

разделив на прибавку урожайности, получим энергетическую оценку продуктивности $E_{пр}$, Дж/кг. Суммарная энергия дозирования $10 \text{ г} (5\text{Zn} + 3\text{Cu} + 1\text{Co} + 1\text{Mo}) = 114,5 + 84,1 + 38,3 + 66,1 = 303,0 \text{ кДж}$. Таким образом, величина $E_{пр}$ для кукурузы равна 302,5, для сои – 825,2 Дж/кг.

Этот пример демонстрирует возможность применения энергетического подхода для оценки продуктивности различных культур при применении различных технологий.

1. Николаенко А. Н. Тяжелые металлы и микроэлементы в природных и техногенных процессах. – Алматы: Алеем,

2002. – 109 с.

2. Химическая энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1990. – Т. 2, 3.

3. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / А. Н. Никифоров [и др.]. – М.: ВИМ, 1995. – 95 с.

4. Посыханов Г. С. Долгодворов В. Е. Энергетическая оценка технологии возделывания полевых культур. – М.: МСХА, 1995. – 89 с.

Материал поступил в редакцию 14.11.13.

*Николаенко Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник
Тел. 8 (496) 6-170-226*

УДК 502/504:541.4:551.495:631.413.3

Ш. О. МУРАДОВ, Р. А. ЭШАНКУЛОВ, У. Р. ПАНЖИЕВ

Каршинский инженерно-экономический институт, Узбекистан

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД ПРИ ОРОШЕНИИ

Изложены принципы изменения химического состава водных ресурсов юга Узбекистана. Доказано преобладание вод сульфатного типа, хлоридный и гидрокарбонатный типы являются продуктами их метаморфизации. Результаты позволяют регулировать направленность процессов изменения химического состава вод в желательном направлении.

Водные и земельные ресурсы, метаморфизация, осолонцевание.

There are stated the principles of chemical composition changing of water resources. There is demonstrated the prevalence of water sulfate type, chloride and hydrocarbonate types are the products of their metamorphization. The results allow regulating the direction of changing processes in the water chemical composition in the desired direction.

Water and land resources, metamorphization, alkalinization.

Еще в 1956 году А. И. Бунеев отмечал, что под влиянием орошения происходит метаморфизация ионно-солевого комплекса пород, сопровождаемая изменением степени и типа засоления пород зоны аэрации и грунтовых вод [1].

Проблема метаморфизации химического состава природных вод далеко не нова. Однако в гидроэкологии методика анализа метаморфизации еще не нашла широкого применения. Химический состав природных вод не остается

постоянным. Природные воды, взаимодействуя с породами, водами иного состава, газами, минерализованным органическим веществом и живыми организмами, изменяют как свою минерализацию, так и содержание химических элементов. Эти изменения, обуславливающие переход от одного химического типа вод к другому, и составляют сущность процессов метаморфизации.

Для изучения особенностей метаморфизации подземных вод широко используют солевую диаграмму

О. К. Кашкарова. Более эффективными в некоторых случаях оказываются совмещенные солевые треугольники, предложенные Г. Ю. Валуконисом, так как они позволяют различать сульфатную и магниевую ветви метаморфизации.

С целью выяснения закономерностей метаморфизации грунтовых вод орошаемых земель региона использован обширный гидрохимический материал (около 1000 определений), накопленный в Западно-Узбекистанской гидрогеологической экспедиции.

По югу Узбекистана (включая Кашкадарьинский и Сурхан-Шерабадский бассейны) на отдельной солевой диаграмме О. К. Кашкарова систематизированы результаты тех анализов грунтовых вод, которые относятся к гидрокарбонатному и хлоридному химическому типам. В части катионов карбонатный тип вод характеризуется пестрым составом с преобладанием иона натрия. Зато в анионной части резко преобладает HCO_3^- . Комплексные точки этих анализов занимают центральную часть квадрата, так называемые «содовые» воды.

