water supply for various needs. **Conclusions.** The largest water diversion system in the world is the channel system in China, which allows water be transferred from rivers and lakes to irrigate fields, as well as to provide drinking water to the population. In Russia, the largest water diversion systems include the Moscow Canal, the Great Stavropol Canal, with a length of more than 288 km, etc.

Keywords: channel, flow transfer, water resources, water supply, irrigation

For citation: Kosichenko Yu. M., Talalaeva V. F. Flow transfer channels use in Russia and abroad. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2023;91(3):169–185. (In Russ.).

Введение. В последние годы во всем мире возрастает проблема недостатка пресной воды. Это связано с рядом факторов, включая рост населения, урбанизацию, изменение климата и др.

Для решения водохозяйственных проблем во всем мире используется межбассейновое перераспределение стока с помощью крупных каналов переброски стока, служащих для передачи свободных водных ресурсов в наиболее напряженные по водообеспечению регионы. Такие сооружения помогают решить эту проблему недостатка воды для использования в сельском хозяйстве, промышленности, хозяйственно-бытовых и других целях. Помимо этого, каналы переброски стока могут использоваться для увеличения объема воды в реках и озерах, что может помочь улучшить условия для рыболовства, развития туризма и рекреационных зон в районах, где они используются [1].

Обзор исследований различных авторов [1–10] показывает, что во-

просы переброски водных ресурсов по каналам приобретают в последнее время все большую актуальность. Следует отметить, что при проектировании и эксплуатации каналов комплексного назначения обычно возникают трудности из-за противоречивых требований к конструкции канала и условиям его эксплуатации со стороны различных отраслей народного хозяйства, обслуживаемых каналом. Использование таких сооружений должно осуществляться с учетом экологических и социальных аспектов, чтобы минимизировать негативные экологические и социальные последствия.

Целью данной работы являлся обзор и обобщение данных об основных технических характеристиках и назначении крупных каналов переброски стока.

Материалы и методы. Рассмотрим существующие классификации переброски речного стока. Так, по гидрографическим критериям можно выделить три разновидности переброски стока: локальные, внутри- и межбассейновые. Классификация перебросок речного стока производится и по масштабу (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация переброски речного стока по масштабу [4]
Table 1 – Classification of river flow transfer by scale [4]

Категория переброски	Объем переброски W , км ³ /год	Длина трассы переброски L , км	Сводный показатель масштаба переброски $W \cdot L$, км ³ /год·км
Наименьшая (мелкомасштабная)	< 1	< 100	< 100
Средняя (среднемасштабная)	1–2,5	100–400	100–1000
Крупная (крупномасштабная)	2,5–5	400–1000	1000–5000
Очень крупная (по масштабу)	5–10	1000–2500	5000–25000
Крупнейшая (по масштабу)	> 10	> 2500	> 25000

Локальные (местные) переброски стока, осуществляемые внутри одного речного бассейна. Такие переброски стока производятся для небольших бассейнов рек при орошении полей и городских систем водоснабжения. Рассматриваемый вид территориального распределения водных ресурсов используется в аридных орошаемых зонах. Локальная переброска стока осуществляется для наиболее крупных дренажных каналов, которые

отводят воду с заболоченных полей и территорий, а также из населенных пунктов и ближайших водных артерий. Исходя из этого, локальная переброска стока производится из реки или переувлажненной части бассейна в водоток или водоприемник. При этом трассы перебросок стока имеют ограниченную протяженность, не более 100–200 км.

Внутрибассейновые переброски стока, перераспределяющие сток в пределах речных бассейнов, имеющих выход в озеро, залив, которые характеризуются местными или локальными водоразделами. При этом имеющийся водозабор осуществляет использование воды на хозяйственные нужды и сброс воды в пределах одной гидрографической системы. Как правило, длина трасс внутрибассейновых перебросок стока не превышает 500 км.

Межбассейновые переброски стока, осуществляющие перераспределение воды между речными бассейнами, имеющими выход в моря и озера. К этому классу относится большинство крупных систем перебросок стока. Их длина изменяется от нескольких десятков до тысячи километров и более.

По политико-административному критерию переброски стока могут быть внутригосударственными (или национальными), не выходящими за пределы одного государства, и межгосударственными, имеющими возможность осуществлять водообмен между двумя или несколькими государствами. Пример – переброска стока рек Канады в США и далее в Мексику (проект NAWEA) [5, 9].

