

УДК: 556.5:626.80

**ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ
СОЛЕВОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД И
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ СУРХАН-ШЕРАБАДСКОГО БАССЕЙНА**

Шухрат Одилович Мурадов

Каршинский инженерно-экономический институт

E-mail: m.oikos@mail.com

Ражабова Дилфуза Алишеровна

Каршинский инженерно-экономический институт

E-mail: dilya0886@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В статье освещены научные основы метаморфизации химического состава природных вод на основе классических методов, в результате которых предполагается улучшение эколого-геохимического состояния и как следствие повышение плодородия засоленных почв.

Ключевые слова: природные воды, метаморфизация, осолонцевание, засоление.

**THE MAIN PATTERNS OF CHANGES IN THE SALT COMPOSITION OF
GROUNDWATER AND THE FORECAST OF THE ECOLOGICAL AND
GEOCHEMICAL STATE OF THE SURKHAN-SHERABAD BASIN**

ABSTRACT

The article highlights the scientific foundations of the metamorphization of the chemical composition of natural waters based on classical methods, as a result of which it is supposed to improve the ecological and geochemical state and, as a consequence, increase the fertility of saline soils.

Keywords: natural waters, metamorphosis, mineralization, salinization.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивная эксплуатация водно-земельных, применение больших оросительных норм, преобладание экономических целей над экологическими способствовали деградации орошаемых земель, Об этом свидетельствует опыт

эксплуатации крупных ирригационных систем не только в Узбекистане, но и зарубежом, Сложившая ситуация серьезно подрывает продовольственную безопасность страны, поэтому настало время для качественной оценки эколого-геохимического состояния агроландшафтов, Поэтому в указе Президента Узбекистана от 11.09.2023 г. О стратегии «Узбекистан – 2030» акцентировано на «Снижение орошаемых земельных площадей с сильным и средним уровнем засоленности» .

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. Несмотря на общую достаточно хорошую изученность проблемы засоления и расселения почв в условиях орошения (В.В.Егоров, 1954, К.К. Гедройц, 1955, Н.Г.Минашина, 1974, С.Ф.Аверьянов, 1978, Г.А.Панов, 1999, В.А.Ковда, 2008 и др.) особенности и механизмы привноса солей из грунтовых вод (ГИ) изучены далеко недостаточно из-за трудоемкости и несовершенства методик изучения этих процессов (Г.А.Панов и др.,2008) [1].

Изменение химического состава грунтовых вод на мелиорируемых землях, как и в естественных условиях, в подавляющем большинстве являются следствием солевого баланса позволяет, во-первых, установить причины изменений химического состава грунтовых вод, во-вторых, составить прогноз режима, и в-третьих, определить направленность мелиоративных мероприятий с целью создания на орошаемых землях благоприятного для процессов почвообразования режима грунтовых вод [2].

Знание химического состава грунтовых вод и его изменение в существующих и **проектных условиях** орошаемых районов Сурхан-Шерабадского бассейна необходимо для **оценки типа засоления** в настоящее время, а также для составления прогноза изменений **засоления в результате развития** ирригационных работ. В работе Дж.Тиксеронт (1958) отмечалось, что **в аридных** областях круговорот соли необходимо изучать так же, как и **круговорот воды**. Наиболее вредными при использовании для орошения являются соли **натрия** [3]. **Слабое угнетение** растений начинается при содержании обменного натрия в **количестве до 10-15% от емкости** поглощения почвы, содержание его до 20-35% вызывает очень сильное угнетение растений. При оценке мелиоративного состояния земель учитывается также наличие средне - и труднорастворимых солей (гипса и карбонатов) (Д.М.Кац, 1982) [4]. Даже из этого краткого перечисления видно, что формирующими засоление почв и токсичными для растений являются соли, определяющие состав основных химических типов подземных вод. Следовательно, засоление почв необходимо рассматривать в тесной взаимосвязи с процессами изменения химического состава (метаморфизации) грунтовых и, частично, поверхностных вод. При

подъеме грунтовых вод, вторичном засолении скорость осолонцевания самая высокая, причем осолонцевание наблюдается независимо от качества поливной воды (Л.М.Татаринцев и др., 2004). Выявление этой взаимосвязи особенно необходимо для правильного прогнозирования тенденций солевого процесса в почвах при длительной эксплуатации орошаемых земель [5].

