

Э. И. ЧЕМБАРИСОВ<sup>1</sup>, Т. Ю. ЛЕСНИК<sup>1</sup>, А. Б. НАСРУЛИН<sup>1</sup>, С. Р. ШОДИЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при ТИИМ,  
Ташкент, Узбекистан,

<sup>2</sup>Навойинский государственный педагогический институт, Навой, Узбекистан

## КАЧЕСТВО ВОДЫ НЕКОТОРЫХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК УЗБЕКИСТАНА: КОНТРОЛЬ, МОНИТОРИНГ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

*На примере бассейна р. Амударья (включая реки Сурхандарья и Кашкадарья) описаны мониторинг и современное состояние минерализации и химического состава речных вод. Рассмотрены многолетние изменения минерализации и химического состава по отдельным этапам лет. Приведены математические зависимости содержания главных ионов от величины минерализации воды р. Амударья у створов городов Термеза и Нукуса (Саманбай).*

*On the example of the Amudarya river basin (include Surhandarya and Kachcadaryarivers) we dose description monitoring and modern condition of the mineralization and chemical composition of river water. The long series of changes in salinity and chemical composition in separate stages years. The mathematical content of the main ions depending on the value of salinity p. Amu Darya target: Termez, Nukus (Samanbay).*

Изучение качества оросительных (речных) вод Средней Азии при орошении различных почв имеет большое практическое значение с точки зрения возможного изменения состояния этих почв: их засоления, натриевого и магниевое осолонцевания, появления и развития солончаков, очагов содопроявления и т.д.

Рассматриваемая проблема весьма обширна и требует изучения различных ее аспектов. Одним из аспектов является изучение многолетнего изменения минерализации и химического состава речных вод региона [1–5].

**Изменение минерализации и химического состава воды в бассейне р. Сурхандарья.** Химический состав воды р. Сурхандарья формируется на Гиссарском хребте, откуда стекают ее составляющие: Туполанг и Каратаг. На всем протяжении Сурхандарья принимает только два сравнительно крупных притока: Сангардак и Ходжаипак. Южнее р. Ходжаипак имеются только селевые овраги: Байсунсай, Аккапчагай и Ташкупрюк. В равнинной части бассейна Сурхандарья вместе с притоками интенсивно разбирается на орошение и впадает у с. Мангузар в Амударью.

Наблюдения за химическим составом речных вод были начаты в 1938 г. и велись на следующих створах: Караултепе, Пятилетка и Мангузар – Сурхандарья; Зарчуб и Дашнабад – Туполанг; Дашнабад – Дашнабад; Шаргунь – Шаргунь; Кингузар – Сангардак; Карлюк – Ходжаипак. В последние годы минерализация речных вод определяется в тринадцати постах, расположенных на Сурхандарье (створы Жданова, Шурчи, Мангузар), Тупаланге (Зарчоб, Обизаранг), Обизаранге (Дашнабад), Сангардаке (Кингузар), Холкаджаре (Базарбой, устье), Хангарансае (Байсун), Шерабаде (Дербент, устье Майдана) и Майдане (устье), а также в Южно-Сурханском и Учкызылском водохранилищах.

Наименьшая минерализация воды (0,17–0,40 г/л) наблюдается в верховьях Сурхандарьи (бассейны Тупаланга, Обизаранга, Сангардака), состав ее сульфатно-гидрокарбонатный – кальциевый (СГ-К). Начиная от створа Шурчи минерализация воды в Сурхандарье постепенно возрастает и в устье реки достигает 1,1–1,4 г/л, при этом состав ее постепенно меняется на сульфатный – магниевое-кальциевый (С-МК).

В верхнем течении Халкаджара минерализация воды колеблется от 0,3 до 0,6 г/л, к устью повышается до 1,1 г/л; состав ее преимущественно гидрокарбонатно-сульфатный – кальциевый (ГС-К).