По целевому назначению переброски стока выделяют для нужд водоснабжения, судоходства, гидроэнергетики, орошаемого земледелия, осушения переувлажненных территорий, а также комплексных систем, решающих целый ряд региональных задач и несколько водных проблем.

Следует отметить, что наиболее важные характеристики системы переброски стока – объем транспортируемой воды (W) и расстояние, на которое она подается (L). Учитывая два основных критерия, целесообразно их классифицировать по сводному показателю ($W \cdot L$, км³/год·км). Поэтому та-

кой сводный показатель будет давать приближенную классификацию переброски стока по масштабу, приведенную в таблице 1.

Каждая из этих классификаций имеет свои преимущества и недостатки, и выбор конкретной классификации зависит от целей и задач, которые необходимо решить с помощью переброски стока.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим комплексный сводный показатель на примере действующих крупных каналов, а именно приведенные комплексные показатели в виде системы объединенных параметров, которые рассматриваются для Большого Ставропольского канала (БСК).

БСК включает распределенную систему отводящих каналов, главный канал переброски стока Кубани, состоящий из I очереди протяженностью 150 км. Далее канал разделяется на Широкий канал, Саблинский, Чернолесский и Октябрьский распределительные каналы, которые включают II, III и IV очереди. В настоящее время канал включает четыре очереди длиной 288 км, система каналов будет включать шесть очередей с суммарной длиной 480 км [11, 12].

В России изменение годового стока рек происходит из-за строительства плотин и водохранилищ, которые уменьшают количество воды, поступающее в реки. Также изменение годового стока происходит из-за увеличения использования воды для орошения земель и производства электроэнергии [13]. На рисунке 1 представлено изменение годового стока рек России под влиянием хозяйственной деятельности.

Водопотребление в России, как и в других странах, растет с каждым годом из-за роста населения, развития промышленности и сельского хозяйства. По данным Федеральной службы государственной статистики [13], в 2022 г. объем потребляемой воды в России составил 87,5 млрд м³. Это на 1,1 % больше, чем в 2021 г. При этом на долю промышленности приходится около 65 % от общего объема водопотребления, на сельское хозяйство – около 20 %, а на бытовые нужды – около 15 %. Рост водопотребления свя-

зан с увеличением количества предприятий и населения, а также с ростом потребления воды в бытовых условиях. Однако для сохранения водных ресурсов необходимо принимать меры по их рациональному использованию и охране. На рисунке 2 представлена динамика водопотребления в России.

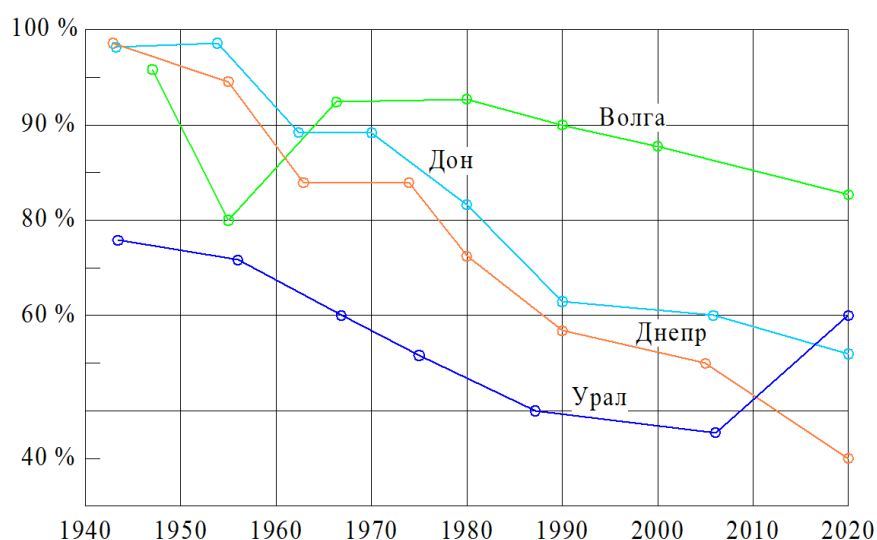


Рисунок 1 – Изменение годового стока рек России под влиянием хозяйственной деятельности

Figure 1 – Changes in the annual flow of rivers in Russia under the influence of economic activity