Как известно, соленакопление в почвах практически тождественны с гидрохимическими типами грунтовых вод. Это явление не случайное, оно имеет генетическую основу, что позволяет, с одной стороны, распространить гидрохимические классификации вод на типы засоления почв, а с другой стороны, прогнозировать эволюцию типов засоления почв в связи с изменением во времени гидрохимического типа грунтовых вод.

РЕЗУЛЬТАТЫ. При рассмотрении схемы сопоставления гидрохимических типов с типами соленакопления в почвах (рис.1) видно, вертикальными стрелками показаны направления метаморфизации подземных вод и солевого состава почв. По аналогии с гидрогеологической терминологией предлагается называть переход от сульфатно-содового типа засоления к хлоридному метаморфизацией солевого состава в прямом направлении, а переход от хлоридного к сульфатно-содовому типу-метаморфизацией в обратном направлении. В природе указанная выше схема осуществляется как правило.

Ранее грунтовая вода с повышенной щелочностью и нормальными карбонатами встречалась только на приречных и приканальных участках. Накопление нормальных карбонатов в подземной воде привело к широкому развитию содового засоления почв. Э.С.Варунцян (1977) делает правильный вывод о том, что появление высокой щелочности, солонцеватости и образование нормальной соды в почвах Северной Мугани являются объективной конечной стадией мелиорации и при естественном течении процессов неизбежны [6]. По данным Г.Юлдашева и С.Зокировой (2007) в грунтовых водах центральной Ферганы наблюдается образование CaCO_3 и MgCO_3 , временами появляющаяся сода требует химического и биохимического изучения данного процесса. И так, в аридной зоне часто наблюдается процесс содообразования, что связано с поступлением обменного натрия из солонцов, широко распространенных в комплексных типах почв. Это свидетельствует о том, что в результате оросительных мелиораций в составе солевого комплекса почв происходят изменения не только в положительную (с точки зрения человека), но и в отрицательную стороны. Однако эти изменения закономерны -ведь они очень тесно связаны с основным законом метаморфизации химического состава подземных вод. Сам же процесс эволюции солевого облика почв определяется этим законом и, вследствие этого, может быть предсказан [7].

Химические типы подземных вод (по классификации Курнакова-Валяшко) в засоления почв (по классификации Ковда)

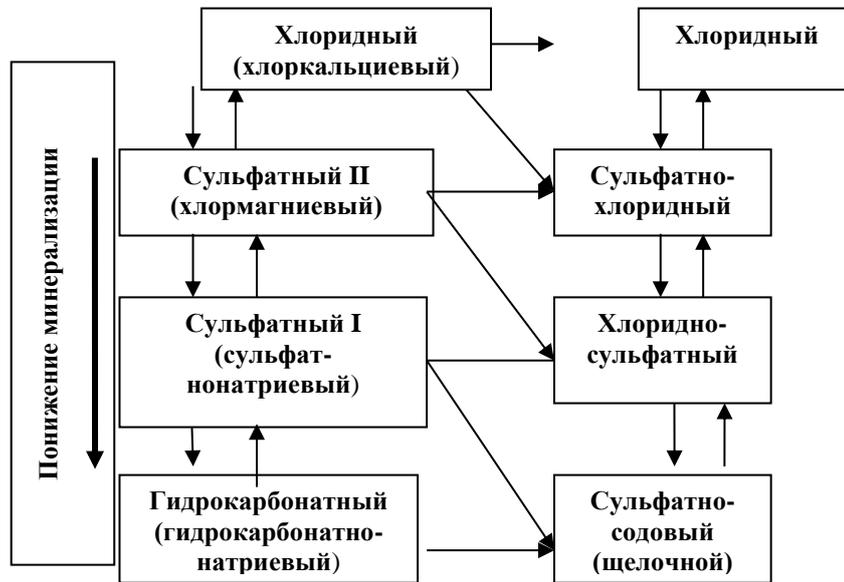


Рис. 1. Взаимосвязь химических типов подземных вод с типами засоления почв.