В Хангарансае минерализация воды изменяется от 0,29 до 0,80 г/л, меньшие ее величины наблюдаются во время половодья (март–июль); состав ее при малой минерализации –

сульфатно-гидрокарбонатный – кальциевый (СГ–К), с ростом минерализации – сульфатно-кальциевый (С–К).

Наибольшая минерализация (до 3,2 г/л) наблюдается в р.Шерабад и р.Майдан. В верхнем течении р.Шерабад минерализация воды равна 0,6–0,8 г/л, состав ее хлоридно-сульфатный – натриево-кальциевый (ХС–НК), к устью реки она повышается до 2,2–3,2 г/л, при этом состав меняется на сульфатно-хлоридный – натриевый (СХ–Н). Такая же по составу вода и р. Майдан. Это обусловлено содержанием соленосных геологических пород в бассейне.

В Южно-Сурханском водохранилище вода имеет минерализацию 0,41–0,59 г/л, состав ее гидрокарбонатно-сульфатный – магниевый-кальциевый (ГС–МК). В Учкызылском минерализация воды несколько выше: 0,71-0,95 г/л, состав ее преимущественно сульфатный – магниевый-кальциевый (С–МК).

Ниже впадения Сурхандарьи начинает изменяться состав воды Амударьи (у створа Термез). В последние годы минерализация воды меняется от 0,4 до 0,8 г/л. Причем при меньшей минерализации она, как правило, гидрокарбонатно-сульфатная – кальциевая (ГС-К), при повышенной – сульфатно-хлоридная – натриево-кальциевая (СХ–НК).

В 1930 г. в данном бассейне коллекторно-дренажная сеть отсутствовала. Однако недостаточная дренированность бассейна обусловила здесь интенсивное строительство коллекторно-дренажной сети. Она начала строиться в 1940-е годы. В 1969 г. протяженность магистральных коллекторов составляла 759 км, а в 2009 г. – 1117 км.

В таблице 1, где приведены гидрохимические характеристики бассейна р. Сурхандарьи, показана динамика минерализации воды, изменение химического состава по преобладающим ионам и стадиям засоления за ряд лет.

Таблица 1 – Гидрохимические характеристики вод бассейна реки Сурхандарьи  
(1 – минерализация воды г/л; 2 – химический состав по преобладающим ионам и стадиям засоления)

Створ	1931-1940		1951-1960		1961-1970		1971-1980		1981-1990	
Жданова	0,3	СГ-МК	0,32	СГ-МК	0,35	СГ-МК	0,38	СГ-МК	0,42	СГ-МК
Мангузар	0,57	ГС-НК	0,6	ГС-НК	0,88	ГС-НК	1,08	ГС-НК	1,23	ГС-НК

*Примечание.* Сведения за 1941–1950 гг. ввиду малочисленности не обобщены; Х – хлоридный chloride (Cl<sup>-</sup>); С – сульфатный sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>); Г – гидрокарбонатный hydro-carbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>); Н – натрий sodium (Na<sup>+</sup>); К – кальций calcium (Ca<sup>+2</sup>); М – магний magnesium (Mg<sup>+2</sup>).

Примеры математических зависимостей содержания главных ионов от величины минерализации для различных створов бассейна реки Сурхандарьи приведены на рисунке 1. Эти зависимости можно использовать в практических расчетах.

**Изменение минерализации и химического состава воды в бассейне р. Кашкадарьи.** Кашкадарьинская область разделена на две зоны по природно-хозяйственным условиям и времени освоения земель. Верхняя зона включает в основном староорошаемые земли Гузарского, Камашинского, Китабского, Чиракчинского, Шахрисябского и Яккабагского районов и нижнюю зону нового освоения на территории Каршинского, Касанского, Касбийского, Мубаракского, Нишанского и Миришкорского районов.