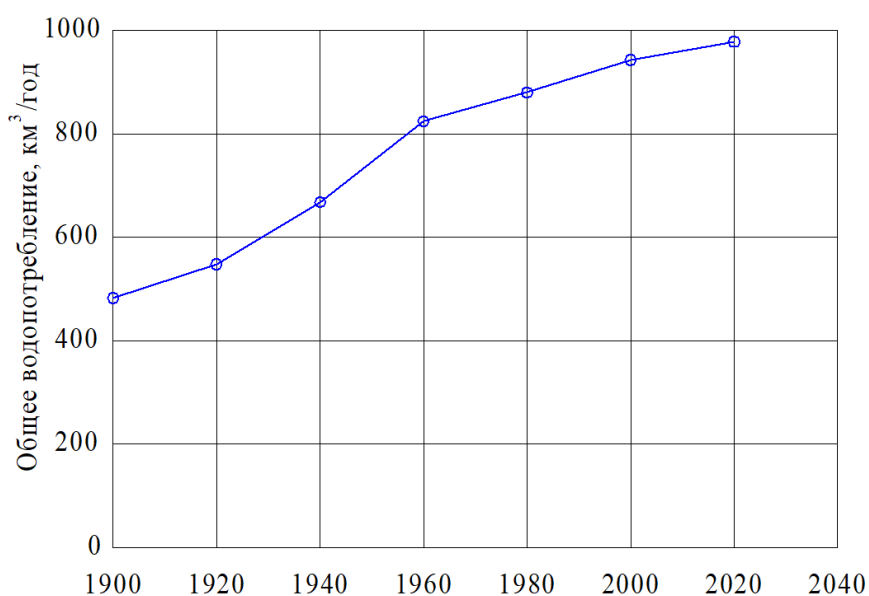


Рисунок 2 – Динамика водопотребления в России

Figure 2 – Water consumption dynamics in Russia

В таблице 2 приведены инженерно-технические характеристики, представлены водные объекты и крупные проекты.

Таблица 2 – Инженерно-технические характеристики функционирующих и проектируемых систем переброски речного стока [5]

Table 2 – Engineering and technical characteristics of operating and designed river flow transfer systems

Система (страна)	Объем переброски, км ³ /год	Трасса переброски, км							Плотины, количество	Насосные станции, количество	Водохранилища	
		Общая протяженность	Магистральные каналы	Распределительные каналы	Туннели	Трубопроводы	Русла рек	Антиреки			Количество	Полный объем, км ³
Иртыш – Караганда (Казахстан)	1,4	460	280	–	–	–	–	180	14	26	15	1,4
Обь – Средняя Азия (Казахстан, Узбекистан)	25,0	2900	2300	9600	–	–	–	650	5	12	1	7,0
Каракумский канал (Туркменистан)	11,0	1100	–	–	–	–	–	–	18	25	26	3,5
Водный проект штата Калифорния (США)	5,2	800	280	1040	33	397	150	–	35	18	33	12,2
Центральная долина (США)	7,5	600	200	800	–	–	400	–	21	–	30	27,0
Проект NAWEA (США)	100	> 8000	10000	–	3000	–	–	–	–	–	–	> 1000
Черчилл (Канада)	24	300	35	–	–	–	265	–	8	–	8	> 6,0
Снежные горы (Австралия)	4,4	500	–	–	140	80	300	–	16	2	7	10,0

Так, водохозяйственные системы Калифорнии «Водохозяйственный проект» (был разработан в начале 2000-х гг.) и федеральный проект «Центральная долина» (направленный на экономическое развитие региона) требуют провести переброску стока объемом около 13 км³/год из северных штатов в засушливую южную часть, они включают три магистральных канала длиной 200, 100 и 175 км, 1800 км магистральных каналов, 33 туннеля. Цель проекта – улучшить качество воды в регионе, уменьшить засоление почвы и увеличить производство сельскохозяйственных культур. Для этого были созданы новые водохранилища, каналы и очистные сооружения. Проект также предусматривает улучшение экологической обстановки в регионе путем уменьшения загрязнения водных объектов и повышения эффективности использования водных ресурсов [5, 9].

