

УДК 556.54

Канд. хим. наук

Н.Г. Верещагина<sup>1</sup>А.А. Щетинников<sup>1</sup>А.М. Мухаметзянова<sup>1</sup>**АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТОКА РЕКИ СЫРДАРЬЯ И ЕЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ НАРЫНА И КАРАДАРЬИ**

**Ключевые слова:** сток воды, внутригодовое распределение стока, хронологический ход годовых расходов

*Реки Нарын и Карадарья – составляющие второй по водности реки Средней Азии Сырдарьи. Антропогенный гидрологический режим составляющих определяет режим Сырдарьи. Поскольку основным водопользователем в Узбекистане является орошение – на его долю приходится до 90 %, то режим стока полностью искажен. На внутригодовое распределение стока, на динамику его колебаний от года к году влияют также два крупнейших водохранилища Средней Азии – Токтогульское на Нарыне и Андижанское на Карадарье, которые строились для ирригационных целей, а фактически используются в энергетических. Это отражено в данной статье.*

Река Сырдарья является второй по величине жидкого стока рекой в бассейне Арала. Она образуется слиянием рек Нарын и Карадарья. Это трансграничные водотоки, так как главная река протекает по территории Узбекистана и Казахстана, а область формирования стока ее и ее составляющих располагается в Кыргызстане и Таджикистане.

В бассейне Сырдарьи формируется 38 км<sup>3</sup> воды из общего количества ее в бассейне Арала [3]. Основным водопотребителем доступных водных ресурсов является орошаемое земледелие, на долю которого в отдельные годы приходится до 90 % общего водопотребления. В Узбекистане эксплуатируется 56 искусственных водохранилищ, предназначенных в основном для решения ирригационных и энергетических задач [6].

В Ферганской долине проживает значительная часть населения Республики Узбекистан и производится большое количество сельхозпродуктов, получаемых преимущественно на поливных землях, причем забор воды на ирригацию по сравнению со стоком рек особенно возрастает в

<sup>1</sup> НИИ гидрометеорологии Узгидромета при МЧС РУ, г. Ташкент, Узбекистан

маловодные годы. Кроме того, в такие годы существенно увеличивается относительное количество коллекторно-дренажных вод: по сравнению с многоводными годами в два раза.

Главным препятствием для дальнейшего развития хозяйства в долине является недостаток воды в некоторых ее частях. Основными источниками орошения в Ферганской долине являются Сырдарья, Нарын и Карадарья. Авторами рассмотрен гидрологический режим этих рек в современных условиях.

За последние 50 лет в долине построен целый ряд водохранилищ и проведено несколько крупных и множество мелких каналов и коллекторов. От слияния рек Нарын и Карадарья Сырдарья течет двумя руслами, которые продолжают сохранять черты, свойственные названным рекам. Руслу соединяются рядом рукавов. Разница в их ширине и других особенностях постепенно сглаживается и у головы канала им. Ахунбабаева русла уже окончательно сливаются в один поток.

Реки Нарын и Карадарья являются составляющими реки Сырдарьи. Нарын более многоводный и приносил до 1960 года 84,9 % стока Сырдарьи у кишлака Каль. В современных условиях суммарный сток Карадарьи и Нарына составляет  $522 \text{ м}^3/\text{с}$ , а сток Сырдарьи у кишлака Каль –  $437 \text{ м}^3/\text{с}$ , т.е. значительная часть стока Сырдарьи уже разобрана в основном на орошение, а Нарын приносит 94 % стока Сырдарьи.

Располагаясь в глубине горной системы и будучи отгороженным от соседних бассейнов высокими хребтами, водосбор Нарына получает мало осадков – среднее их количество приближенно оценивается в 600...650 мм [1].