Из общей площади орошаемых земель порядка 495,0 тыс. га в верхней зоне расположены 190,0 тыс. га, на территории районов нижней зоны – 305,0 тыс. га. Водные ресурсы, располагаемые областью, представляют собой сумму лимитов водоподачи из рек Амударьи и Заравшана, объем стока р. Кашкадарьи и коллекторно-дренажных вод, пригодных к использованию. Объем поверхностных вод по области составляет 6,7 км<sup>3</sup>, в том числе собственные ресурсы речного стока – 1,3 км<sup>3</sup>, или 19 % от общего количества [5].

В последние годы химический состав воды в бассейне р. Кашкадарьи определяется Узгидрометом на семи створах: 1) р. Кашкадарья–кишл. Варганза; 2) р. Кашкадарья – кишл. Чиракчи; 3) р. Кашкадарья – пос. Чимкурган; 4) р. Акдарья (Аксу) – г. Шахрисяба; 5) р. Акдарья – кишл. Хисарак. 6) р. Танхизыдарья – кишл. Каттагон, 7) Левобережный канал Чимкурганского водохранилища – пос. Чимкурган.

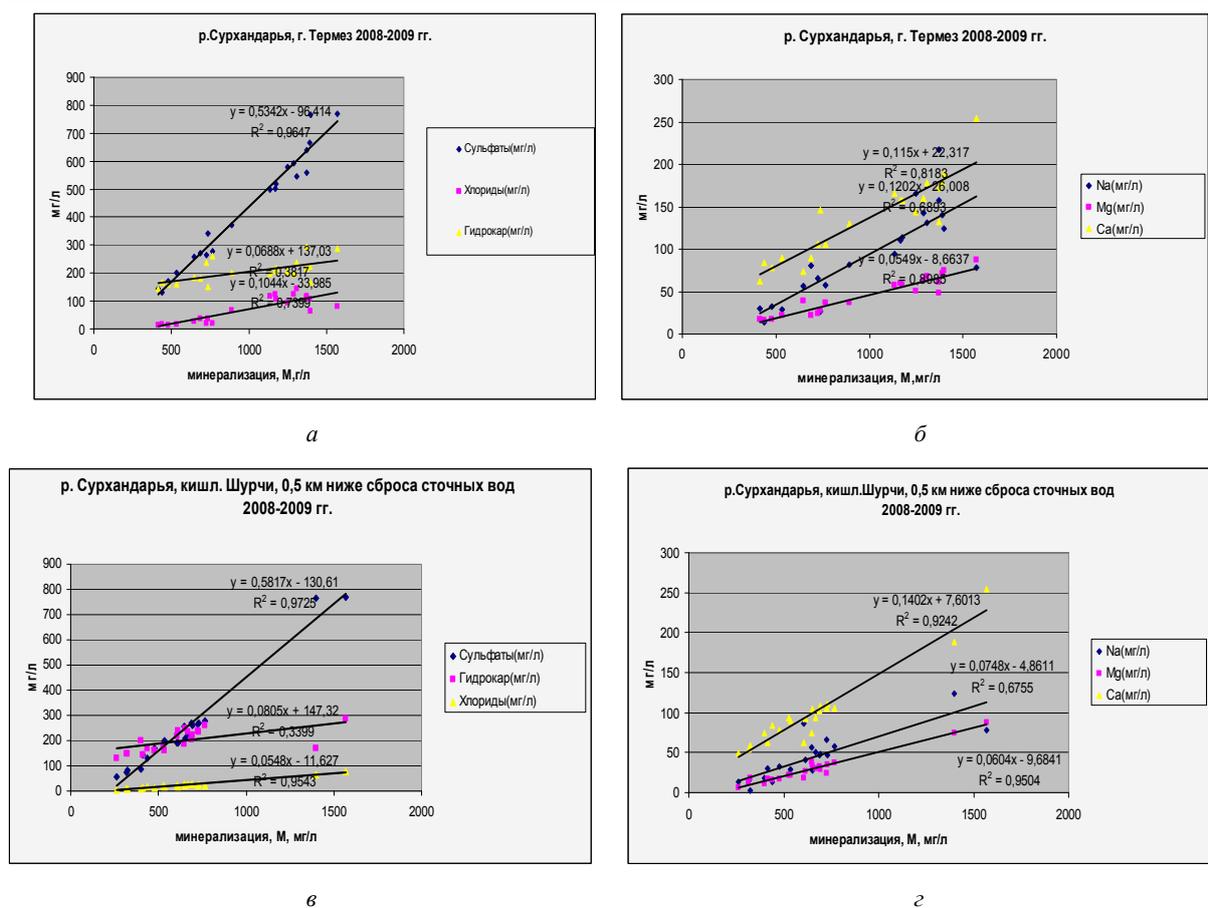


Рисунок 1 – Зависимости содержания главных ионов от величины минерализации для различных створов бассейна реки Сурхандарьи

Наименьшие величины минерализации наблюдаются в р. Кашкадарье у кишл. Варганза, в р. Акдарье у г. Шахрисабза и у кишл. Хисарак, в р. Танхизыдарье у кишл. Каттагон – 0,16–0,27 г/л; в р. Кашкадарье у кишл. Чиракчи