Разработка переброски части стока Северной Америки потребовала нескольких проектов межзонального перераспределения водных ресурсов континента. Среди них крупнейшим проектом является проект NAWEA – «Северо-Американский водноэнергетический альянс», который был представлен в 1964 г. компанией Ральфа Парсонса в Лос-Анджелесе. Стоимость данного проекта около 100 млрд долл. (в ценах 1964 г.). Целью альянса было объединение усилий производителей гидроэнергии для развития рынка гидроэнергетики в Северной Америке. NAWEA стал первой организацией, которая объединила производителей гидроэнергии из США, Канады и Мексики, и стал ключевым игроком в развитии рынка гидроэнергетики на континенте. NAWEA занимался продвижением гидроэнергетики как экологически чистой и экономически выгодной альтернативы другим источникам энергии. Он также выступал за развитие гидроэнергетики для обеспечения электроэнергией сельских и малонаселенных районов, где другие источники энергии недоступны. Однако Северо-Американский водный энергетический альянс столкнулся с рядом проблем, включая конкуренцию со стороны других поставщиков энергии и отсутствие поддерж-

ки со стороны правительства. В результате альянс был расформирован в 1973 г., но его идеи и опыт продолжают использоваться в настоящее время. Проект предусматривал переброску стока от 100 до 300 км³/год из рек Тихоокеанского и Арктического бассейна (р. Юкон, Фрейзер, Маккензи, Пис-Ривер, Атабаска и др.) в семь провинций Канады, 33 штата США и три штата Мексики. Основным водным объектом являлось водохранилище Рокки-Маунтин-Тренч в Скалистых горах (штат Колорадо). Оно было создано в 1880-х гг. для обеспечения водой растущего населения региона, емкость его более 600 км³, длина 800 км. По предварительным оценкам, выполнение этого проекта позволило бы оросить 14 млн га земель, обеспечить выработку 100 млн кВт электроэнергии, дополнительно подать более 45 км³/год воды для промышленных и коммунальных расходов [5, 10].

Кроме проекта NAWEA в 60-е гг. США был выполнен ряд проектов межзонального перераспределения водных ресурсов. Один из наиболее известных проектов – это разработка технологии опреснения морской воды, которую проводили в рамках проекта MATS. Этот проект был направлен на создание системы очистки морской воды, которая могла бы использоваться для снабжения городов, испытывающих дефицит пресной воды. Также в 60-х гг. был реализован проект строительства канала между двумя реками – Миссисипи и Огайо, что позволило бы увеличить объем воды, доступной для использования в сельском хозяйстве. В составе проекта предусматривается 370 гидротехнических комплексов, в т. ч. плотина высотой 520 м, шесть плотин высотой около 450 м, центральное распределительное водохранилище объемом 600 км³, 10 тыс. км оросительных, деривационных и судоходных каналов, около 3 тыс. км туннелей [5].

Далее рассмотрим суммарные ресурсы стока Индии, составляющие около 1800 км³. Водообеспеченность на душу населения в некоторых регионах страны составляет всего 7,0 м³/сут, что в 3,9 раза меньше обеспеченности водой населения мира. При этом в районе максимума речного стока

на одного человека приходится $100 \text{ м}^3/\text{сут}$. Следует отметить, что наиболее крупные реки: Инд, Ганг с Брахмапутрой, протекают по территории Индии не полностью, они проходят лишь частично. В Индии расположены только верховья р. Инд и его левобережного притока р. Сатледж (в т. ч. притоки Рави и Биас). При этом только 20 % водных ресурсов бассейна р. Инд ($42 \text{ км}^3/\text{год}$) доступны для использования [9].

Большая часть годового стока рек Индии проходит в период летних муссонных дождей, в июле – сентябре. В этот период наблюдается максимум снегового и ледникового питания рек, которые стекают со склонов Гималаев. На юго-востоке наблюдается обратная картина: минимум стока рек проходит летом, а максимум – в начале зимы. В результате летом имеется дефицит поверхностного стока.

Основным потребителем воды в Индии является орошаемое земледелие, которое охватывает 70 % обрабатываемой земли. Значительные объемы речного стока перебрасываются на юго-востоке страны. С помощью российских специалистов была осуществлена переброска речного стока из р. Кришна за границы бассейна, при этом перебрасывается около $4,5 \text{ км}^3$ воды в год. Одним из крупнейших оросительных каналов в мире является канал Нармада в Индии, который соединяет р. Ганг и Сарасвати, служит для орошения и водоснабжения сельскохозяйственных угодий в регионе. Канал был построен в 1950-х гг., общая протяженность его составляет около 1155 км, а площадь орошения – около 2,5 млн га [14].

