



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Кафедра биологии растений и химии

ГИДРОХИМИЯ

Теоретический раздел

Лекция

Классификации природных вод



ЛЕКЦИЯ № 7

Классификация природных вод.

План:

1. Классификация вод по их химическому составу
2. Классификация по минерализации

1. Классификация вод по их химическому составу

К настоящему времени опубликовано несколько десятков классификаций природных вод, основанных на различных принципах и имеющих разное практическое применение. Всеобъемлющей универсальной классификации пока не существует. К наиболее популярным и чаще употребляемым относятся классификации Ч. Пальмера, С. А. Щукарева, Н. И. Толстихина, В. А. Сулина, О. А. Алекина. Для минеральных вод раньше применяли классификацию В. А. Александрова, а теперь – В. В. Иванова и Г. А. Невраева. Для рассолов используется классификация М. Г. Валяшко.

Для поверхностных вод более приемлемой является классификация О. А. Алекина. Достаточны просты и нашли наибольшее практическое применение три классификации – О. А. Алекина, В. А. Сулина и М. Г. Валяшко. Они учитывают только главные анионы (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) и катионы (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), присутствующие в природных водах. Разнообразие химического состава природных вод вынуждает тем или иным образом систематизировать их. Имеется немало классификаций природных вод по их химическому составу. В основу их положены различные признаки. Так, в одной из первых воды классифицировались по присутствующим в них солям; в другой – по наличию какого-либо специфического фактора, придающего воде характерные свойства, как, например, H_2S , Fe, большое количество CO_2 и т. п. Название воды в этом случае получают по специфическим ингредиентам: сероводородные, железистые, углекислые и т. п. Предложены классификации и по величине минерализации, т. е. по общему количеству минеральных веществ.

В гидрохимических исследованиях по рыбоводству и гидробиологии наибольшее распространение получила классификация природных вод, предложенная О. А. Алекиным. Она сочетает принцип деления по преобладающим ионам и их соотношению. Все природные воды по преобладающему аниону представлены 3 классами: гидрокарбонатные и карбонатные (HCO_3^- и CO_3^{2-}), сульфатные (SO_4^{2-}), хлоридные (Cl^-). Выделенные классы отражают гидрохимические особенности воды. К гидрокарбонатным относится большая часть маломинерализованных вод – рек, озер, водохранилищ, прудов; к классу хлоридных – прежде всего воды океана, морей, лиманов. Уровень минерализации обычно высокий. Воды сульфатного класса по распространению и минерализации являются промежуточными между карбонатными и хлоридными. Это озера и реки с повышенной минерализацией. Каждый класс по



преобладающему катиону подразделяется на 3 группы: кальциевую, магниевую и натриевую, а каждая группа, в свою очередь, – на 3 типа, определяемых соотношением ионов. Первый тип характеризуется соотношением $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$. Воды чаще всего минерализованы; второй тип – $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$. Большинство рек, озер и подземных вод малой и умеренной минерализации; третий тип – $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$. Воды океана, морей, лиманов и сильно минерализованные подземные воды; четвертый тип – $\text{HCO}_3^- = 0$, т. е. воды кислые. Поэтому в класс карбонатных вод этот тип не входит, а находится только в сульфатном и хлоридном классах, в группах Ca^{2+} и Mg^{2+} . В данной классификации существуют символы: для класса – по названию соответствующего аниона (С, S, Cl), группа обозначается своим химическим символом, в виде степени к символу класса. Принадлежность к типу изображается римской цифрой внизу около символа. Например: С са/п– этот символ характеризует воду как гидрокарбонатно-кальциевую второго типа.