она увеличивается до 0,32–0,40 г/л, у пос. Чимкурман – до 0,79–1,09 г/л. В левобережном канале Чимкурманского водохранилища она равна 0,71–0,73 г/л. У створа Варганза состав речной воды сульфатно-гидрокарбонатный–кальциевый (СГ-К), ниже по течению он меняется на сульфатно-гидрокарбонатный–натриево-кальциевый (СГ-НК).

Примеры математических зависимостей содержания главных ионов от величины минерализации для различных створов бассейна реки Кашкадарьи приведены на рисунке 2. Эти зависимости также можно использовать в практических расчетах.

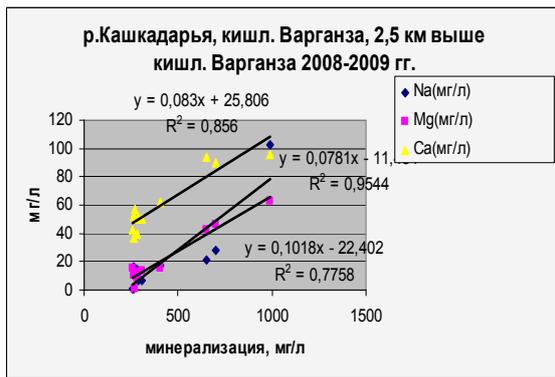
**Изменение минерализации и химического состава воды р. Амударьи перед Хорезмским оазисом и выше орошаемой зоны Республики Каракалпакстан.** Проанализированы математические зависимости содержания главных ионов от величины минерализации для створов городов Термеза, Кипчака и Нукуса (рисунок 3).

В верховьях реки р. Амударьи у створа г. Термез среди анионов преобладает сульфатный ион, на втором месте – гидрокарбонатный ион, на третьем – содержание хлоридного иона.

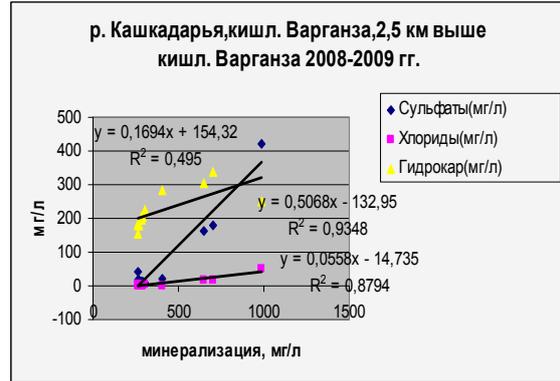
При этом, например, с ростом минерализации от 0,47 до 1,1 г/л содержание сульфатного иона возрастает от 0,10 до 0,32 г/л. Для данного иона коэффициент корреляции равен 0,82.

