

более детально проработать вопросы по двум ключевым направлениям – это разработка схем устройства деривационных ОС на основе уже существующей ирригационной инфраструктуры и создание новых деривационных ОС на базе потенциала горных рек. Так как диапазон сочетаний исходных данных и конечных требований в предгорных зонах достаточно широк, то в этот диапазон попадут и все остальные районы для развития орошения на принципе деривационных ОС. При этом следует понимать, что потенциал их энергоэффективности во многом будет зависеть от величины начального командования источника орошения и его удаления от территории расположения ОС, а также принятых технических решений по реализации проекта.

#### Список использованных источников

1 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года от 27 августа 2009 г. № 1235-р // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

2 Щедрин, В. Н. Водные ресурсы – главный фактор развития орошаемого земледелия в России / В. Н. Щедрин, Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 17–19.

3 Федеральное государственное бюджетное учреждение «Управление эксплуатации Большого Ставропольского канала» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ubsk.pf/index.php/o-bsk/istoriya-uchrezhdeniya>, 2015.

4 Википедия – сводная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>, 2016.

5 РусГидро – «Каскад Кубанских ГЭС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kkges.rushydro.ru/hpp/general>, 2016.

6 Официальный интернет-портал «Министерство сельского хозяйства Российской Федерации» Департамент мелиорации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mcx-dm.ru/gts/3927>, 2016.

7 Куприченков, М. Т. Почвы Ставрополя / М. Т. Куприченков. – Ставрополь, 2005. – 424 с.

УДК 626.82

**Э. И. Чембарисов, Т. Ю. Лесник**

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

**Р. Т. Хожамуратова**

Каракалпакский государственный университет, Нукус, Республика Каракалпакстан

**С. Р. Шодиев**

Навоийнский государственный педагогический институт, Навои, Республика Узбекистан

**Ю. С. Вахидов**

Государственное унитарное предприятие «Геоинформкадастр», Ташкент, Республика Узбекистан

#### ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕКИ АМУДАРЬ В ПРЕДЕЛАХ УЗБЕКИСТАНА

*В статье представлены характеристики гидрологического и гидрохимического режима реки Амударья в пределах территории Узбекистана. Изменение водности по длине реки рассмотрено на створах: теснина Тюямуюн, Кипчак, Саманбай, Кызылжар. Проведен анализ изменения минерализации речной воды за несколько лет на этих створах.*

*Ключевые слова: река Амударья, среднегодовые расходы воды, минерализация, химический состав воды, рассоление.*

Решение проблемы устойчивого водозабора из трансграничной р. Амударьи в складывающейся экстремальной водохозяйственной обстановке имеет особое народнохозяйственное значение для жизни и развития многомиллионного населения шести областей Республики Узбекистан и Республики Каракалпакстан, расположенных в низовьях бассейна.

В связи с этим важное значение имеет анализ многолетних изменений гидрологического и гидрохимического режима воды р. Амударьи.

**Бассейн р. Амударьи.** Его площадь составляет 2686,6 тыс. км<sup>2</sup> и включает в себя не только территорию пяти Центрально-Азиатских республик, но и Афганистана (257,0 тыс. км<sup>2</sup>) и Ирана (65,0 тыс. км<sup>2</sup>). Бассейн р. Амударьи – самой многоводной реки Центральной Азии охватывает более 80 крупных рек, расположенных на территории Узбекистана, Таджикистана, Туркмении.

По условиям формирования стока бассейн р. Амударьи гидрологи разделяют на несколько частей:

- бассейн р. Пяндж, который, в свою очередь, состоит из двух гидрологических областей: Таджикский Памир, отличающийся сравнительным многоводьем, и очень маловодная южная часть бассейна на территории Афганистана;
- бассейн р. Вахш;
- бассейны рек, стекающих с южных склонов Гиссарского хребта (Кафирниган, Сурхандарья, Шерабад);
- бассейны Кашкадарьи и Зерафшана, которые должны быть отнесены по орографическим и гидрографическим признакам к бассейну р. Амударьи, хотя сами реки давно потеряли связь с Амударьей;
- равнинная часть бассейна, условно верхней границей области принят створ Керки.

За прошедшие годы гидрологические наблюдения на р. Амударье велись на гидрологических постах, указанных в таблице 1.