Чрезвычайно важно, что максимум осадков на большей части бассейна наблюдается летом: в верхней части до 60 % годовой суммы, зимние же осадки всего от 5 до 15 %. Некоторые исследователи связывают это с проникновением сюда отрогов индийского муссона, который именно летом приносит наиболее влажные воздушные массы. Однако в северо-западной части бассейна, более открытой к западным вторжениям, внутригодовое распределение осадков становится более равномерным с передвижкой их максимума на зимне-весенний период по мере продвижения к Ферганской долине. Поэтому водоносность правых притоков Нарына повышенная и при равенстве высотных условий большая на западе. Малое количество осадков, выпадающих в бассейне Нарына, и их концентрация летом служат главной причиной того, что здесь слабо развито оледенение.

Наиболее значительное оледенение наблюдается в восточной части бассейна на хребтах Терской-Алатау и Акшийряк. Площадь оледенения здесь равна 213 км<sup>2</sup>, 26 ледников Акшийряка питают р. Нарын. Здесь же расположен и крупнейший ледник бассейна – ледник Петрова, являющийся, по существу, истоком реки Нарын. Другим крупным очагом оледенения является хребет Терской-Алатау. Общее число ледников около 800, а площадь оледенения превышает 1100 км<sup>2</sup> [1].

Река Нарын образуется слиянием Большого и Малого Нарына. Ниже Нарын принимает множество мелких и крупных притоков. Ниже двух рек Карасу – левой и правой – Нарын выходит в Ферганскую долину, в пределах которой значительная часть его воды разбирается на орошение. Слияние с Карадарьей образует реку Сырдарья.

В низовьях р. Нарын течет в скалистом ущелье, которое тянется почти до г. Учкурган, близ которого Нарын вступает в Ферганскую долину. Ниже Учкургана он протекает по своему конусу выноса, разбиваясь на рукава и образуя пойму шириной до 3,5 км.

Бассейн Карадарьи занимает восточную часть Ферганской котловины. Сток реки формируется на юго-западном склоне Ферганского хребта и северном склоне Алайского.

Карадарья образуется слиянием рек Тар и Каракульджа, из которых наиболее крупным является Тар. От истока и до выхода в Ферганскую долину Карадарья принимает два крупных притока – справа р. Яссы, а слева р. Куршаб. По существу сток рек Тара и Каракульджи формирует расходы воды Карадарьи, так как ниже расположенные притоки Кугарт, Караункюр, Маилисуу, Акбура и Аравансай или своих вод до Карадарьи не доносят или кончаются ирригационными веерами.

Самым верхним гидроствором на Сырдарье, где ведутся наблюдения за стоком воды, является кишлак Каль (бывший Сарай), расположенный в 41 км ниже слияния рек Нарын и Карадарья. Средний многолетний расход воды в этом створе к 1960 г. составил 503 м<sup>3</sup>/с. В современных условиях он составляет 437 м<sup>3</sup>/с, т.е. водозабор из самой Сырдарьи вырос в среднем за 57 лет на 66 м<sup>3</sup>/с. Средние годовые расходы у кишлака Каль в период 1991...2016 гг. менялись от 365,8 (в 2016 г.) до 575 м<sup>3</sup>/с. (табл.). Месячные – от 55,6 до 2460 м<sup>3</sup>/с.

До 1960 года внутригодовое распределение стока Сырдарьи было следующим: 1) в среднем за многолетие максимум отмечался в июне, затем начинался спад расходов, длившийся до февраля с последующим

подъемом в марте. Этот подъем обусловлен прохождением дождевых паводков в нижней части бассейна. Затем начинался существенный рост расходов воды до июньского максимума. В отдельные годы максимумы стока могли проходить в мае или июле. Причем в мае это отмечается в маловодные годы, когда небольшие снегозапасы тают в основном в апреле – мае. В июле, в многоводные годы – с низкими температурами в апреле – мае и высокими в июле [4].