На катионных и анионных треугольниках воды хлоридного типа тяготеют к вершинам Na^+ и Cl^- , т. е. создается впечатление, что они своим существованием в значительной мере обязаны растворению и накоплению в растворах хлористого натрия (с последующим обменом натрия на кальций и магний поглощенного комплекса пород).

На второй диаграмме таким же образом систематизированы результаты анализов грунтовых вод сульфатного типа. Уже по количеству точек видно, что воды этого типа являются преобладающими в районе исследований. Эта диаграмма также позволяет сделать вывод, что описанные гидрокарбонатный и хлоридный типы в данном случае представляют продукт далеко зашедшей метаморфизации вод сульфатного типа в обратном или прямом направлениях.

В Кашкадарьинском бассейне катионный состав грунтовых вод сульфатного типа весьма пестрый. Содержание

иона Na^+ в них достигает 96, Ca^{2+} – 78, Mg^{2+} – 63 % экв. Наиболее типичная область характеризуется следующим ионным составом: Na^+ – 50, Ca^{2+} – 30, Mg^{2+} – 20 % экв., т. е. по своей подвижности катионы представляют следующий ряд (в порядке убывания подвижности): $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$.

Среди анионов преобладает хлор. Его содержание достигает 98 % экв. На втором месте – сульфат-ион. Типичное его содержание не превышает 10...70 % экв., хотя встречаются и пробы почти со 100%-м содержанием сульфат-иона. Содержание гидрокарбонат-иона не превышает 5...10 % экв. Геохимическую подвижность анионов можно охарактеризовать следующей последовательностью (в порядке убывания подвижности): $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$.

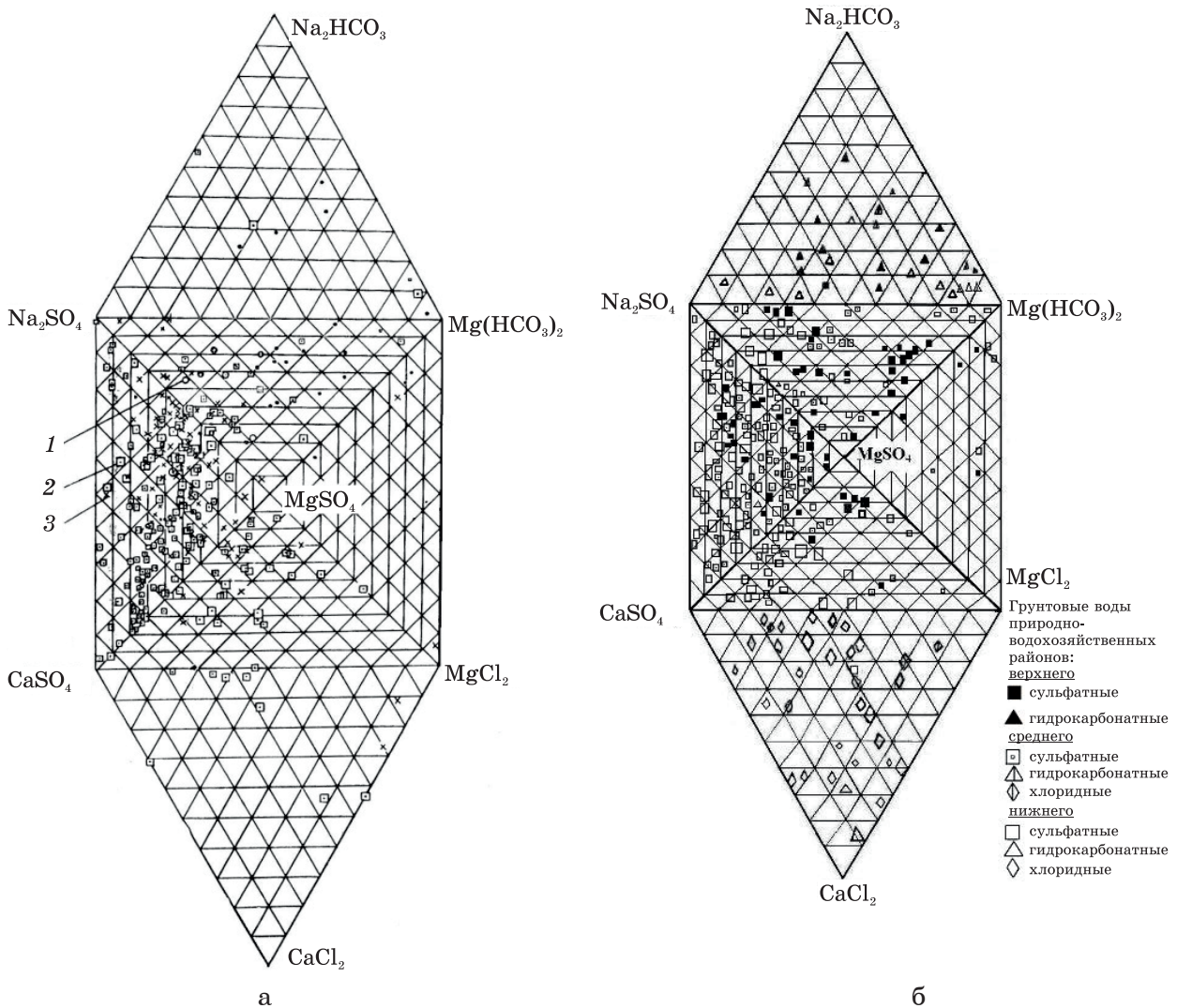
В Сурхан-Шерабадском бассейне катионный состав грунтовых вод сульфатного типа весьма пестрый. Содержание иона Na^+ в них достигает 98, Ca^{2+} – 78, Mg^{2+} – 68 % экв. Наиболее типичная область характеризуется следующим ионным составом: Na^+ – 50, Ca^{2+} – 30, Mg^{2+} – 20 % экв., т. е. по своей подвижности катионы представляют следующий ряд (в порядке убывания подвижности): $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$.

