

Е. М. Видинеева<sup>1</sup>, Н. Г. Верещагина<sup>2</sup>, А. М. Мухаметзянова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> К.г.н. (Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан)

<sup>2</sup> К.х.н., начальник отдела исследований и прогнозов загрязнения природной среды  
(Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан)

<sup>3</sup> Младший научный сотрудник  
(Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан)

## ВЫНОС СОЛЕЙ НА ОРОШАЕМЫЕ ЗЕМЛИ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ ПОЛИВНЫМИ ВОДАМИ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭТИХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

**Аннотация.** Предложена методика расчета выноса солей, азота и органики (по гумусу) поливными водами на орошаемые земли для легких и тяжелых почв. Рассчитан вынос по предложенной методике с учетом особенностей почв и поливных норм для пяти основных сельхозкультур Ферганской долины. Определен запас этих веществ в корнеобитаемом слое, произведено сравнение с ним выноса. Оценено качество воды Сырдарьи, Нарына, Карадарьи для ирригации.

**Ключевые слова:** запас солей, корнеобитаемый слой, Ферганская долина, поливные нормы, качество поливных вод.

Несмотря на осенние и весенние промывки земель, на разветвленную в Ферганской долине коллекторно-дренажную сеть, многие исследователи отмечают недостаточность этих мероприятий и зачастую продолжающееся засоление почв. Этому процессу в некоторой мере способствует вынос солей на орошаемые земли с поливными водами. Нами оценен этот вынос при поливах основных культур, выращиваемых в Ферганской долине в Наманганской и Андижанской областях и орошаемых из Сырдарьи, Нарына и Карадарьи.

Подобные расчеты для Ферганской долины ранее не проводились.

С поливной водой на почвы выносятся некоторое количество солей, которые оказывают влияние на запас их в корнеобитаемом слое. Чтобы рассчитать этот вынос, нужно знать минерализацию воды в каналах и расходы воды в них.

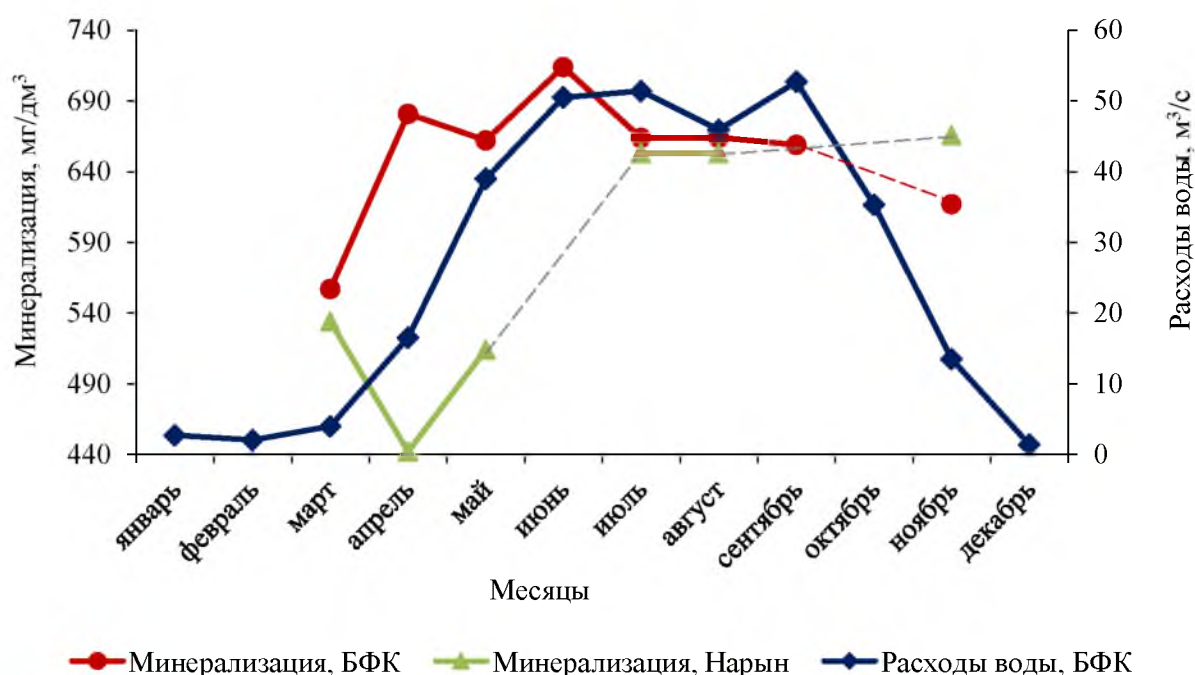
В среднем за 1991–2018 гг. расходы воды в каналах в соответствии с режимом поливов сельхозкультур менялись внутри года одинаково: максимум – в мае–октябре, минимум – в феврале (см. рисунок).