В северной части Индии в 1884 г. был построен оросительный комплекс с названием «Раджастханский канал», который направляет сток с Гималаев в пустынные районы Раджастхана, в т. ч. в пустыню Тар. Комплекс Раджастханского магистрального канала позволяет орошать около 1,8 млн га пустынных и полупустынных земель. Комплекс включает Раджастханский канал протяженностью 469 км, сеть водораспределительных каналов длиной более 7 тыс. км, несколько водохранилищ и водозаборных

сооружений. Суммарный объем переброски стока р. Инд за пределы бассейна достигнет в перспективе около $25 \text{ км}^3/\text{год}$, что позволит оросить 2,1 млн га пустынных и полупустынных земель. Сегодня Раджастанский канал является важной частью инфраструктуры региона и обеспечивает устойчивое развитие сельского хозяйства в Раджастане [9, 14].

В штате Уттаракханд (до 2000 г. Уттар-Прадеш) для переброски части стока р. Гхагра (левобережный приток р. Ганг) используется магистральный канал длиной 260 км, подающий воду в равнинные районы р. Ганг с целью орошения 1,2 млн га земли. Объем перебрасываемого стока составляет около $15,4 \text{ м}^3/\text{год}$. По проекту Рамганга часть воды р. Рамганга, левобережного притока р. Ганг, подается в систему каналов для дополнительного орошения 0,6 млн га и улучшения водоснабжения г. Нью-Дели. Объем перебрасываемого стока составляет $4,7 \text{ км}^3/\text{год}$: $4,5 \text{ км}^3$ на орошение и $0,2 \text{ км}^3$ для водоснабжения г. Нью-Дели [14].

По восточному варианту трасса переброски части стока р. Янцзы начинается от населенного пункта Яньчжоу в 80 км восточнее г. Нанкин. Воду забирают из р. Янцзы с использованием насосной станции, направляют на север по трассе Великого канала через р. Хуанхэ, Хуайхэ, Хайхэ и далее подают в г. Тяньцзинь. Великий канал представляет собой систему каналов, соединяющую р. Хуанхэ и Янцзы на территории Китая. Он был построен в V в. до н. э. и является одним из наиболее важных объектов культурного наследия Китая. Великий канал имеет длину около 2000 км и является основным источником воды для сельского хозяйства, промышленности и населения Китая. В бассейне р. Янцзы объем речного стока, приходящийся на 1 га земли, в 10 раз больше, чем в бассейне р. Хуанхэ и Хуайхэ, и в 26 раз больше, чем в бассейне р. Хайхэ – Луаньхэ. Река Янцзы – один из главных источников воды для сельского хозяйства в Китае. Наиболее крупной системой переброски стока воды в мире является система каналов в Китае, которая включает в себя более 4000 каналов общей

протяженностью около 60000 км. Эта система позволяет перебрасывать воду из рек в озера, водохранилища и другие водоемы для орошения полей и обеспечения питьевой воды для населения [9].

В среднем по стране используется 7 % от 700 км³ пресных подземных вод. Однако водоснабжение г. Пекина осуществляется за счет подземных вод. Только за 30 лет интенсивной эксплуатации уровень подземных вод понизился на 30 м, в результате на поверхности земли образовалась воронка площадью 1000 км². Уровень грунтовых вод в некоторых районах Пекина стал настолько низким, что вода не доходит до поверхности земли. Для решения этой проблемы правительство Китая разрабатывает новые методы использования подземных вод, такие как создание искусственных водоемов и использование новых технологий очистки воды [9, 10].

В настоящее время наблюдается низкое качество речной воды для промышленно-коммунального водоснабжения г. Шанхая с населением более 24 млн чел., острый дефицит воды испытывает и крупнейший промышленный центр порт Тяньцзинь, население городского округа которого составляет 14 млн чел. Для решения этой проблемы в Китае разработана программа по строительству новых и модернизации существующих систем водоснабжения, а также по использованию альтернативных источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия. Кроме того, ведется работа по очистке и опреснению морской воды для использования ее в качестве источника питьевой воды [9].