Среди катионов преобладает натрий, на втором месте – содержание иона кальция, на третьем – иона магния. При этом с ростом минерализации от 0,47 до 1,1 г/л содержание иона магния возрастает от 0,18 до 0,48 г/л. Для данного иона коэффициент корреляции равен 0,58.

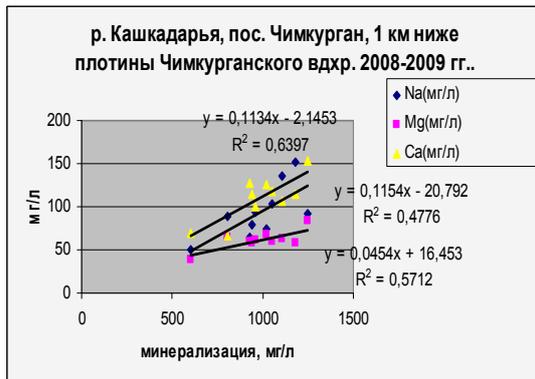
В низовьях реки у створа г. Нукуса (кишл. Саманбай) среди анионов также преобладает сульфатный ион, на втором месте – хлоридный ион, на третьем – гидрокарбонатный ион.



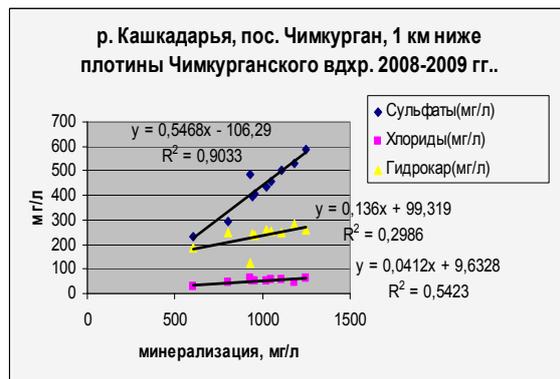
а



б

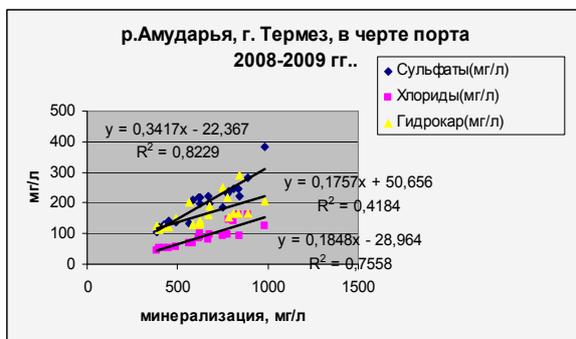


а

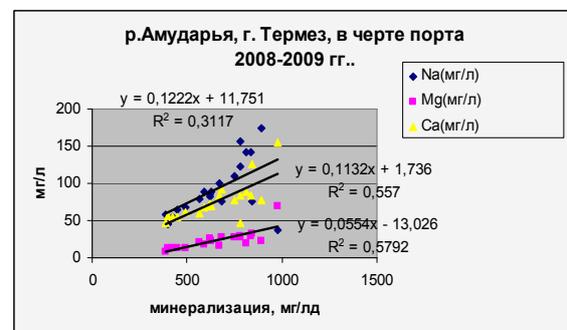


б

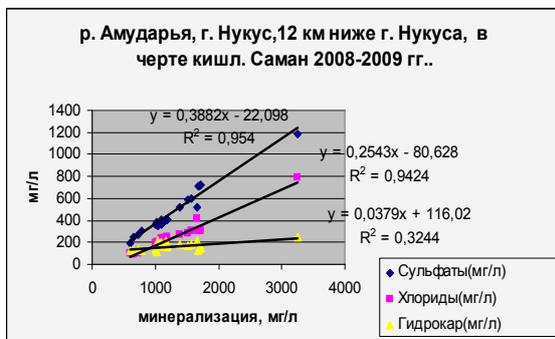
Рисунок 2– Зависимости содержания главных ионов от величины минерализации для различных створов бассейна р. Кашкадарья