**Таблица 1 – Гидрологические посты бассейна р. Амударьи  
(по сведениям из фондов Узгидромета и БВО «Амударья»)**

| Название водного объекта | Местонахождение и название поста | Расстояние от устья, км | Площадь водосбора, км <sup>2</sup> | Отметка нуля поста, высота, м | Период действия (число, месяц, год) |
|--------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Амударья                 | Термез                           | 1302                    | 231000                             | 289,72                        | 01.10.1932                          |
| Амударья                 | Атамурат (Керки)                 | 1070                    | 309000                             | 237,57                        | 21.07.1910                          |
| Амударья                 | Бирата (Дарганата)               | 636                     | –                                  | 142,02                        | 12.05.1955                          |
| Амударья                 | Тюямуюн                          | 475                     | –                                  | 107,08                        | 16.07.1924<br>(05.10.1979)          |
| Амударья                 | Ташсака                          | 467                     | –                                  | 105,23                        | 10.06.1912<br>(17.04.1993)          |
| Амударья                 | Бируни                           | 399                     | –                                  | 91,00                         | 01.03.1978                          |
| Амударья                 | Кипчак                           | 308                     | –                                  | 76,20                         | 07.03.1934<br>(01.01.2003)          |
| Амударья                 | Ниятбайтас                       | 263                     | –                                  | 71,00                         | 15.03.1983                          |
| Амударья                 | Кызкеткен                        | 257                     | –                                  | 70,00                         | 17.03.1974                          |
| Амударья                 | Саманбай                         | 240                     | –                                  | 65,00                         | 17.11.1972                          |
| Амударья                 | Кызылжар                         | 127                     | –                                  | 53,00                         | 01.10.1950<br>(01.01.1974)          |
| Амударья                 | Парлатау                         | 54                      | –                                  | 46,00                         | 22.05.1988                          |

В бассейне р. Амударьи зону формирования стока можно ограничить створами Термез и Атамурат (Керки), зону транзита – створами Бирата (Дарганата) – теснина

Тюямуюн, зону рассеивания стока – створами Саманбай (г. Нукус) и Кызылжар.

Имеются данные за 1980–2013 гг. о среднегодовых расходах воды у створа теснина Тюямуюн. За этот период они изменялись от 298 м<sup>3</sup>/с (в 2001 г.) до 1640 м<sup>3</sup>/с (в 1992 г.) и 1530 м<sup>3</sup>/с (в 1998 г.) при норме стока 858 м<sup>3</sup>/с. Сведения об изменениях этих расходов за многолетний период у данного створа представлены на рисунке 1, а. На нем приводится линия тренда. На рисунке 1, а видно, что проведенная линия тренда направлена под углом к оси абсцисс графика в сторону понижения расходов воды, ориентировочно к 2030 г. они могут уменьшиться до 550–560 м<sup>3</sup>/с.



а



б

а – створ теснина Тюямуюн; б – створ Кипчак

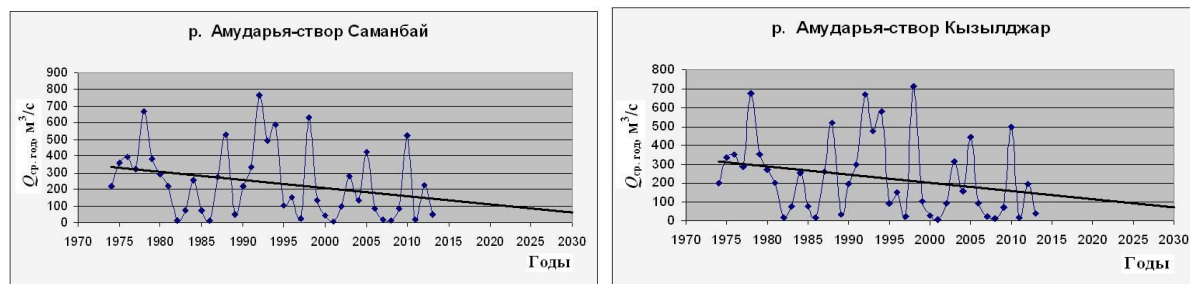
**Рисунок 1 – Многолетние изменения среднегодовых расходов воды бассейна р. Амударьи с проведением линии тренда**

У створа Кипчак данные о среднегодовых расходах воды имеются за 1980–2013 гг. За этот период они изменялись от 145 м<sup>3</sup>/с (в 2001 г.) до 1180 м<sup>3</sup>/с (в 1992 г.) и 1090 м<sup>3</sup>/с (в 1998 г.) при норме стока 574 м<sup>3</sup>/с. Сведения об изменениях этих расходов за многолетний период у данного створа представлены на рисунке 1, б. На нем приводится линия тренда. На рисунке 1, б видно, что проведенная линия тренда направлена под углом к оси абсцисс графика в сторону понижения расходов воды, ориентировочно к 2030 г. они могут уменьшиться до 420–430 м<sup>3</sup>/с.