Выбор оптимального варианта переброски стока производится с помощью многовариантного проектирования. При проектировании переброски стока из бассейна р. Оби в бассейны р. Сырдарьи и Амударьи рассматривалось более 30 вариантов: с водозабором из Верхней Оби, Средней Оби, Нижней Оби, с подпиткой и без подпитки Среднего Иртыша, с подключением и без подключения р. Енисей, с Тобольским водохранилищем и без него [1].

Крупнейшая современная переброска стока из р. Амударьи осуществляется в южные засушливые районы Туркменистана по Каракумскому каналу, имеющему по всей длине земляное русло, протяженностью 1445 км. Средняя глубина Каракумского канала – 10–15 м, сечение параболическое, средняя скорость течения составляет порядка 0,4–0,6 м/с [5].

Крупнейшим каналом переброски стока в России является Волго-Донской канал, соединяющий Волгу и Дон. В 1920 г. по плану ГОЭЛРО был поставлен вопрос создания канала, тем не менее проект строительства был создан лишь в середине 1930-х гг., а окончено строительство в 1952 г. Канал является судоходным, имеет длину около 1000 км и пропускную способность до 400 м³/с воды. Также к крупным каналам переброски стока относятся: канал имени Москвы (соединяет р. Москву и Волгу, имеет длину 128 км и пропускную способность около 50 м³/с), канал Иртыш – Караганда (соединяющий р. Иртыш и Караганда, длиной более 200 км, пропускной способностью 15 м³/с) и канал Волга – Урал (соединяет р. Волга и Урал, имеет длину около 600 км и пропускную способность более 30 м³/с) [1].

Крупнейшим ирригационным проектом второй половины XX в. стало строительство БСК. Строительство БСК началось в 1954 г. и продолжалось до 1962 г. Общая протяженность канала составляет более 500 км, а его мощность позволяет обеспечить водой площадь более 300 тыс. га. Основная цель строительства БСК заключалась в обеспечении водой сельскохозяйственных угодий в регионе Северного Кавказа, где из-за недостатка влаги происходит снижение урожайности. Благодаря БСК были созданы условия для развития сельского хозяйства и увеличения производства сельскохозяйственной продукции. Кроме того, БСК имеет большое значение для экологии региона. Он улучшает гидрологический режим р. Кубани, что способствует сохранению экосистем и биоразнообразия региона. В настоящее время БСК продолжает использоваться для орошения

сельскохозяйственных угодий, а также для водоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов в регионе [4, 12].

Заключение

1 Наиболее крупной системой переброски стока воды в мире считается система каналов в Китае. Эта система включает более 4000 каналов протяженностью около 60000 км. Она позволяет перебрасывать воду из рек и озер для орошения полей, а также для обеспечения питьевой водой населения.

2 Крупной системой переброски стока является Каракумский канал с объемом переброски стока $11 \text{ км}^3/\text{год}$, протяженностью трассы 1200 км и сводным показателем масштаба $12100 \text{ км}^3/\text{год} \cdot \text{км}$. Близок к Каракумскому каналу построенный в Индии канал Нармада с объемом переброски стока $13 \text{ км}^3/\text{год}$, протяженностью трассы 1000 км и сводным показателем масштаба $13000 \text{ км}^3/\text{год} \cdot \text{км}$.

3 В России крупнейшей системой переброски стока является канал имени Москвы, который соединяет р. Волгу и Оку. Протяженность системы составляет около 450 км, она обеспечивает питьевой водой Москву и другие города России. К наиболее крупным каналам также можно отнести БСК протяженностью более 288 км с пропускной способностью около $180 \text{ м}^3/\text{с}$ и объемом переброски стока более $2,5 \text{ км}^3/\text{год}$.

Список источников

1. Косиченко Ю. М. Каналы переброски стока России. Новочеркасск: НГМА, 2004. 470 с.
2. Актуальные вопросы развития мелиоративной отрасли и использования водных ресурсов в АПК / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 4. С. 8–11.
3. Ресурсы агромелиоративных систем / В. Н. Щедрин, А. Н. Бабичев, Ю. Е. Домашенко, Ю. М. Косиченко, В. Д. Гостищев, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко, С. А. Манжина, О. А. Баев, И. П. Абраменко, М. В. Власов, Л. А. Воеводина, А. Ю. Гарбуз, М. А. Ляшков, Ю. Ю. Арискина. М.: Росинформагротех, 2021. 312 с.
4. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Научное обоснование применения каналов переброски стока комплексного назначения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 4(88). С. 15–22.