Таблица

Основные характеристики стока рек Сырдарья, Нарын, Карадарья

Река – створ	$Q_{год}, \text{м}^3/\text{с}$			$W_{год}, 10^6 \text{ м}^3$		
	маловодный	средний	многоводный	маловодный	средний	многоводный
Сырдарья – к. Каль	363,6	431	575,2	11467	14517	18141
Нарын – Учкурган	351,3	403,9	456,6	11080	12739	14401
Карадарья – Учтепе	85,8	136,7	219,7	2706,132	4311,518	6929,338

Совсем иное внутригодовое распределение средних многолетних месячных расходов в современных условиях. Режим р. Сырдарьи полностью искажен работой самого большого в Средней Азии Токтогульского водохранилища на реке Нарын, главной составляющей Сырдарьи. Водохранилище с объемом  $19 \text{ км}^3$  строилось в СССР в основном для покрытия ирригационных нужд четырех республик – Кыргызской, Таджикской, Узбекской и Казахской. После распада СССР, Кыргызстан стал эксплуатировать его только в своих, в основном, энергетических целях. Летом в период наибольшей потребности в воде в Токтогуле воду накапливают, чтобы зимой, при наибольшей потребности в электроэнергии, вырабатывать ее на Токтогульской ГЭС, сбрасывая воду в количествах, не характерных для холодного времени года. Такой режим работы не только вызывает существенный дефицит воды для орошения в соседних государствах летом, но и приводит к зимним наводнениям при ледоставах на Сырдарье и в низовьях Нарына (рис. 1). В такие моменты происходят межгосударственные споры, собираются совещания на межгосударственном уровне (2009 год).

Итак, под влиянием Токтогульского водохранилища Нарын и Сырдарья превратились в «антиреки»: минимальные расходы приходится на период апрель – сентябрь, наименьший из них отмечается в июле, т.е. тогда, когда в естественных условиях проходит максимум половодья.

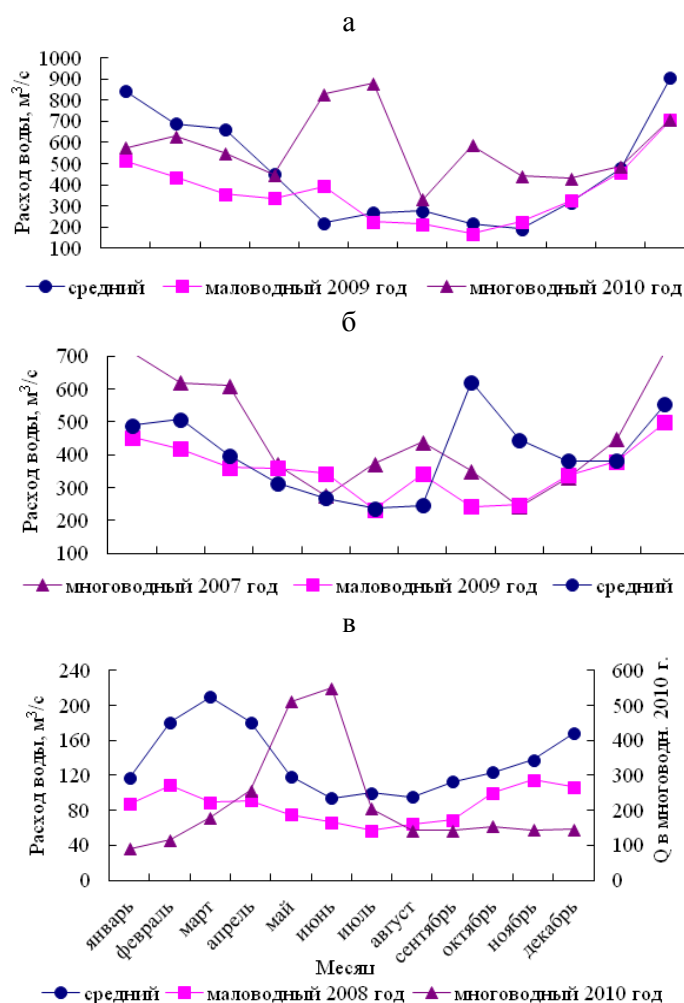


Рис. 1. Осредненный за 2006...2016 гг. внутригодовой ход стока рек в разные по водности годы: а) Сырдарья; б) Нарын; в) Карадарья.