Сведения о среднегодовых расходах воды у створа Саманбай имеются за 1974–2013 гг. За этот период они изменялись от 3,23 м<sup>3</sup>/с (в 2001 г.) до 765,00 м<sup>3</sup>/с (в 1992 г.) и 671,00 м<sup>3</sup>/с (в 1978 г.) при норме стока 239,00 м<sup>3</sup>/с. Изменения расходов за многолетний период у данного створа представлены на рисунке 2, а. На нем приводится линия тренда. На рисунке 2, а видно, что проведенная линия тренда направлена под углом к оси абсцисс графика в сторону понижения расходов воды, ориентировочно к 2030 г. они могут уменьшиться до 85–90 м<sup>3</sup>/с.

Сведения о среднегодовых расходах воды у створа Кызылжар имеются за 1974–2013 гг. За этот период они изменялись от 2,72 м<sup>3</sup>/с (в 2001 г.) до 676,00 м<sup>3</sup>/с (в 1978 г.) и 712,00 м<sup>3</sup>/с (в 1998 г.) при норме стока 230,00 м<sup>3</sup>/с. Изменения этих расхо-

дов за многолетний период у данного створа представлены на рисунке 2, б. На нем приводится линия тренда. На рисунке 2, б видно, что проведенная линия тренда направлена под углом к оси абсцисс графика в сторону понижения расходов воды, ориентировочно к 2030 г. они могут уменьшиться до 80–85 м<sup>3</sup>/с.



а

б

а – створ Саманбай; б – створ Кызылжар

**Рисунок 2 – Многолетние изменения среднегодовых расходов воды бассейна р. Амударьи с проведением линии тренда**

Специалистами установлен факт повышения минерализации воды и ухудшение ее химического состава в средних и нижних течениях крупных рек бассейна Аральского моря. При этом доказано, что основной причиной этого процесса является орошаемое земледелие, в результате этой деятельности в реки поступают все большие объемы возвратных (в том числе коллекторно-дренажных) высокоминерализованных вод с поливных угодий вместе с остатками удобрений и ядохимикатов [1–6].

Согласно бассейновому методу формирование жидкого, твердого и химического стока необходимо рассматривать в целом по отдельным бассейнам, начиная с зоны формирования стока, затем в зоне транзита, и наконец, в зоне его рассеивания.

При применении бассейнового метода необходимо связывать гидрохимический режим рек с данными по степени и типу засоления орошаемых почв – это одно из важнейших условий применения бассейнового метода.

Одно из основных научных положений бассейнового метода базируется на том, что значительные изменения минерализации и химического состава речных вод на постах, расположенных ниже орошаемых массивов, повторяют как бы в зеркальной форме закономерности опреснения засоленных почв и грунтовых вод по стадиям, выявленным в ходе исследовательских работ почвоведов-мелиораторов. В соответствии с этими результатами в таблице 2 приведены стадии рассоления орошаемых засоленных почв: от хлоридно-натриевой до содовой и гидрокарбонатно-кальциевой.

**Таблица 2 – Общий характер рассоления природных территорий по стадиям (по В. А. Ковда, 1984)**

| Стадия рассоления      | Возможный состав преобладающих ионов в зависимости от геохимических условий и продолжительности орошения                                                                                                 |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                      | 2                                                                                                                                                                                                        |
| 1 Хлоридно-натриевая   | Хлоридно-натриевый (ХН), сульфатно-хлоридный натриевый (СХ – Н), гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный натриевый (ГСХ – Н), гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниевый-кальциевый-натриевый (ГСХ – МКН) |
| 2 Сульфатно-натриевая  | Хлоридно-сульфатный натриевый (ХС – Н), сульфатно-натриевый (СН), сульфатный кальциевый-натриевый (С – КН)                                                                                               |
| 3 Сульфатно-кальциевая | Гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный кальциевый (ГХС – К), сульфатно-кальциевый (СК), гидрокарбонатно-сульфатный натриево-кальциевый (ГС – НК)                                                            |