Здесь также среди анионов преобладает хлор. Его содержание достигает 98 % экв. На втором месте – сульфат-ион. Типичное его содержание не превышает 96 % экв., хотя встречаются и пробы почти со 100%-м содержанием сульфат-иона. Содержание гидрокарбонат-иона доходит до 60 % экв., лишь в единичных случаях повышаясь до 90 % экв. Геохимическую подвижность анионов можно охарактеризовать следующей последовательностью (в порядке убывания подвижности): $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- \gg \text{HCO}_3^-$. Из сопоставления анионного и катионного треугольников следует, что химический облик грунтовых вод данного типа определяется солями Na_2SO_4 , NaCl и CaSO_4 . Сравнивая диаграммы, видим, что в пределах квадратных полей точки анализа вод всех гидрохимических типов в значительной мере взаимонакладываются. Это является еще одним доказательством

генетического единства подземных вод хлористого, сульфатного и гидрокарбонатного типов.

Дополнительные сведения о харак-

тере метаморфизационных процессов получаем при анализе совмещенных солевых треугольников (диаграмма Г. Ю. Валукониса) (рисунок).



Совмещенные солевые треугольники грунтовых вод Кашкадарьинского (а) и Сурхан-Шерабадского (б) бассейнов: 1 – грунтовые воды верхнего и среднего природно-водохозяйственного района; 2 – грунтовые воды нижнего природно-водохозяйственного района; 3 – поверхностные воды

Они показывают, что метаморфизация водных ресурсов происходит по сульфатной ветви (99 % всех анализов). Это объясняется преобладанием в составе подземных вод и в составе ионно-солевого комплекса пород сульфатных солей натрия, кальция и магния – в подчиненных количествах. Поля точек анализов грунтовых вод всех природно-водохозяйственных районов (ПВХР) полностью взаимонакладываются, следовательно, тенденция их метаморфизации одна и та же. Однако точки анализа вод верхнего и среднего ПВХР и

подрайона в большей мере сдвинуты по направлению к солевой линии $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{MgSO}_4$. Это свидетельствует о том, что при длительном орошении происходит метаморфизация грунтовых вод в обратном направлении. В то же время основная масса точек при этом не выводится за пределы треугольного поля $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{MgSO}_4 - \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, т. е. гидрохимический тип подземных вод в целом не меняется, хотя для локальных участков и характерно появление очагов с подземными водами содового типа.