Внутригодовое распределение стока в маловодном 2009 г. оказалось следующим: минимум в июне – августе, затем начался рост, длящийся до декабря, когда отмечался максимум расходов. С января по апрель они медленно падали, затем с июня мало менялись до сентября.

Совсем иное внутригодовое распределение стока наблюдалось в многоводном 2010 г.: максимальные расходы отмечены в мае – июне, т.е. наблюдалось половодье. Затем резкий спад в июле с последующим ростом с небольшими колебаниями до максимальных величин в декабре.

Средние месячные расходы воды р. Сырдарья – к. Каль менялись в период с 1991 по 2016 год в пределах 113...2460 м<sup>3</sup>/с. В период

2006...2016 гг. – 5 лет были маловодными. Однако, средний за 11 лет расход оказался равным 437 м<sup>3</sup>/с, что составило 101 % от нормы, т.е. рассматриваемый период был близок к норме.

Поскольку сток Сырдарьи в основном определяется стоком Нарына, то и на Нарыне также отмечено 5 маловодных лет. На Карадарье положение оказалось хуже: маловодными были 6 лет.

Р. Карадарья – к. Учтеп находится ниже Андижанского водохранилища, работающего с 1984 года. Водоохранилище находится в 70 км от г. Андижана. Его полный объем 1,9 км<sup>3</sup>, мертвый объем – 150 млн. м<sup>3</sup> [5]. Водоохранилище строилось в первую очередь для решения ирригационных задач, но сейчас его фактическое использование преимущественно энергетическое. Только в многоводном 2010 г. оно интенсивно срабатывалось в период апрель – июль, когда требуется наибольшее количество воды для поливов сельхозкультур. А в маловодном 2008 г. в апреле – сентябре сток был минимальным, в июле даже средний за месяц падал до 57 м<sup>3</sup>/с.

В среднем за многолетие в период апрель – июль расходы Карадарьи были повышенными, зимой они тоже оказались высокими, т.е. водохранилище срабатывалось в энергетических целях (рис. 1в).

Карадарья – река снегово-ледникового питания, половодье на ней в естественных условиях отмечалось в марте – июне. Несмотря на влияние Андижанского водохранилища, в эти месяцы половодье наблюдалось в многоводном 2010 г. (рис. 1в) и даже максимум стока приходился на май, как было раньше до ввода в строй водохранилища.

Авторами рассмотрено изменение средних годовых расходов воды за 2006...2016 гг. Оказалось, что весь 11-летний период на Сырдарье в верхнем течении близок к норме: отношение среднего расхода за период к норме 101 %. Внутри 11-летия было 2 маловодных периода – 2008...2009 и 2015...2016 годы. Самым многоводным на Сырдарье был 2010 год – 132 % от нормы. Ряд исследователей подчеркивали, что после маловодного года маловероятно наступление многоводного [6]; однако 2010 г. последовал после очень маловодного 2009 г. Но сток в верхнем течении Сырдарьи существенно искажен хозяйственной деятельностью человека, и естественные закономерности нарушены (рис. 2).

Хронологический ход годовых расходов р. Карадарьи похож на ход расходов р. Сырдарьи (рис. 2).