Продолжение таблицы 2

| 1              | 2                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 Предсодовая  | Сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-натриевый (СГ – КН), сульфатно-гидрокарбонатный натриевый (СГ – Н), гидрокарбонатный натриево-магниевый-кальциевый (Г – НМК) с содой или гидрокарбонатно-кальциевый (ГК) с содой |
| 5 Содовая      | Гидрокарбонатно-натриевый (ГН)                                                                                                                                                                                        |
| 6 Послесодовая | Гидрокарбонатный натриево-магниевый-кальциевый (Г – НМК) или сульфатно-гидрокарбонатный магниевый-натриево-кальциевый (СГ – МНК), гидрокарбонатный магниевый-кальциевый (Г – МК), гидрокарбонатный кальциевый (Г – К) |

Согласно бассейновому методу общее изменение химического состава речных вод за длительный период времени (70–100 лет) должно идти обратным путем, т. е. гидрокарбонатно-кальциевая речная вода при попадании в нее легкорастворимых солей из почв, пород и грунтовых вод орошаемых массивов будет постепенно трансформироваться по преобладающим ионам в сульфатно-кальциевую, затем в сульфатно-натриевую и, наконец, в хлоридно-натриевую воду.

Естественно, что в некоторых речных бассейнах или ниже орошаемых массивов, расположенных по их длине, в силу различия их геохимических особенностей может наблюдаться несколько иная картина метаморфизации химического состава речных вод.

В бассейне р. Амударьи площадь земель, пригодных для орошения, составляет 12–14 млн га. Самые большие орошаемые угодья расположены в средней части бассейна р. Амударьи – в низовьях рек Кашкадарьи и Зерафшана. Если бассейны этих рек рассматривать отдельно, то наибольший фонд земель, пригодных для орошения, находится в низовьях рек – на территории Республики Каракалпакстан.

По природно-экономическим условиям в бассейне р. Амударьи (без Зерафшана и Кашкадарьи) выделяют три зоны: верховье, среднее течение, нижнее течение.

Верхнее течение, замыкаемое створом Керки (современное название Атамурат), составляет 14,5 % территории бассейна, включающей 22 % поливных земель. Здесь расположены Пянджский, Вахшский, Кафирниганский и Сурхан-Шерабадский ирригационные районы. Административно эти земли принадлежат Республике Таджикистан и Республике Узбекистан (Сурхандарьинская область).

Среднее течение (в основном территория Туркменистана и Узбекистана), замыкаемое створом теснина Тюямуюн, занимает 13 % площади бассейна и включает 40 % поливных земель.

В низовьях бассейна (территория Узбекистана и Туркменистана), замыкаемых створами Нукус (Саманбай, Чатлы) и Темирбай, сосредоточено 25 %, а в зоне Каракумского канала (территория Туркмении) 14 % орошаемых земель бассейна. Нижнее течение объединяет Тюямуюнский (Хорезмский и Дашогузский оазисы) и Тахиаташский ирригационный район (орошаемые территории Республики Каракалпакстан).

**Изменение минерализации и химического состава воды р. Амударьи по отдельным временным периодам.** Были исследованы следующие периоды: 1931–1940, 1951–1960, 1961–1970, 1971–1980, 1981–1990, 1991–2000, 2001–2010 гг. (сведения за 1941–1950 гг. в виду их малочисленности не обобщены).

В связи с развитием орошения минерализация воды р. Амударьи на створе Керки (современное название Атамурат) за прошедшие годы повысилась в 1,3 раза (с 0,50 до 0,67 г/л), при этом состав воды сменился с сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатного натриево-кальциевого (СХГ – НК) на гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный натриево-магниевый-кальциевый (ГХС – НМК). Этому способствовал рост минерализации речных вод в устьях Вахша, Пянджа и Сурхандарьи.

Ниже орошаемых земель среднего течения у створа Нукус (Саманбай и Чатлы) минерализация речной воды за прошедшие годы увеличилась в 2,4 раза (с 0,51 до 1,23 г/л), а химический состав воды сменился с гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатного натриево-кальциевого (ГХС – НК) на сульфатно-хлоридный магниевый-кальциево-натриевый (СХ – МКН).