5. Шикломанов И. А., Маркова О. Л. Проблемы водообеспечения и переброски речного стока в мире. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 293 с.

6. Полянин В. О. Экологическая оценка последствий регулирования стока в трансграничном бассейне трансграничной реки Урал (Жайык) и разработка научно-обоснованных предложений по экологической реабилитации, сохранению и восстановлению трансграничной реки Урал (Жайык) // Трансграничные геоэкологические проблемы и вопросы природопользования в бассейнах рек Внутренней Евразии в условиях современных изменений климата: материалы междунар. конф., г. Оренбург, 10–12 окт. 2022 г. Оренбург: ИС УрО РАН, 2022. С. 18–20.

7. Поляков Л. В. Переброска части стока северных рек в бассейн реки Волга // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 2. С. 52–55.

8. Калашникова В. Е. Проблемы эксплуатации каналов переброски стока // Молодежная наука 2019: технологии, инновации: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения проф. Ю. П. Фомичева, г. Пермь, 11–15 марта 2019 г. / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Перм. гос. аграр.-технол. ун-т им. акад. Д. Н. Прянишникова. Пермь: Прокрость, 2019. Ч. 1. С. 319–322.

9. Quantitative analysis on the environmental impact of large-scale water transfer project on water resource area in a changing environment / D. H. Yan, H. Wang, H. H. Li, G. Wang, T. L. Qin, D. Y. Wang, L. H. Wang // Hydrology and Earth System Sciences. 2012. Vol. 16. P. 2685–2702. DOI: 10.5194/hess-16-2685-2012.

10. Teymouri Yeganeh M. An overview of inter-basin water transfer projects in the world and its impact on environmental, economic and social factors // Journal of Water and Sustainable Development. 2022. Vol. 9, iss. 2. P. 57–68. DOI: 10.22067/JWSD.V9I2.2202.1121.

11. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Многослойные конструкции противофильтрационных покрытий с бентонитовыми матами и оценка их сравнительной эффективности // Гидротехническое строительство. 2019. № 3. С. 37–43.

12. Блохин Н. Ф., Блохина Т. И. Водные ресурсы Ставрополя. Ставрополь: Ставрополькрайводхоз, 2001. 286 с.

13. Охрана окружающей среды в России: стат. сб. М.: Росстат, 2022. 115 с.

14. Алексеева Н. Н. Переброска речного стока и продовольственная безопасность Индии // Труды Института востоковедения РАН. 2018. № 12. С. 135–147.

References

1. Kosichenko Yu.M., 2004. *Kanaly perebroski stoka Rossii* [Flow Diversion Channels in Russia]. Novocherkassk, NGMA, 470 p. (In Russian).

2. Shchedrin V.N., Kolganov A.V., Senchukov G.A., Gostishchev V.D., 2021. *Aktual'nye voprosy razvitiya meliorativnoy otrasli i ispol'zovaniya vodnykh resursov v APK* [Current issues in the development of land reclamation and the use of water resources in the agro-industrial complex]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 4, pp. 8–11. (In Russian).

3. Shchedrin V.N., Babichev A.N., Domashenko Yu.E., Kosichenko Yu.M., Gostishchev V.D., Monastyrsky V.A., Olgarenko V.Ig., Manzhina S.A., Baev O.A., Abramenko I.P., Vlasov M.V., Voevodina L.A., Garbuz A.Yu., Lyashkov M.A., Ariskina Yu.Yu., 2021. *Resursy agromeliorativnykh sistem* [Resources of Agroreclamation System]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 312 p. (In Russian).

4. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2022. *Nauchnoe obosnovanie primeneniya kanalov perebroski stoka kompleksnogo naznacheniya* [Scientific rationale of the use of multi-purpose runoff transfer canals]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(88), pp. 15–22. (In Russian).

5. Shiklomanov I.A., Markova O.L., 1987. *Problemy vodoobespecheniya i perebroski*

rechnogo stoka v mire [Problems of Water Supply and Water Diversion in the World]. Lenin-grad, Gidrometeoizdat Publ., 293 p. (In Russian).