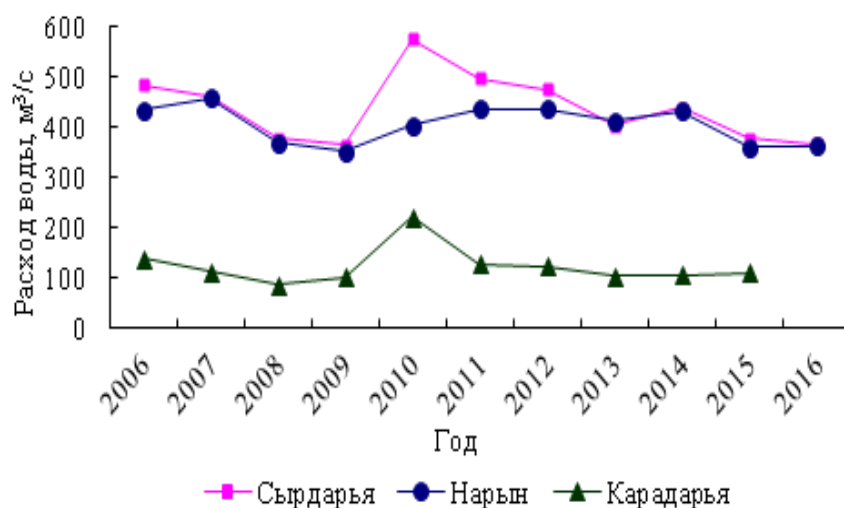


Рис. 2. Изменение расходов воды рек Сырдарья, Нарын, Карадарья.

На р. Нарын годовые расходы воды менялись иначе: максимальный сток отмечен в 2007 г. После очень маловодного 2009 г. (87 % от нормы), расходы в течение пяти лет были выше нормы – от 100 до 108 % от среднего. Два последних года, как на реках Сырдарья и Карадарья, оказались маловодными. Для бассейна Нарына характерен летний максимум осадков, чем, вероятно, и объясняется отличный от Карадарьи и Сырдарьи хронологический ход расходов воды на Нарыне. За 11 лет сток распределен более равномерно, наибольшим он был в 2007 году, а на Сырдарье и Карадарье – в 2010 г.. В целом рассмотренный период (2006...2016 гг.), был близок к норме.

В 2007 г., сток Нарына был максимальным, а в это же время на Сырдарье этот год был близок к среднему, а на Карадарье – маловодным.

На Сырдарье и Карадарье максимальный годовой сток отмечался в 2010 году. Второй максимум стока на р. Нарын пришелся на 2014 г., а расходы воды Сырдарьи и Карадарьи в этом году были близки к среднему за рассматриваемый период. Следует отметить, что сток Нарына и Карадарьи сравнительно мало менялся от года к году, что, вероятно, объясняется влиянием двух крупнейших в Средней Азии водохранилищ – Токтогульского на Нарыне и Андижанского на Карадарье.

По внутригодовому распределению стока принято определять тип питания реки. Основными поверхностными источниками питания рек Средней Азии являются дождевое, снеговое и ледниковое, причем снеговое превалирует [7]. Но водосборы наших рек, даже небольших, отлича-

ются значительной амплитудой высот – часто более 2000 м. Поэтому одновременное таяние снега на всей площади бассейна не возможно. Таким образом, в каждый данный момент таяние происходит лишь в некоторой части водосбора, и половодье длится несколько месяцев. На равнинных реках половодье проходит гораздо быстрее.

Половодье на реках Средней Азии В.Л. Шульц делит на два – снеговое в период март – июнь и ледниковое в июле – сентябре. Наибольший сток в период март – июнь наблюдается на реках низко- и среднегорных, имеющих снегово-дождевое и снеговое питание, у которых за это время проходит 60 % годового стока. Наименьшим стоком в марте – июне отличаются высокогорные реки, у которых сток за эти месяцы составляет 20...30 % от годового.

Сток в период снегового и снегово-ледникового питания, а также их соотношение, хорошо характеризуют условия питания рек Средней Азии и положены В.Л. Шульцем в основу классификации их по типу питания [7]. Это соотношение, равное отношению стока за июль – сентябрь к стоку за март – июнь, гидрологи Средней Азии давно уже называют коэффициентом

Шульца  $\delta = \frac{W_{VII-IX}}{W_{III-VI}}$ , который меняется от  $\geq 1$  для рек ледникового питания

до 0 для рек снегово-дождевого питания. Второй критерий – объем стока за июль – сентябрь в % от годового. Чем он выше, тем большую роль в питании реки играют снеговые и ледниковые талые воды с высокогорий. Третий критерий – месяц с максимальным стоком: чем большую роль он играет, тем позднее отмечается максимальный сток в году.