ОБСУЖДЕНИЕ. Тесная взаимосвязь между эволюцией подземных вод и солевых профилей пород известна давно. Было установлено, что если преобладают процессы фильтрационного и диффузионного выщелачивания, то определенной вертикальной гидрохимической зональности (сверху вниз смена гидрокарбонатной, сульфатной и хлоридной зон) соответствует (снизу-вверх) специфическая литологическая зональность: на смену породам с хлоридными солями приходят породы, содержащие гипс и ангидрит, которые, в свою очередь, сменяются зоной карбонатов и силикатов (А.Е.Ходьков, Г.Ю..Валукоис, 1968) [8]. При сгущении почвенных растворов (процесс, обратный выщелачиванию) указанная закономерность проявляется также весьма явно, только с обратным знаком, т.е. хлориды локализуются в верхних горизонтах капиллярной каймы, далее вниз преобладают сульфаты и, наконец, углекислые соли. При большом содержании карбонатов в грунтовых водах и значительном повышении температуры почвы с приближением к дневной поверхности углекислые соли могут выпадать в осадок, еще не достигнув капиллярной каймы, т.е. в самом водоносном горизонте. При этом они образуют сплошные соли, которые в Центральной Азии и Казахстане носят

название «арзык» или «шох». Аналогичная зональность наблюдается и в горизонтальном направлении. Грунтовые воды по мере движения вниз обедняются малорастворимыми, а затем и среднерастворимыми солями. Вблизи базиса стока преобладают наиболее подвижные соли хлора как в почвах, так и в грунтовых водах (Э.А.Соколенко и др., 1976) [9].

Вышеизложенное отнюдь не означает, что в качестве ведущих процессов раствор образования можно признать лишь выщелачивание и сгущение. Более того, можно считать, что преувеличение влияния какого-либо одного процесса или фактора с целью внедрения в гидрохимию физико-химических и других методов может привести к неправильным выводам.

Ниже, на примере грунтовых вод Сурхан-Шерабадского бассейна (данные Сурхандарьинской гидрогеологической станции), рассматриваются некоторые закономерности изменения солевого состава грунтовых вод при дальнейшем развитии ирригационных работ.

Для обобщения массовых гидрохимических анализов авторами несколько усовершенствована методика построения статистических гидрохимических колонок. Так, гидрохимическое поле какого-либо индивидуального иона разбивается на прямоугольные поля, исходя из следующих основных требований: 1) прямоугольное поле должно быть, как можно меньшим по своим размерам; 2) в нем должно быть достаточное количество точек, чтобы результаты расчетов были статистически значимыми.

Все результаты были получены по следующим формулам:

$$C_{vx} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (k-1)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_i - X_0)^2}{n-1}} \quad (1) \quad \sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n (X_i^2 - X_0^2)} \quad (2)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n (Y_i^2 - Y_0^2)} \quad (3) \quad \mu = \frac{1}{n} \sum_1^n (X_i Y_i - X_0 Y_0) \quad (4)$$

$$r = \frac{\mu}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (5)$$

где: C_{vx} -коэффициент вариации по оси абсцисс; C_{vy} -коэффициент вариации по оси ординат; δ_x -среднее квадратическое отклонение по оси абсцисс; δ_y -среднее квадратическое отклонение по оси ординат; x_i — значение величины минерализации; y_i — значение величины ионного состава; x_0 - среднее арифметическое минерализации; y_0 - среднее арифметическое ионного состава; K -модульный коэффициенту; n -число точек; μ - момент корреляции; r -коэффициент корреляции.

Затем на диаграммы с прямоугольными полями наносились статистические центры прямоугольных полей. Далее, эти центры соединялись плавными линиями. Таким образом были получены статистические зависимости ионов от общей минерализации для Na^+K , Mg^{2+} , Ca^{2+} Cl и SO_4^{2-} (рис. 2). Для ионов HCO_3^- такая зависимость на полулогарифмической бумаге не установлена, ввиду большого и неупорядоченного разброса точек, что делало выбор прямоугольных полей неоднозначным и субъективным.