Классификация О. А. Алекина (рис.1.) в своей основе содержит два принципа: преобладающих ионов и соотношений между ионами. О. А. Алекин преобладающими считает ионы с наибольшим относительным содержанием (в процентах) в пересчете на количество вещества эквивалента. Все природные воды по преобладающему аниону делятся на три класса: 1) гидрокарбонатные; 2) сульфатные; 3) хлоридные. Как указывает Алекин, выделенные три класса дают в общих чертах гидрохимический облик воды. К гидрокарбонатному классу относится большая часть маломинерализованных вод рек, озер и некоторые подземные воды. К классу хлоридных вод относятся преимущественно высокоминерализованные воды океана, морей, соляных озер, подземные воды закрытых структур и пр. Воды сульфатного класса по распространенности и значению минерализации являются промежуточными между гидрокарбонатными и хлоридными водами. Генетически они связаны с различными осадочными породами. Каждый класс делится О. А. Алекиным по преобладающему катиону на три группы вод: кальциевую, магниевую и натриевую. Каждая группа, в свою очередь, подразделена на четыре типа вод, определяемых соотношением между ионами в эквивалентах.

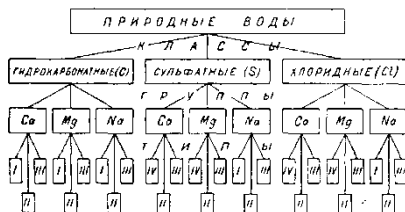


Рис.4. Классификация природных вод по химическому составу по О. А. Алекину.

Классификация В. А. Сулина (1948 г.) составлялась в основном для вод нефтяных месторождений. В основу классификации положено несколько принципов: со-



отношение между ионами, преобладающие ионы и так называемые пальмеровские характеристики.

Классификация природных вод В. А. Сулина

Группа вод	Тип вод			
	сульфатно-натриевый	гидрокарбонатно-натриевый	хлоридно-магниевый	хлоридно-кальциевый
Гидрокарбонатные	Класс А ₂ Подгруппы: кальциевые, магниевые	1. Класс А ₂ Подгруппы: кальциевые, магниевые, натриевые 2. Класс А ₁ Подгруппа: натриевые 3. Класс А ₃ Подгруппа: натриевые	Класс А ₂ Подгруппы: кальциевые, магниевые	Класс А ₂ Подгруппы: кальциевые, магниевые
Сульфатные	Класс S ₂ Подгруппы: кальциевые, магниевые Класс S ₁ Подгруппы: кальциевые, магниевые, натриевые	Класс S ₁ Подгруппа: натриевые	Класс S ₂ Подгруппы: кальциевые, магниевые Класс S ₁ Подгруппы: кальциевые, магниевые	Класс S ₂ Подгруппы: кальциевые, магниевые Класс S ₁ Подгруппы: кальциевые, магниевые
Хлоридные	Класс S ₁ Подгруппы: кальциевые, магниевые, натриевые	Класс S ₁ Подгруппа: натриевые	Класс S ₁ Подгруппы: кальциевые, магниевые, натриевые Класс S ₂ Подгруппы: кальциевые, магниевые	Класс S ₁ Подгруппы: кальциевые, магниевые, натриевые Класс S ₁ Подгруппы: кальциевые, магниевые

Примечание. Типы вод выделяются по соотношению ионов, группы вод — по доминирующему аниону, подгруппы — по преобладающему катиону, классы — на основании „пальмеровских“ характеристик.

Коэффициенты, характерные для генетических типов подземных вод (по В. А. Сулину)

Тип вод	$\frac{rNa^+}{rCl^-}$	$\frac{rNa^+ - rCl^-}{rSO_4^{2-}}$	$\frac{rCl^- - rNa^+}{rMg^{2+}}$
Сульфатно-натриевый	>1	<1	—
Гидрокарбонатно-натриевый	>1	>1	—
Хлоридно-магниевый	<1	—	<1
Хлоридно-кальциевый	<1	—	>1



Каждый тип по преобладающему аниону делится на группы (гидрокарбонатную, сульфатную, хлоридную), каждая группа по преобладающему катиону – на подгруппы (кальциевую, магниевую, натриевую). С учетом пальмеровских характеристик подгруппы объединяются в классы.