Высокие расходы воды в Большом Ферганском канале (БФК) в октябре–ноябре обусловлены массовыми промывками земель.

Минерализация воды в каналах Ферганской долины обычно выше, чем в реках [1]. Большой Ферганский канал – крупнейший в долине, в его русло выклиниваются грунтовые воды, обычно более минерализованные и, следовательно, повышающие минерализацию воды в канале.

В естественных условиях минерализация воды в реках снегово-ледникового питания – а именно к ним относятся Сырдарья, Нарын и Карадарья – минимальна в период половодья – апрель–август. После введения в эксплуатацию крупнейшего в Средней Азии Токтогульского водохранилища на Нарыне реки Нарын и Сырдарья превратились в «антиреки» с минимальным стоком в летние месяцы, в которые накапливается вода в водохранилище, и максимумом расходов в зимние месяцы, когда идет интенсивная сработка водохранилища для энергетических целей и растет минерализация воды в нем. Кроме того, увеличению минерализации способствует поступление в реки коллекторно-дренажных вод. Минерализация воды, например, в Нарыне у устья после годового минимума в апреле–мае растет до ноября, оставаясь выше 500 мг/дм<sup>3</sup> в июле–августе.

До недавнего времени, пока гидрохимический режим каналов не изучался, считалось априори, что минерализация воды в каналах такая же, как в реках, из которых они питаются. Но часто она в каналах оказывается выше на 50–100 мг/дм<sup>3</sup> и держится высокой все лето, как, например, в Большом Ферганском канале в 2018 году. Полив из них сельхозкультур может увеличивать запас солей на орошаемых землях.



Внутригодовой ход расходов воды в БФК, минерализация воды в нем и Нарыне в 2018 г.

Нами предложена следующая методика расчета выноса солей и загрязняющих веществ с поливными водами на орошаемые земли. Сначала определяется по картам из какого водотока идет полив конкретной территории, затем минерализация воды в нем средняя за вегетационный период – апрель-сентябрь. Расчет ведется для каждой сельхозкультуры отдельно, так как поливные нормы их различны и зависят от вида культуры и типа механического состава почв. От состава почв зависят гидромодули полива, а по ним выделяются гидромодульные районы.

Для расчетов мы выбрали два из них – второй на тяжелых почвах и пятый – на легких в двух указанных областях.

Почвы в них мало разнятся: в обеих областях незасоленные и слабозасоленные в сумме составляют 77 и 84% соответственно. Поэтому поливные нормы взяты одинаковыми для этих двух вилоятов (таблица 1).

Таблица 1 – Число поливов и поливные нормы (м³/с) в Ферганской долине (Андижанская и Наманганская области)

Показатели		Зерновые	Рис	Хлопок	Бахчевые	Картофель и овощи
Поливная норма	2-й гидромодульный район, тяжелые почвы	825	2036	871	571	500
	5-й гидромодульный район, легкие почвы	550	1364	586	386	336
Число поливов		4	11	7	7	22

Вынос солей целесообразно сравнить с запасом солей в пахотном горизонте. За пахотный горизонт агрономы и агротехники принимают верхний слой почвы глубиной 30 см. Именно для этого слоя рассчитан запас солей по следующей формуле:

$$S = V \cdot \gamma \cdot C,$$

где  $C$  – содержание солей, %;  $V$  – объем слоя грунта глубиной 0–30 см и площадью 1 га (10 000 м²);  $\gamma$  – объемный вес грунта, т/м³.

Содержание солей, гумуса и азота в пахотном горизонте взято из «Почвенного атласа» [2].