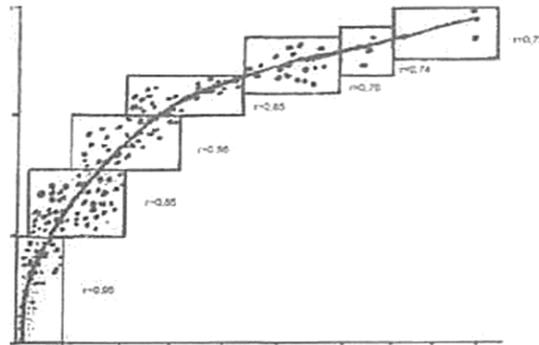


Рис. 2 Зависимость содержания $\text{Na}+\text{K}^+$ в грунтовых водах Сурхан - Шерабадского бассейна от величины минерализации

Статистические кривые пересчитывались в миллиграмм - эквивалентную и эквивалент- процентную форму, а затем определялись также некоторые соотношения индивидуальных ионов. По данным этих расчетов построены диаграммы гипотетического солевого состава грунтовых вод (рис.3) и графики ионных коэффициентов (рис.4).

Из рассмотрения рис.3 следует, что вероятный солевой состав грунтовых вод в интервале от 0,3 до 10 г/л характеризуется наличием восьми солей: NaCl , MgCl , Na_2SO_4 , MgSO_4 , CaSO_4 , NaHCO_3 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, и $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, т.е. вода по средне-статистическим данным относится к сульфатно-натриевому гидрохимическому типу по классификации Сулина В.А. Исходя из этого, следует ожидать, что засоление почв будет происходить и действительно, по фактическим данным, засоление почв Сурхан-Шерабадского бассейна происходит в основном за счёт сульфатных солей хлористого натрия.

С повышением минерализации грунтовых вод роль отдельных солей уменьшается. Так, при минерализации 1-2 г/л начинается резкое вываливание гидрокарбонатов. Относительное содержание гипса в растворах максимально при минерализации 2-3 г/л. В содержании хлористого натрия наблюдается минимум при минерализации 0,3-1,0 г/л. Из рассмотрения рис.3 и кривых изменения соотношений $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$, $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$ на рис.4 можно сделать вывод, что одним из растворообразующих факторов при повышении минерализации растворов выше 1-2 г/л является выпадение из растворов сначала

гидрокарбонатов и карбонатов, а затем Na_2SO_4 на фоне устойчивого и почти пропорционального увеличения концентрации солей MgSO_4 , CaSO_4 , NaCl и MgCl

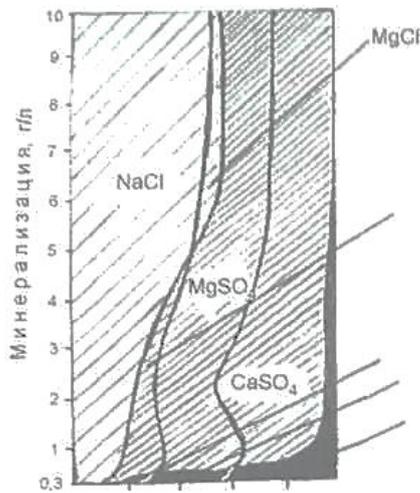


Рис.3. Гипотетический солевой состав грунтовых вод Сурхон-Шерабадского бассейна в зависимости от величины минерализации. Соли: 1-хлоридные; 2-сульфатные; 3-гидрокарбонатные

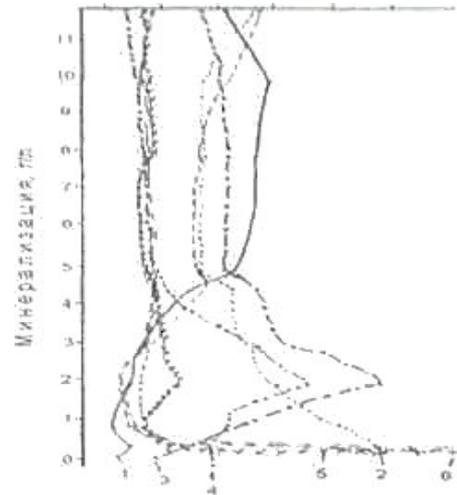


Рис.4. Изменение соотношений катионов и анионов в грунтовых водах Сурхон-Шерабадского бассейна в зависимости от величины минерализации. Соотношения: 1- $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$; 2- Na^+/Cl^- ; 3- $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$; 4- $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$; 5- $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$; 6- $\text{Na}^+/\text{SO}_4^{2-}$; 7- $\text{Mg}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$;