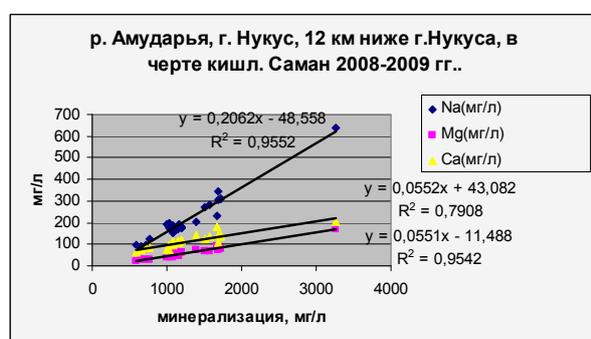
а



б



а



б

Рисунок 3 – Графики зависимости содержания главных ионов ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ) от величины минерализации на различных створах р. Амударья

С повышением минерализации от 0,96 до 3,3 г/л содержание сульфатного иона возрастает от 0,21 г/л до 1,20 г/л. Для данного иона коэффициент корреляции равен 0,95. Среди катионов преобладает натрий, на втором месте – содержание иона кальция, на третьем – иона магния.

С увеличением минерализации от 0,96 до 3,3 г/л содержание натрия возрастает от 0,10 до 0,63 г/л. Для данного иона коэффициент корреляции равен 0,96.

Таким образом, при движении речной воды от верховий к низовьям преобладающий химический состав изменяется с гидрокарбонатно-сульфатного – кальциево-натриевого (ГС–КН) на хлоридно-сульфатный – магниевый-кальциево-натриевый (ХС–МКН).

В данной реке у створа Саманбай минерализация воды с 1931–1940 к 2001–2011 гг. увеличилась с 0,51 до 1,23 г/л, а химический состав воды изменился с гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатного – натриево-кальциевого (ГХС–НК) на сульфатно-хлоридный – магниевый-кальциево-натриевый (СХ–МКН).

Гидрохимический анализ вод Амударьи за многолетний период показывает, что по мере продвижения вниз по реке минерализация воды повышается, что негативно влияет на засоление почв [3–5].

В Амударьинской воде преобладают ионы  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ , далее располагаются  $\text{Na}^+\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . При высокой минерализации воды наблюдается незначительное преобладание содержания  $\text{SO}_4^{2-}$  над  $\text{Cl}^-$ . С ростом общей минерализации воды содержание таких основных ионов, как  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  повышается, а темпы роста ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+\text{K}^+$  и  $\text{Mg}$  ослабевают. Анализ результатов многолетних наблюдений показывает общий непрерывный рост минерализации амударьинской воды, что происходит вследствие больших водозаборов и снижения общей водоносности самой реки и, главным образом, из-за сброса большого количества коллекторных вод почти по всей длине реки. В водоемах Сарбас и Междуречья, Муйнакском заливе также преобладают ионы  $\text{SO}_4$  и  $\text{Cl}$ , затем в следующей последовательности располагаются ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{K}^+$ . Минерализация воды в рассматриваемый нами период в Сарбасском заливе весной составила 8,6 г/л, выше ПДК в 7,6 раз, летом – 2,06 г/л, осенью – 1,23 г/л; в Муйнакском заливе весной – 16,15 г/л, что выше ПДК в 15,1 раза, летом – 3,12 г/л, выше ПДК в 2,12 раза, осенью – 1,3 г/л, в оз. Шегекуль в летний период – 730 мг/л, осенью – 683 мг/л. Жесткость воды, сумма ионов ( $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ ) являются одним из основных показателей химического состава воды в рассматриваемых нами водоемах и водотоках, а точнее, в канале Кипчакдарья. В исследуемый период она составила 8,5–19 мг-экв/л (выше ПДК в 1,2–2,71 раза), причем в летний период она снижается, а к осени и весной повышается, в Междуречье – 5,9–7,2 мг-экв/л, летом ниже, осенью больше, в Муйнакском заливе от 13,4 до 160 мг-экв/л (выше ПДК в 1,91–22,85 раза), в весенний паводок больше 160 мг-экв/л, летом 24 мг-экв/л. В Сарбасском заливе – 12,8–78 мг-экв/л (выше в 1,82–11,14 раза), осенью – 12,8, летом – 18,25, весной – 78 мг экв/л. В р. Амударье ее величина составляет 15,6 мг-экв/л (выше ПДК в 2,2 раза).