Нами подсчитан объем пахотного горизонта почв с учетом их объемного веса по данным А. Ф. Большакова [3]. Пахотным агрометеорологи считают слой площадью 1 га – 10 000 м² и

глубиной 30 см, то есть объем его 3000 м<sup>3</sup>. Затем рассчитано содержание солей, гумуса и азота в этом горизонте для четырех типов почв, преобладающих в Ферганской долине. Содержание солей изменяется от 7,43 до 42,1 т с максимумом в солончаках (таблица 2). Содержание гумуса и азота максимально для средnezасоленных почв – 49,5 и 32,2 т соответственно.

Таблица 2 – Содержание солей, гумуса и азота в пахотном горизонте почв

Тип почвы	Соли		Гумус		Азот		Механический состав
	%	т	%	т	%	т	
Слабозасоленные	0,15	7,43	0,5	24,8	0,43	21,3	Тяжелые, глинистые
Среднезасоленные	0,3	14,9	1	49,5	0,65	32,2	Тяжелые, глинистые
Сильнозасоленные	0,6	29,7	0,7	34,6	0,09	4,46	Тяжелые, глинистые
Солончак	0,85	42,1	0,8	39,6	0,08	4,0	Тяжелые, глинистые

Для расчета выноса солей взята средняя минерализация воды в том канале, из которого орошаются близлежащие районы, определенные по карте Республики Узбекистан [2]. Результаты расчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Вынос солей на орошаемые земли с поливной водой, кг/га

Район	Зерновые	Рис	Хлопок	Бахчевые	Картофель и овощи
<i>Андижанская область</i>					
2-й гидромодульный район, тяжелые почвы	453	1120	479	314	275
5-й гидромодульный район, легкие почвы	302	750	322	212	185
<i>Наманганская область</i>					
2-й гидромодульный район, тяжелые почвы	470	1160	496	325	285
5-й гидромодульный район, легкие почвы	313	777	334	220	192

Земли Наманганской области поливают из Северного (СФК) и Большого Ферганского (БФК) каналов, причем Северный питается из Большого, который забирает воду из реки Нарын у города Учкурмана. Минерализация воды в БФК измеряется у города Канибадам, где в вегетационный период она колеблется от 500 до 650 г/м<sup>3</sup> [1].

Земли Андижанской области орошаются также из БФК и Южного Ферганского канала (ЮФК), идущего из Андижанского водохранилища. Минерализация воды в ЮФК у г. Ферганы и варьирует в мае–августе от 522 до 630 мг/дм<sup>3</sup>.

Для расчета выноса солей на поля Наманганской области взята средняя за июнь–август минерализация воды в Большом Ферганском канале, равная 570 г/м<sup>3</sup>, а для Андижанской области – средняя за июнь–август минерализация воды в Южном Ферганском канале – 550 г/м<sup>3</sup>.

Полученные величины выноса менялись в Андижанской области от 185 кг/га на поля, занятые овощами, до 1120 кг/га на рисовые чеки (таблица 3). Хотя за каждый полив выносятся на овощные поля наименьшее количество солей, но по норме поливов их должно быть 22, то есть за вегетационный период получится 4070 кг/га. На рис за полив выносятся 750 кг/га, количество их 11, и всего за вегетацию выносятся 8250 кг/га, то есть максимальный вынос приходится на рисовые чеки (таблица 3).

В Наманганской области вынос солей изменялся от 192 кг/га на поля, занятые овощами, до 1160 кг/га – на рис. Так же, как в Андижанском вилояте, на овощи выносятся наименьшее количество солей за один полив, но за вегетацию проводится 22 полива, то есть вынос 4224 кг/га. На рис за полив поступает 1160 кг/га на тяжелые почвы, а за 11 поливов вынос составляет 12 760 кг/га –

больше, чем на овощи. Вода на рисовых чеках стоит подолгу, соли оседают, возрастает опасность засоления почв. Сравним с фактическим содержанием солей в пахотном слое то количество, которое выносится поливными водами. Например, при поливе риса поступает за один полив 1,12 т на тяжелые почвы 2-го гидромодульного района, а содержится их в средnezасоленных 14,9 т, то есть поступает за вегетационный период за 11 положенных поливов 12,8 т, или 86% запаса солей в почве.