На рис.4 особенно отчетливо видно, что основные преобразования ионного состава происходят в интервале от 0,3 до 5,0 г/л. Лессовые породы, как известно, в незначительной мере обогащены обменным кальцием. Гидрокарбонат и карбонат кальция растворов, равновесный с обменным кальцием пород, начинает быстро выделяться из растворов с карбонатами уже при минерализации 1,5-2,0 г/л. Равновесие нарушается, но вскоре опять восстанавливается, так как в раствор переходят дополнительные порции обменного кальция, которые ассоциируют с сульфатным ионом. При минерализации свыше 3 г/л содержание CaSO_4 в водах идет на убыль, и относительная доля натрия в растворах повышается до 50-52%. Поглощенный комплекс пород также обогащается натрием. Таким образом, при концентрировании растворов наблюдается довольно сложная картина протекания ионообменных процессов, в основном, за счет перераспределения Ca^{2+} и Na^+ .

ВЫВОДЫ

Для прогнозирования характера засоления почв Сурхан-Шерабадского бассейна в будущем наибольший интерес представляют статистические данные по наиболее пресным грунтовым водам (минерализация 0,3-1,0 г/л). Как видно из рис. 3, в них содержится много гидрокарбонатов (80-83%), почти отсутствует гипс и очень мало характерной (специфической) для сульфатно-натриевого типа подземных вод соли Na_2SO_4 (10-20%).

Таким образом, намечается общая тенденция приближения состава под к гидрокарбонатно-натриевому типу, так как после полного исчезновения сульфата натрия на смену ему могут прийти гидрокарбонаты натрия, а основное средство против соды сульфат кальция в этих водах почти отсутствует.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ: (REFERENCES)

1. Егоров В.В. Засоление почв и их освоение. М.: АН ССР, 1954. – 112 с.
2. Гидройц К.К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация. М.: Изд-во с.-х. литературы, 1955. Т.3. – 355 с.
3. Минашина Н.Г. Орошаемые почвы пустыни и их мелиорация. М.: Колос, 1974. – 350 с.
4. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель, М.: Колос, 1978. -288 с
5. Панов Г.А., Муромцев Н.А., Шуравилин А.В. Особенности поступления солей из грунтовых вод в ирригационно-гидроморфные почвы на южном Урале // Мелиорация и водное хозяйство.-М, 1999.-№3. С. 33-35.
6. Ковда В.А. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира.-М.: Наука, 2008.-415 с.
7. Тиксиронт Дж. Водные ресурсы аридных районов. В кн.: Будущее аридных земель. М.: Ин. лит., 1958.-С. 73-97.
8. Кац Д.М. Методические рекомендации по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель, вып.1.- М.: ВНИИГиМ, 1982.-73 с.
9. Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л., Евсюков В.А., Пушкарева Т.И. Экологические проблемы орошения в степной зоне западной Сибири // Мелиорация и водное хозяйство. - М., 2004.-№2.- С. 30-32.
10. Варунцян Э.С. Рассоление грунтовых вод на орошаемых землях. - М.: Колос, 1977. - 174 с.
11. Юлдашев Г., Закирова С. Шур ер мелиорацияси // Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги -2007.- №6.- С.22
12. Ходьков А.Е., Валуконис Г.Ю. Формирование и геологическая роль подземных вод. Л.: ЛГУ, 1968.-216 с.
- Соколенко И.А., Делов В.М., Зеличенко Е.М., Кавокин А.А. Моделирование и управление водно-солевым режимом почв.- Алма-Ата, Наука, 1976.-180 с.