Предложенные критерии для отнесения рек к определенному типу питания не годятся для равнинных рек и для равнинных участков рек, сток которых сформирован в горной части водосбора, назван В.Л. Шульцем «областью формирования стока». В низкогорных частях бассейнов рек Средней Азии происходит разбор воды в основном для орошения, и здесь находится «область рассеивания стока» по формулировке В.Л. Шульца [7].

Кроме интенсивного использования воды, на изменение типа питания реки могут влиять водохранилища. Выше отмечалось кардинальное изменение режима Нарына и Сырдарьи под воздействием Токтогульского водохранилища, эксплуатируемого с середины 90-х в основном в энергетических целях.

До 1991 года Сырдарья, Нарын и Карадарья были реками снегово-ледникового типа: месяцем с наибольшим стоком был июнь,  $\delta$  (коэффици-



циент Шульца) от 0,73 у Карадарьи до 0,99 у Нарына. В современных условиях распределение стока внутри года стало совершенно не свойственным рекам Средней Азии в естественном состоянии. Так, максимум стока на Нарыне и Сырдарье отмечается теперь в зимние месяцы – ноябрь – февраль (рис. 1).

Следуя критериям, предложенным В.Л. Шульцем, рассматриваемые авторами реки имели снегово-ледниковый тип питания. В нынешних условиях из-за искажения стока хозяйственной деятельностью человека определить тип питания невозможно. Следует лишь отметить более равномерное распределение стока внутри года в среднем за многолетие и в маловодные годы.

Отмеченные выше антропогенные изменения стока основных рек Ферганской долины являются причиной межгосударственных споров по водodelению особенно в маловодные годы.

Все межотраслевые и межгосударственные противоречия с использованием ограниченных водных ресурсов в бассейне Сырдарьи так или иначе сходятся на вопросе: в каком режиме – «ирригационном» или «энергетическом», – должно эксплуатироваться Токтогульское водохранилище. Используемый до настоящего времени при водораспределении принцип «бесплатности» воды не способствует ни ее экономии, ни совершенствованию рационального режима эксплуатации объектов водохозяйственной системы, в частности регулирующих водохранилищ в бассейне, включая и Токтогульское. И в этом вопросе, к сожалению, нет еще единого согласованного подхода сопредельных государств бассейна.

Применявшиеся до сих пор методы и подходы, по которым производились обоснования экономической эффективности комплексных регулирующих гидроузлов и распределение затрат по отраслям водохозяйственного комплекса между заинтересованными сторонами, объективно уже не отражают реалий настоящего времени (развивающихся рыночных отношений) и требуют соответствующих обновлений.

Напряженная водохозяйственная обстановка в бассейне Аральского моря, как показывает практика прошедших лет, существенно влияет на режим использования водохранилищ. Наблюдаемое в водохозяйственных системах региона превышение объемов водопотребления («переборы») над обусловленной проектом гарантированной водоотдачей не только затрудняет осуществление наполнения водохранилищ, но и приводит системы в положение неустойчивого режима регулирования. Это когда дефицит

воды (по годам) становится более частым и более глубоким. Для практики эксплуатации водохозяйственных систем требуется введение ограничительных лимитов на водопотребление. В части достижения оптимального управления режимом водохранилищ необходимо решить задачу определения (уточнения) гарантированной водоотдачи каскадом водохранилищ с отражением в ней как технических параметров (возможно меняющихся в силу различных обстоятельств) объектов водохозяйственных систем, так и складывающейся по бассейнам рек «текущей» водобалансовой обстановки.