Следовательно, поливы не только питают водой растения, но и увеличивают количество солей в почве.

Но вода также приносит органическое вещество. Одним из оценочных показателей, позволяющих характеризовать количественное содержание органического вещества в воде, является окисляемость, которая подвержена значительным, но довольно закономерным сезонным колебаниям. Их характер определяется гидрологическим режимом и зависящим от него поступлением аллохтонных органических веществ – разнообразных минеральных и органических веществ, накапливающихся на дне водных объектов и в результате поступления в них из внеречных эоловых наносов продуктов абразии и химических реакций, а также отмерших организмов с поверхности водосбора и гидробиологическим режимом – изменением во времени процессов продуцирования и разложения органических веществ.

Различают перманганатную окисляемость воды или химическое потребление кислорода (ХПК) и бихроматную – биохимическое потребление кислорода (по окислителю бихромату калия  $K_2Cr_2O_7$ ).

Для расчета содержания органического вещества величину бихроматной окисляемости (БПК) нужно умножать на коэффициент 0,75.

Наманганская область орошается в основном из Нарына и Северного Ферганского канала, который забирает воду тоже из Нарына. В Нарыне у устья БПК изменяется от 2 до 3,8 г/дм<sup>3</sup>, в Северном Ферганском канале – от 2,4 до 3,2 г/дм<sup>3</sup>, то есть содержание органики в этих водотоках варьировало от 2 г/дм<sup>3</sup>·0,75 = 1,5 г/дм<sup>3</sup> до 3,8 г/дм<sup>3</sup>·0,75 = 2,85 г/дм<sup>3</sup>.

Содержание нитратов в Нарыне у устья колебалось от 0,33 до 1,1 мг/дм<sup>3</sup>, а в Карадарье у Учтепе – от 0,5 до 1,3 мг/дм<sup>3</sup>; общего азота в Нарыне – от 0,36 до 1,2 мг/дм<sup>3</sup>, а в Карадарье – от 0,6 до 1,4 мг/дм<sup>3</sup>.

Вынос органического вещества и азота на поля, занятые разными сельхозкультурами, рассчитывался для вегетационного периода – поливную норму каждой культуры умножили на число ее поливов и полученное количество кубометров, в свою очередь, перемножалось на максимальное количество органики и азота.

Итак, максимальное количество азота поступает с поливными водами на рисовые чеки за вегетационный период – 24,6 кг, а содержится его в пахотном слое тяжелых почв средnezасоленных 32 т, то есть поступление азота с поливными водами не оказывает заметного влияния на плодородие почв. То же можно сказать о выносе органического вещества: например, на рисовые чеки его выносится 63,8 кг, а содержание гумуса в корнеобитаемом слое средnezасоленных тяжелых почв 49,5 т – вынос с поливными водами ничтожно мал по сравнению с его общим содержанием. Однако он поступает с каждым поливом, и корни растений могут сразу вместе с поливной водой его освоить, что способствует лучшему их развитию.

Самым лучшим органическим удобрением является навоз: после его внесения почва становится рыхлой, корни растений лучше снабжаются кислородом. Вносят его под осеннюю подкормку. Норма внесения его 1 т на 1 га, в нем азота 0,6-0,8%, то есть 7 кг, а с поливными водами его, например, на рис поступает 24,6 кг (таблица 4). Следовательно, поливные воды в какой-то мере способствуют увеличению плодородия почв.

Таблица 4 – Вынос органического вещества и азота (по нитратам) на орошаемые земли с поливными водами на тяжелые почвы, г/м<sup>3</sup>

Содержание	Зерновые	Рис	Хлопок	Бахчевые	Овощи
Азот 1,1	3,6	24,6	6,7	4,4	12,1
Органика 2,85	9,4	63,8	17,4	11,4	31,4

Норма внесения другого органического удобрения – селитры – 250 кг на 1 га посева хлопка, азота в ней 15–16% – 40 кг. С водой поступает, по нашим расчетам, 6,7 кг, то есть 17%. Это уже ощутимая добавка к удобрению, и, следовательно, поливная вода, даже при этом небольшом содержании нитратов в ней, оказывает заметную роль в улучшении плодородия почв, обогащая ее азотом.

Нами также оценено качество воды названных рек для орошения.