В низовьях реки у створов Темирбай и Кызылжар минерализация воды за прошедшие годы увеличилась в 3,3 раза (с 0,51 до 1,65 г/л), а состав воды сменился с гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатного натриево-кальциевого (ГХС – НК) на сульфатно-хлоридный магниевый-кальциево-натриевый (СХ – МКН).

За прошедшие годы также изменилась минерализация воды в Аральском море. Если в 1951–1960 гг. она имела показатель 9–10 г/л, то в настоящее время возросла до 100–110 г/л при явном преобладании в составе солей сульфатов и хлоридов магния и натрия.

**Особенности миграции главных ионов р. Амударьи.** Были проанализированы математические зависимости содержания главных ионов от величины минерализации для створов: г. Термез, теснина Тюямуюн, г. Нукус (Саманбай), к. Кызылжар (рисунок 3).

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

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

Среди катионов преобладает натрий, на втором месте – ион кальция, на третьем – ион магния. При этом с ростом минерализации от 0,47 до 1,10 г/л содержание иона магния возрастает с 0,18 до 0,48 г/л. Для данного иона коэффициент корреляции равен 0,58.

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

При этом, например, с ростом минерализации от 0,96 до 3,30 г/л содержание сульфатного иона возрастает с 0,21 до 1,20 г/л. Для данного иона коэффициент корреляции равен 0,95.

Среди катионов преобладает натрий, на втором месте – ион кальция, на третьем – ион магния.

При этом, например, с ростом минерализации от 0,96 до 3,30 г/л содержание натрия возрастает с 0,10 до 0,63 г/л. Для данного иона коэффициент корреляции равен 0,96.

Таким образом, видно, что 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).

### Выводы

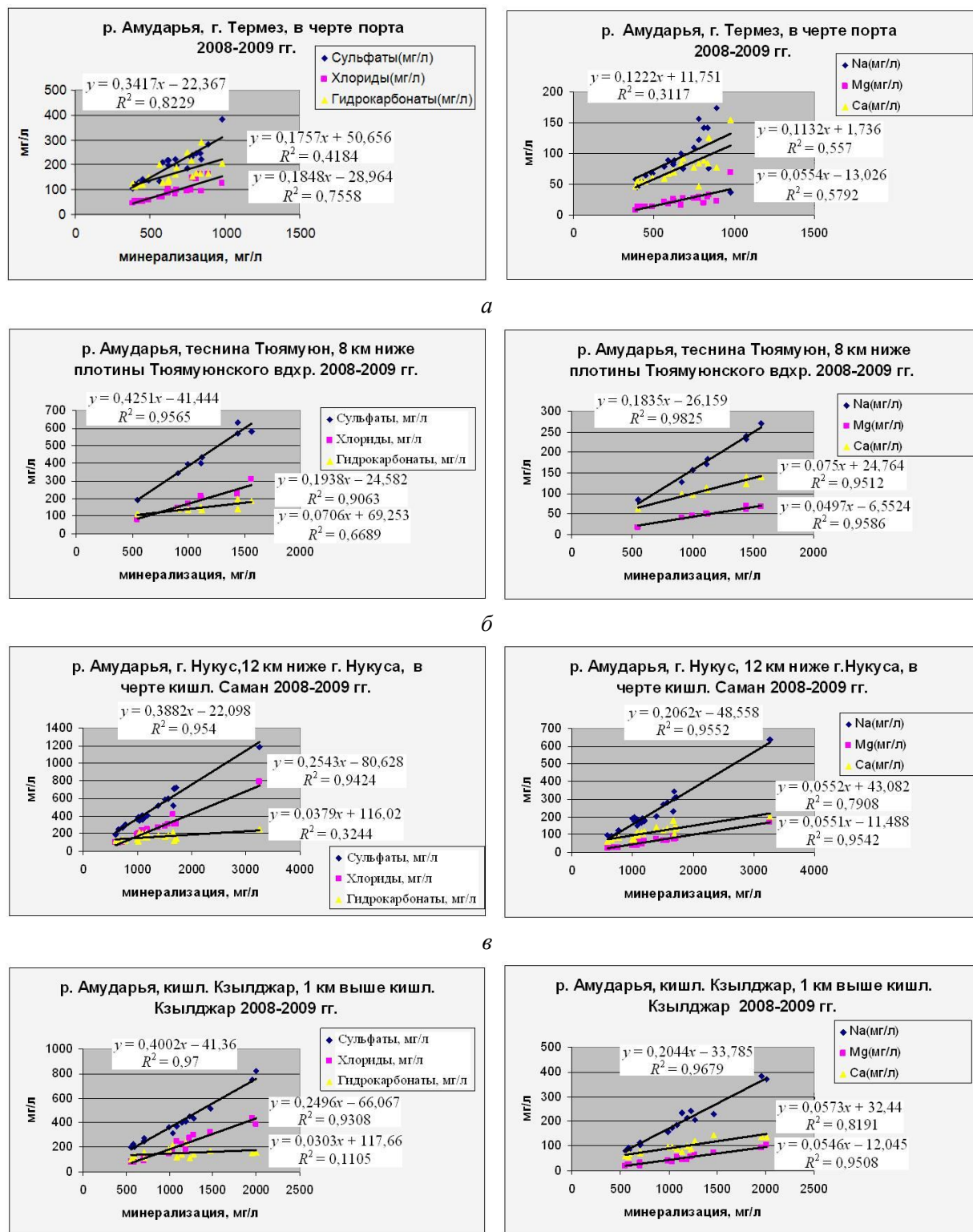
1 Рациональное использование водных ресурсов р. Амударьи и управление ими требует тщательного изучения ее настоящего и прежнего гидрологического и гидрохимического режима.