Еще в большей мере в обратном

направлении сдвинуты точки анализов поверхностных вод Кашкадарьинского бассейна. Почти все они концентрируются в пределах треугольного поля: $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{MgSO}_4 - \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

Теория метаморфизации полностью применима к водным ресурсам юга Узбекистана. Установлены основные гидрохимические типы грунтовых вод. Преобладающим гидрохимическим типом является тип сульфатных вод. При метаморфизации таких вод в прямом направлении формируются воды хлоридного типа, при метаморфизации в обратном направлении – гидрокарбонатного типа. Метаморфизация протекает по сульфатной ветви. При орошении земель преобладает тенденция к метаморфизации грунтовых вод в обратном направлении, однако при этом фигуративные точки в основном не выводятся за пределы сульфатного поля. По степени возрастания метаморфизации в обратном направлении природные воды можно расположить в следующем порядке: грунтовые воды верхнего природно-водохозяйственного района – грунтовые воды среднего и верхнего природно-водохозяйственного подрайона – природные воды нижнего природно-водохозяйственного района.

В будущем не исключено появление на юге Узбекистана локальных очагов содового засоления почв. В подтверждение прогнозов В. А. Ковда отмечает: «... исследования в последние десятилетия убедили нас, что основной фактор содового засоления почв – присутствие неглубоких слабоминерализованных щелочных подземных вод с концентрацией солей от 0,5...0,7 до 3...5 г/л. Испарение этих вод через капиллярную кайму ведет к содовому засолению почв [2].»

Как видно из диаграмм, в верхнем природно-водохозяйственном районе Сурхан-Шерабадского бассейна уже отсутствует хлоридный тип грунтовых вод, незначительное количество сульфатного и превалирует карбонатный. По данным анализа грунтовых вод хозяйства Амир Темура Шахрисабзского района (2009), являющегося репрезентативным участком Кашкадарьинского бассейна, также появился гидрокар-

бонат магния, т. е. прогрессирует метаморфизация в обратном направлении.

Выводы

По степени возрастания метаморфизации в обратном направлении природные воды можно расположить в следующем порядке: поверхностные и грунтовые воды верхнего ПВХР – грунтовые воды среднего и подрайона верхнего ПВХР – грунтовые воды нижнего ПВХР.

Рассмотренные закономерности составляют теоретическую основу для прогнозов осолонцевания почв и грунтов при орошении.

Намечается общая тенденция приближения состава вод 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.

Появление на юге Узбекистана локальных очагов содового засоления почв не исключено. Однако геологические запасы хлористых и сульфатных солей здесь настолько значительны, что при существующих масштабах выноса их ирригационно-дренажными водами возможно появление в будущем наиболее токсичных для растений очагов нового засоления почв не ранее чем через 3–5 лет.

1. Бунеев А. Н. Основы гидрогеохимии минеральных вод осадочных отложений. – М.: Медгиз, 1956. – 227 с.

2. Ковда В. А. Проблемы опустынивания и засоления почв аридных регионов мира. – М.: Наука, 2008. – 415 с.

Материал поступил в редакцию 03.06.13.

Мурадов Шухрат Одилевич, кандидат технических наук, доцент
Тел. 8 (99875) 221-18-21, 8 (99891) 561-41-33

E-mail: m.oikos@mail.ru, m.oikos@rambler.ru
Эшанкулов Равшан Абдуразакович, старший преподаватель
Тел. 8 (99875) 221-18-21

E-mail: m.oikos@mail.ru, ravshan_ecogis@yahoo.com

Панжиев Улугбек Рстамович, старший преподаватель

Тел. 8 (99875) 221-18-21

E-mail: m.oikos@mail.ru