Единого универсального критерия оценки качества воды для орошения нет, хотя такая оценка очень важна для ирригаторов. Обусловлено это тем, что критерий должен учитывать не только минерализацию и химический состав, но и климатические условия орошаемой территории, засоление почв, их дренированность, глубину залегания грунтовых вод, солеустойчивость сельскохозяйственных культур и другие факторы. При этом считается, что для полива пригодна любая вода с минерализацией менее 1 г/дм<sup>3</sup>. Воды рассматриваемых нами рек имели такую минерализацию до построения на них очень крупных по среднеазиатским меркам Токтогульского и Андижанского водохранилищ, где в вегетационный период из-за интенсивной сработки объемы воды резко падают, а минерализация растет. Увеличивается она в Нарыне, Карадарье и Сырдарье и в летние месяцы достигает наибольших значений [1].

В настоящее время предложено несколько коэффициентов для оценки пригодности воды для ирригации. Наиболее распространен так называемый ирригационный коэффициент Х. Стеблера, который вычисляется по разным формулам в зависимости от гидрохимического типа воды по классификации О. А. Алекина [4]. Тип воды зависит от соотношения катионов. Так, первый тип характеризуется соотношением  $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , и воды рек Нарына, Карадарьи и Сырдарьи в верхнем течении относятся к первому типу. Для него ирригационный коэффициент определяется по следующей формуле:

$$K_u = \frac{662}{\text{Na} + 2,6\text{Cl}},$$

где  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  – концентрации соответствующих ионов, мг/дм<sup>3</sup>.

Величина данного коэффициента определяет качество воды:  $K_u > 18$  – хорошее;  $K_u = 18 - 6$  – удовлетворительное;  $K_u = 5,9$  до 1,2 – неудовлетворительное и при  $K_u < 1,2$  – плохое [5].

При оценке пригодности воды для орошения нужно учитывать наихудшие условия формирования качества воды, то есть воду оценивать с наибольшей минерализацией, вспышкой щелочности, повышенным содержанием соды. Кроме увлажняющих летних проводятся осенне-зимние промывные и запасные поливы. А в это время на большинстве рек Средней Азии межень и минерализация наибольшие в году.

Нами рассчитаны ирригационные коэффициенты для трех рек для межени и половодья в маловодном 2016 году (таблица 5). Выбраны жесткие условия – маловодный год, когда минерализация, как правило, более высокая, чем в многоводные и средние по водности годы. Даже при этих условиях вода в трех реках удовлетворительна по  $K_u$ .

Таблица 5 – Ирригационные коэффициенты

Река	Гидропост	Ирригационные коэффициенты в	
		межень – X-III	половодье – IV-IX
Сырдарья	Каль	6	29
Нарын	Устье	8	7,7
Карадарья	Учтепе	5,8	6,2

Как видно из таблицы 5, вода только в Карадарье в нижнем створе у Учтепе в межень неудовлетворительная. Здесь, вероятно, сказывается влияние более минерализованного стока коллекторов, вода которых поступает в реку на всем ее протяжении [2].

Изложенное позволяет сделать следующие выводы:

1. Предложена методика расчета выноса солей, азота и гумуса на орошаемые земли поливными водами.
2. Выяснено, что минерализация воды в крупнейших каналах Ферганской долины выше, чем в реках, из которых они питаются.
3. Для тяжелых и легких почв определен вынос солей, азота и органических веществ (по гумусу).
4. Рассчитаны объем пахотного горизонта, количество в нем солей, азота и гумуса. Сравнение с ним выноса этих веществ с поливными водами показало, что поступление их максимально при поливах риса и за вегетацию может достигать более 80% запасов солей в почве.
5. Оценка качества воды трех рек для ирригации показала, что оно по ирригационному коэффициенту Стеблера хорошее. Только вода реки Карадарья в нижнем течении неудовлетворительная в межень, вероятно, из-за значительного количества более минерализованных коллекторных вод, поступающих в реку на всем ее протяжении.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ежегодные данные о химическом составе воды рек Узбекистана. – 1991–2018.
- [2] Атлас почвенного покрова Республики Узбекистан. – Ташкент: Госкомитет Республики Узбекистан по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру, 2010. – С. 16, 28.
- [3] Большаков А.Ф. Водный режим почв Узбекистана. – М.: Изд. АН СССР, 1950. – 170 с.
- [4] Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 444 с.
- [5] Посохов Е.В. Общая гидрогеохимия. – Л.: Недра, 1975. – 208 с.