Итак, целевая специфика в решении проблемы оптимального регулирования стока рек для аридной зоны на этапе предельного освоения ее водных ресурсов заключается в том, чтобы суммарная водоотдача всей водохозяйственной системы по безвозвратному потреблению в нормальные по водобалансовой обстановке годы (не дефицитные при сработанных до уровня мертвого объема и не избыточные при заполненных до нормальной подпорной отметки водохранилищах) строго выдерживалась по заданной величине гарантированных требований (без недодачи, но и без превышений). Соблюдением этого условия и обеспечивалось бы наиболее полное и соответственно рациональное использование водных ресурсов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бассейн реки Нарын. Физико-географическая характеристика. – Фрунзе: Изд. АН КиргССР, 1960. – 45 с.
2. Виноградов Ю.Б. Формирование поверхностного стока. // Изв. АН УзССР, серия технических наук. – 1960. – №1. – 150 с.
3. Ильин И.А. Водные ресурсы Ферганской долины. – Л.: Гидрометеиздат. – 1959. – 247 с.
4. Основные гидрологические характеристики. – Т. 14. – Бассейн р. Сырдарьи. – Л.: Гидрометеиздат, – 1974-1980 гг.
5. Паспорт к проекту Андижанского водохранилища. / Генеральные проектировщики институты «Средазгипроводхлопок» и «Узгипромелиоводхоз». – Ташкент. – 2000. – 23 с.
6. Стариков Н.П. Проблема режима эксплуатации водохранилищ в водном хозяйстве Узбекистана. [Электрон. ресурс]. – 2005. – URL: <http://water-salt.narod.ru> (дата обращения 20.10.2018).
7. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. – Л.: Гидрометеиздат. – 1965. – 691 с.

Поступила 26.11.2018

Хим. ғылымд. канд. Н.Г. Верещагина  
А.А. Щетинников  
А.М. Мухаметзянова

## **СЫРДАРИЯ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚҰРАУШЫЛАРЫ НАРЫН МЕН ҚАРАДАРИЯ ӨЗЕНДЕРІ АҒЫНЫНЫҢ АНТРОПОГЕНДІК ӨЗГЕРУІ**

**Түйінді сөздер:** су ағындысы, ағындының жыл ішіндегі өзгеруі, жылдық өтімдердің хронологиялық жүрісі

*Нарын және Қарадария өзендері Орта Азияның сулылығы бойынша екінші орын алатын Сырдария өзенінің құраушылары болып табылады. Құраушылардың антропогендік режимі Сырдарияның режимін айқындайды. Өзбекстандағы су пайдаланудың негізгі көзі суғару болып табылатындықтан, оның үлесі 90 %-ға жуық, ағын режимі толығымен өзгеріске ұшырайды. Ағынның жыл ішіндегі таралуына және оның жылдан жылға ауытқу динамикасына Орта Азиядағы ең ірі екі су қоймасы, яғни Нарындағы – Тоқтағұл және Қарадариядағы – Андиган әсер етеді. Бұл су қоймаларының салынуының негізгі мақсаты суару болса, іс жүзінде энергетикалық мақсатта пайдаланылады. Мақалада аталған жағдайлар қарастырылған.*

N.G. Vereshagina, A.A. Shetinnikov, A.M. Mukhametzyanova

## **ANTHROPOGENIC CHANGES IN THE WATER FLOW OF THE SYRDARYA RIVER AND ITS COMPONENTS NARYN AND KARADARYA**

**Keywords:** water flow, intra-annual flow distribution, chronological progress of annual expenses

*The Naryn and Karadarya rivers are components of the second most profitable river in Central Asia of the Syrdarya. The anthropogenic hydrological regime of the components determines the regime of the Syrdarya. Since irrigation is the main water user in Uzbekistan – it accounts for up to 90 %, the flow regime is completely distorted. On the intra-annual distribution of runoff, the dynamics of its fluctuations from year to year are also influenced by the two largest reservoirs of Central Asia – Toktogul on the Naryn and Andijan on the Karadarya, which were built for irrigation purposes, and are actually used in energy. This is reflected in this article.*