6. Polyagin V.O., 2022. *Ekologicheskaya otsenka posledstviy regulirovaniya stoka v transgranichnom bassejne transgranichnoy reki Ural (Zhayyk) i razrabotka nauchno-obosnovannykh predlozheniy po ekologicheskoy reabilitatsii, sokhraneniyu i vosstanovleniyu transgranichnoy reki Ural (Zhayyk)* [Environmental assessment of the consequences of flow regulation in the transboundary basin of the transboundary Ural (Zhayyk) river and the development of scientifically based proposals for environmental rehabilitation, conservation and restoration of the transboundary Ural (Zhayyk) river]. *Transgranichnye geoekologicheskie problemy i voprosy prirodopol'zovaniya v basseynakh rek Vnutrenney Evrazii v usloviyakh sovremennykh izmeneniy klimata: materialy mezhdunarodnoy konferentsii* [Transboundary Geoecological Problems and Environmental Management Issues in River Basins of Inner Eurasia under Conditions of Modern Climate Change: Proc. of International Conference]. Orenburg, IS Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, pp. 18-20. (In Russian).

7. Polyakov L.V., 2016. *Perebrozka chasti stoka severnykh rek v basseyn reki Volga* [The transfer of part of water flow from the northern rivers to the Volga River basin]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 2, pp. 52-55. (In Russian).

8. Kalashnikova V.E., 2019. *Problemy ekspluatatsii kanalov perebrozki stoka* [Problems of operating runoff transfer channels]. *Molodezhnaya nauka 2019: tekhnologii, innovatsii: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya prof. Yu. P. Fomicheva* [Youth Science 2019: Technologies, Innovations: Proc. of the All-Russian Scientific-Practical Conf., Dedicated to the 100th Anniversary of the Birth of Prof. Yu. P. Fomichev]. Ministry of Agriculture of Russian Federation, Perm' State Agrarian-Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Prokrost Publ., pt. 1, pp. 319-322. (In Russian).

9. Yan D.H., Wang H., Li H.H., Wang G., Qin T.L., Wang D.Y., Wang L.H., 2012. Quantitative analysis on the environmental impact of large-scale water transfer project on water resource area in a changing environment. *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 16, pp. 2685-2702, DOI: 10.5194/hess-16-2685-2012.

10. Teymouri Yeganeh M., 2022. An overview of inter-basin water transfer projects in the world and its impact on environmental, economic and social factors. *Journal of Water and Sustainable Development*, vol. 9, iss. 2, pp. 57-68, DOI: 10.22067/JWSD.V9I2.2202.1121.

11. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., 2019. *Mnogosloynnye konstruksii protivofil'tratsionnykh pokrytiy s bentonitovymi matami i otsenka ikh sravnitel'noy effektivnosti* [Multilayer anti-seepage liners based on bentonite mats and comparison of their effectiveness]. *Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo* [Power Technology and Engineering], no. 3, pp. 37-43. (In Russian).

12. Blokhin N.F., Blokhina T.I., 2001. *Vodnye resursy Stavropol'ya* [Water Resources of Stavropol]. Stavropol, Stavropol Kraivodkhoz, 286 p. (In Russian).

13. *Okhrana okruzhayushchey sredy v Rossii: stat. sb.* [Environmental Protection in Russia: stat. coll.]. Moscow, Rosstat, 2022, 115 p. (In Russian).

14. Alekseeva N.N., 2018. *Perebrozka rechnogo stoka i prodovol'stvennaya bezopasnost' Indii* [Interbasin transfer and food security of India]. *Trudy Instituta vostokovedeniya RAN* [Proceedings of the Institute of Oriental Studies of the Russian Academy of Sciences], no. 12, pp. 135-147. (In Russian).

Информация об авторах

Ю. М. Косиченко — главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, kosichenko-11@mail.ru, AuthorID: 352994, <https://orcid.org/0000-0002-9648-6441>;

В. Ф. Талалаева – младший научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, vika-silchenko@mail.ru, AuthorID: 988798, <https://orcid.org/0000-0002-2541-204X>.

Information about the authors

Yu. M. Kosichenko – Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, kosichenko-11@mail.ru, AuthorID: 352994, <https://orcid.org/0000-0002-9648-6441>;

V. F. Talalaeva – Junior Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, vika-silchenko@mail.ru, AuthorID: 988798, <https://orcid.org/0000-0002-2541-204X>.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.08.2023; одобрена после рецензирования 01.09.2023; принята к публикации 14.09.2023.

The article was submitted 22.08.2023; approved after reviewing 01.09.2023; accepted for publication 14.09.2023.