#### REFERENCES

- [1] Annual data on the chemical composition of water in rivers in Uzbekistan. 1991–2018 (in Russ.).
- [2] Atlas of the soil cover of the Republic of Uzbekistan. Tashkent: State Committee of the Republic of Uzbekistan for land resources, geodesy, cartography and state cadastre, 2010. P. 16, 28 (in Russ.).
- [3] Bolshakov A.F. Water regime of soils in Uzbekistan. M.: Ed. AN SSSR, 1950. 170 p. (in Russ.).
- [4] Alekin O.A. Fundamentals of Hydrochemistry. L.: Gidrometeoizdat, 1970. 444 p. (in Russ.).
- [5] Posokhov E.V. General hydrogeochemistry. L.: Nedra, 1975. 208 p. (in Russ.).

**Е. М. Видинеева<sup>1</sup>, Н. Ф. Верещагина<sup>2</sup>, А. М. Мухаметзянова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Г.ғ.к. (Гидрометеорологиялық ғылыми-зерттеу институты, Ташкент, Өзбекстан)

<sup>2</sup> А.ш.-ғ.к., табиғи ортаның ластануын болжамдау және зерттеу бөлімінің басшысы (Гидрометеорологиялық ғылыми-зерттеу институты, Ташкент, Өзбекстан)

<sup>3</sup> Кіші ғылыми қызметкер  
(Гидрометеорологиялық ғылыми-зерттеу институты, Ташкент, Өзбекстан)

#### **ФЕРҒАНА АЛҚАБЫНЫҢ СУАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРІНЕ СУҒАРУ СУЛАРЫМЕН ТҰЗДАРДЫҢ ШЫҒАРЫЛУЫ ЖӘНЕ ОСЫ СУЛАРДЫҢ СУҒАРУ ҮШІН САПАСЫН БАҒАЛАУ**

**Аннотация.** Жеңіл және ауыр топырақтар үшін суармалы жерлерге суғару суларымен тұздардың, азот және органиканың (гумус бойынша) шығарылуын есептеу әдісі ұсынылған. Ферғана алқабының бес негізгі ауыл шаруашылық мәдениеті үшін топырақтың ерекшелігі мен суғару нормалары есебімен ұсынылған әдіс бойынша шығарылу есептелінді. Осы заттектердің тамыр жайылатын қабатындағы қоры анықталды, осымен байланысты шығарылуға салыстыру жүргізілді. Суландыру үшін Сырдария, Нарын, Қарадария суларының сапасы бағаланды.

**Түйін сөздер:** тұздардың қоры, тамыр жайылатын қабат, Ферғана алқабы, суғару нормалары, суғару суларының сапасы.

**Ye. M. Vidineeva<sup>1</sup>, N. G. Vereshchagina<sup>2</sup>, A. M. Mukhametzyanova<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Candidate of geogragy sciences

(Scientific Research Hydrometeorological Institute, Tashkent, Uzbekistan)

<sup>2</sup> Candidate of chemical sciences

(Scientific Research Hydrometeorological Institutet, Tashkent, Uzbekistan)

<sup>3</sup> Junior Researcher

(Scientific Research Hydrometeorological Institute, Tashkent, Uzbekistan)

### **CARRYING OUT SALTS TO IRRIGATED LANDS OF THE FERGHANA VALLEY BY IRRIGATION WATER AND ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THESE WATER FOR IRRIGATION**

**Abstract.** A method is proposed for calculating the removal of salts, nitrogen and organic matter (by humus) by irrigation waters on irrigated lands for light and heavy soils. The calculation of removal was carried out according to the proposed method, taking into account the characteristics of soils and irrigation rates for five main agricultural crops of the Fergana Valley. The reserve of these substances in the root layer was calculated, and the removal was compared with it. The quality of water in the Syrdarya, Naryn, Karadarya for irrigation has been assessed.

**Keywords:** salt reserve, root layer, Fergana Valley, irrigation rates, quality of irrigation water.