Были изучены биоорганические компоненты в водоемах, распределение которых неравномерно, что объясняется гидрологическими условиями, различием количества поступающих органических веществ на всем протяжении реки Амударьи. Для автотрофных растений важнейшим фактором становится наличие в воде так называемых биогенов – соединений фосфора, азота, кремния и ряда других элементов, используемых для построения тела.

Содержание биогенных элементов в исследуемых объектах неоднородно, а также специфично для отдельных слоев воды в течение годового цикла. В амударьинской воде концентрация аммонийного азота ( $\text{NH}_4^+$ ) составила 0,04 мг/л, нитратного азота ( $\text{NO}_3^-$ ) – 1,41 мг/л, нитритного азота ( $\text{NO}_2^-$ ) – 0,010 мг/л, неорганического фосфора в форме ( $\text{PO}_4^-$ ) – 0,002 мг/л. В озере Шегекуль содержание минерального азота  $\text{NH}_4^+$  в летний и осенний периоды составляло – 0,01–0,04 мг/л, нитратного азота  $\text{NO}_3^-$  – 2,31–3,0 мг/л, нитритного азота  $\text{NO}_2^-$  – 0,002–0,003 мг/л, содержание растворенного неорганического фосфора в виде  $\text{PO}_4^-$  – 0,01–0,062 мг/л, в Сарбасском заливе содержание аммонийного азота составило весной 0,02 мг/л, летом – 0,06 мг/л, осенью – 0,09 мг/л, нитратного весной – 0,27 мг/л, летом и осенью – 2,89 мг/л, нитритного весной – 0,012 мг/л, летом и осенью – 0,002 мг/л.

В Муйнакском заливе распределение аммонийного азота мозаично и его концентрация весной и летом равна 0,03–0,07 мг/л, осенью – 0,11–0,18 мг/л, нитратного азота весной – 0,35 мг/л,

летом его оказалось больше – 6,32 мг/л, осенью концентрация была от 5,54–10,3 мг/л, содержание нитритов весной – 0,013 мг/л, летом и осенью – 0,002 мг/л, фосфатов – весной и летом – 0,04 мг/л, осенью – 0,058–0,072 мг/л.

В рассматриваемых нами водоемах концентрация аммонийного азота не превышает ПДК, за исключением Муйнакского залива, где его величина превышает предельно допустимую норму в 0,03 раза. Концентрация нитратного азота ( $\text{NO}_3^-$ ) в реке Амударье выше ПДК в 1,62–2,82 раза, в Кипчакдарье – в 9,3 раза, в Сарбаском заливе – в 5,78 раза, в Муйнакском заливе – в 20,6 раза, в озере Шегекуль – в 4,62–6 раз. Концентрации растворимых фосфатов ( $\text{PO}_4^-$ ) обнаруживались в незначительных количествах и не превышали ПДК во всех исследуемых водоемах, однако величина их изменчива в годовом цикле и зависит от стока реки и внутри-водоемных процессов, где фосфор постоянно находится в круговороте, в результате жизнедеятельности организмов.

При неустойчивом гидрологическом режиме и избыточном поступлении биогенных элементов часто формируется неустойчивый кислородный режим. Содержание растворенного в воде кислорода в реке Амударье в период исследований составляло 11,49–12,80 мг  $\text{O}_2$ /л, 103–117% насыщения, в Кипчакдарье – 10–11,0 мг  $\text{O}_2$ /л, или 122–121% насыщения, в Сарбаском заливе – 9,6–10,10 мг  $\text{O}_2$ /л, или 114–111% насыщения, в Муйнакском заливе – 7,3–9,7 мг  $\text{O}_2$ /л, или 77,9–108,3% насыщения, в озере Шегекуль его концентрация была 10,2–10,9 мг  $\text{O}_2$ /л, или 126–121,1% насыщения.