2 Проведенный анализ собранных гидрологических данных показал, что водность р. Амударьи в 1970–1990 гг. была выше, чем 2000–2015 гг.

3 За основу методического подхода принят бассейновый метод, когда минерализация и химический состав речных вод ухудшаются по мере поступления солей в результате рассоления почв и пород орошаемых массивов, оно происходит по определенным геохимическим стадиям: от хлоридно-натриевой до послесодовой.

4 Были проанализированы многолетние изменения минерализации и химического состава на гидрологических створах (за 1931–2015 гг.), замыкающих верхнее, среднее и нижнее течение р. Амударьи. Выявлено, что до впадения в Аральское море минерализация воды этой реки возросла с 0,51 до 1,65 г/л, а химический состав изменился с гидро-

карбонатно-хлоридно-сульфатного натриево-кальциевого (ГХС – НК) до сульфатно-хлоридного магниевое-кальциево-натриевого (СХ – МКН), это указывает на тот факт, что пока не произошло улучшения мелиоративного состояния орошаемых массивов.



а – Термез; б – теснина Тюямун; в – Нукус (Саманбай); г – Кызылжар (слева приведены графики связи для анионов, справа – для катионов)

**Рисунок 3 – Зависимости изменения содержания главных ионов от величины минерализации воды р. Амударья у створов**

**Список использованных источников**

1 Ковда, В. А. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением орошаемых почв / В. А. Ковда. – М.: Колос, 1984. – 240 с.

2 Чембарисов, Э. И. Методика гидроэкологического мониторинга оценки качества поверхностных вод / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник // Проблемы освоения пустынь: междунар. науч-практ. журн. – 2005. – № 1. – С. 32–36.

3 Минерализация и химический состав речных вод бассейна Амударьи / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник, Т. Э. Чембарисов // Проблемы освоения пустынь: междунар. науч-практ. журн. – 2013. – № 3–4. – С. 54–58.

4 Чембарисов, Э. И. Изучение современного гидрологического и гидрохимического режимов воды р. Амударьи в целях обеспечения гидроэкологической безопасности / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник // Водная, энергетическая и продовольственная безопасность в странах ВЕКЦА: проблемы и решения: сб. науч. тр. – Ташкент: НИЦ МКВК, 2013. – Вып. 6. – С. 141–148.

5 Чембарисов, Э. И. О многолетних изменениях водности рек бассейна реки Амударьи / Э. И. Чембарисов, Т. Ю. Лесник, А. Б. Насрулин // Водные ресурсы и водопользование: науч.-техн. журн. – 2016. – № 2(145). – С. 44–48.

6 Генезис, формирование и режим поверхностных вод Узбекистана и их влияние на засоление и загрязнение агроландшафтов (на примере бассейна реки Амударьи) / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник, Р. Т. Хожамуратова. – Нукус: Qaraqalpaqstan, 2016 – 188 с.