В. А. Сулин выделяет три главные природные обстановки формирования химического состава подземных вод:

1) морская – воды хлоридного типа. Химический состав вод может быть как унаследованным, так и приобретенным вследствие выщелачивания компонентов из пород морского генезиса, содержащих главным образом NaCl , MgCl_2 , MgSO_4 , CaSO_4 ;

2) континентальная – воды сульфатно-натриевого и гидрокарбонатно-натриевого (содового) типов;

3) глубинная – воды хлоридно-кальциевого типа, формирующиеся из хлоридно-магниевых в условиях закрытых гидрогеологических структур путем протекания реакций катионного обмена.

К недостаткам классификации Сулина можно отнести, во-первых, то, что типы вод в большей степени связаны с природной обстановкой формирования того или иного химического состава, чем с историей образования компонентов в течение геологических периодов, во-вторых, невозможность определения типа вод в том случае, если коэффициенты равны единице; в-третьих, отсутствие типа кислых вод.

Классификация М. Г. Валяшко (1955 г.) существование в природе хлоридного, сульфатного и карбонатного гидрохимических типов объясняет закономерными изменениями растворимости соединений в сложных равновесных системах, образованных главными компонентами природных вод. Для выработки рациональной классификации М. Г. Валяшко выделил минимальное число главных компонентов в широком диапазоне значений минерализации природных вод и рассмотрел образуемые ими простейшие равновесные системы.

Важным достоинством данной классификации является то, что в ее основе заложен генетический подход, который нередко дает возможность, с одной стороны, по современному химическому облику вод воссоздать их исходный состав, а с другой – предсказать вероятные изменения в химическом составе современных вод под действием процессов метаморфизации.

Недостатки классификации:

1) кислые воды плохо вписываются в рамки классификации, поскольку главными катионами в этих водах нередко бывают тяжелые металлы, а кислотность обусловлена присутствием свободных минеральных (серной, соляной) и органических (фульвокислот, гуминовых и др.) кислот;

2) классификация не отражает количественное и качественное изменение в химическом составе пресных поверхностных вод суши.



В табл. 3 хорошо прослеживается сходство между классификациями Валяшко, Сулина и Алекина.

Таблица 3.

Сопоставление типов вод по наиболее распространенным классификациям (по Е. В. Посохову)

Классификация		
М. Г. Валяшко	В. А. Сулина	О. А. Алекина
Карбонатный	Гидрокарбонатно-натриевый	Тип первый (I)
Сульфатный	Сульфатно-натриевый	Тип второй (II)
подтип Na_2SO_4	Хлоридно-магниевый	Тип третий „а” (IIIa)
подтип MgCl_2	Хлоридно-кальциевый	Тип третий „б” (IIIб)
Хлоридный	Отсутствует	Тип четвертый (IV)
Тип кислых вод		

Несмотря на некоторые недостатки, классификации М. Г. Валяшко и О. А. Алекина являются наиболее удачными из существующих. Классификации М. Г. Валяшко, В. А. Сулина целесообразно использовать для характеристики главным образом подземных вод (и некоторых поверхностных – морских, океанических, соленых озер), классификацию О. А. Алекина – для поверхностных маломинерализованных вод суши.

2. Классификация по минерализации

Под минерализацией воды понимают количество растворенных в ней минеральных веществ. Выражают это количество в виде или общей минерализации, или сухого остатка, или плотности. Общая минерализация представляет собой сумму компонентов минеральных веществ, найденную анализом; сухой остаток получают путем выпаривания определенного объема воды, высушивания и взвешивания остатка. Общую минерализацию и сухой остаток выражают для пресных и солоноватых вод в миллиграммах или граммах на 1 л, для рассолов – в граммах на 1 л или в граммах на 1 кг (%). В настоящее время среди исследователей нет единого мнения по вопросу о принципах подразделения природных вод по минерализации. Граничные значения степени минерализации вод обосновываются либо с теоретических позиций, либо на основании региональных исследований, либо с учетом практического значения воды. Общепринятым является только значение минерализации, характеризующее границу пресных вод – 1 г/л; оно присутствует во всех классификациях. Разошлись мнения по вопросу об одном из весьма важных рубежей – между рассо-



лами и солеными водами: В. И. Вернадский считал таковым 50 ‰, М. Г. Валяшко, И. Е. Зайцев – 35 ‰.