#### Выводы:

1. В последние годы наименьшая минерализация воды (0,17–0,40 г/л) наблюдается в верховьях Сурхандарьи (бассейны Тупаланга, Обизаранга, Сангардака), состав ее сульфатно-гидрокарбонатный – кальциевый (СГ–К). Начиная от створа Шурчи, минерализация воды в Сурхандарье постепенно возрастает и в устье реки достигает 1,1–1,4 г/л, при этом состав ее постепенно меняется на сульфатный – магниевый-кальциевый (С–МК);

2. Наименьшие величины минерализации наблюдаются в р. Кашкадарье у кишл. Варганза, в р. Акдарья у г. Шахрисабза и у кишл. Хисарак, в р. Танхизыдарья у кишл. Каттагон – 0,16–0,27 г/л; в р. Кашкадарье у кишл. Чиракчи она увеличивается до 0,32–0,40 г/л, у пос. Чимкурган – до 0,79–1,09 г/л. В левобережном канале Чимкурганского водохранилища она равна 0,71–0,73 г/л. У створа Варганза состав речной воды сульфатно-гидрокарбонатный – кальциевый (СГ–К), ниже по течению он меняется на сульфатно-гидрокарбонатный – натриево-кальциевый (СГ–НК);

3. Гидрохимический анализ вод Амударьи за многолетний период показывает, что вниз по реке минерализация воды повышается. В верхнем течении она равна 0,47–0,58 г/л, к течению Туямуюн (выше Хорезмского оазиса) повышается до 0,69–0,86 г/л, а у г. Нукуса (Саманбай) выше орошаемой зоны Республики Каракалпакстан – больше 1,0 г/л. В Амударьинской воде преобладают ионы  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ , далее располагаются  $\text{Na}^+$  +  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . При высокой минерализации воды наблюдается незначительное преобладание содержания  $\text{SO}_4^{2-}$  над  $\text{Cl}^-$ . С ростом общей минерализации воды содержание таких основных ионов, как  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  растет, а темпы увелечения ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$  +  $\text{K}^+$  и  $\text{Mg}^{2+}$  ослабевают.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Чембарисов Э.И. О качестве поверхностных вод Узбекистана / Э.И. Чембарисов, Ю.Н. Лесник, Т.Ю. Лесник, М.В. Раннева // Проблемы освоения пустынь. – Ашхабад, 2002. – № 2. – С. 44–47.
- [2] Чембарисов Э.И. Маргинальные воды Узбекистана / Э.И. Чембарисов, М.А. Якубов, Т.Ю. Лесник // Проблемы Освоения пустынь. – Ашхабад, 2003. – № 1. – С. 13–17.
- [3] Чембарисов Э.И. Методика гидроэкологического мониторинга оценки качества поверхностных вод / Э.И. Чембарисов, А.Б. Насрулин, Т.Ю. Лесник // Проблемы освоения пустынь. – Ашхабад, 2005. – № 1. – С. 32–36.
- [4] Чембарисов Э.И. Содержание гидроэкологического мониторинга поверхностных вод Центральной Азии / Э.И. Чембарисов // Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. – М., 2009. – № 5. – С. 74–78.
- [5] Чембарисов Э.И. Генезис, формирование и режим поверхностных вод Узбекистана и их влияние на засоление и загрязнение агроландшафтов (на примере бассейна реки Амударья) / Э.И. Чембарисов, А.Б. Насрулин, Т.Ю. Лесник, Р.Т. Хожамуратова. – Нукус: Изд-во Qaraqalpaqstan, 2016. – 188 с.