Классификация вод по величине их минерализации, т. е. суммы найденных в воде ионов. Округляя различные существующие пределы, в данной классификации можно наметить следующее деление вод по величине минерализации, г/кг:

пресные	1,0‰
солончатые	1–25‰
воды с морской соленостью	25–50‰
воды соленые (с соленостью выше морской)	выше 50‰

Обоснованным представляется принцип классификации природных вод по минерализации путем установления условных значений минерализации – „узлов”, которые определяют по миграционным кривым, отражающим связь содержания главных ионов химического состава воды с минерализацией. На пересечении кривых (то есть в узлах) химический состав „перестраивается” по преобладающим главным компонентам. По данным М. Г. Валяшко, при граничном значении 1000 мг/л преобладающими вместо карбонатных ионов становятся сульфатные ионы и вместо ионов кальция – ионы натрия, а при граничном значении 10‰ – вместо сульфатных ионов – хлоридные. Следовательно, миграционные кривые позволяют разделить пресные, солончатые и соленые воды и выделить в них определенные группы.

Для рассолов обоснование граничных значений минерализации с теоретических позиций заключается в выделении тех градаций минерализации, которые соответствуют интервалам изменений в ионном составе воды, происходящих в связи с физико-химическими превращениями и со сменой одних равновесных систем другими. Равновесные системы выявлены экспериментально при выпаривании морских вод в лабораторных и полевых условиях.

Рассолы, по И. Е. Зайцеву, охватывают пять подгрупп: очень слабые рассолы отвечают первой стадии сгущения океанической воды, когда из нее начинает выпадать доломит; слабые рассолы – верхний предел примерно соответствует садке гипса из океанической воды; крепкие рассолы отвечают стадии сгущения океанической воды, когда из нее (близ верхнего предела) осаждается галит; весьма крепкие рассолы характеризуются такой степенью сгущения, когда происходит осадка карналлита; сверхкрепкие рассолы представляют собой маточную рапу после выпадения из нее карналлита.

Разделение рассолов на подгруппы почти во всех современных классификациях производится именно по этому принципу. Примером выделения подгрупп в пресных и соленых водах на основании региональных исследований и использования природных вод в практических целях является дробная классификация Н. И. Толстихина. Сверхпресным водам, по Толстихину, отвечают снег и льды Антарктиды;



весьма пресным – атмосферные осадки; к очень пресным относится вода озер Байкал, Ладожского, грунтовые воды тундры, высоких гор; особо пресными являются грунтовые воды лесов, средних гор; умеренно пресными – грунтовые воды лесостепи, низких гор; пресноватыми – грунтовые воды степи.

Соленые воды разбиты на подгруппы по следующим признакам:

слабосоленоватые – питьевые по необходимости, минеральные питьевые;

среднесолоноватые – водопойные;

сильносоленоватые – водопойные по необходимости;

слабосоленые – нижняя граница (25‰) обоснована тем, что при данной минерализации температура замерзания и температура максимальной плотности равны между собой;

умеренно соленые – вода опресненных морей;

нормально соленые – вода Мирового океана.

В рассолах выделена подгруппа крепкосоленых вод, или очень слабых рассолов, соответствующая минерализации воды некоторых осолоненных морей аридных областей.



ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Алекин, О. А. Основы гидрохимии: учеб. пособие / О. А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 296 с.
2. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник. А. М. Никаноров. – СПб: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
3. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: уч. для вузов/ Ю.А. Ершов и др. 6-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2007. – 560 с.
4. Привезенцев Ю. А. Практикум по прудовому рыбоводству.- М.: Высшая школа, 1982. – 258 с.

Дополнительная:

5. Баранов И. В. Основы биопродукционной гидрохимии. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 277 с.
6. Власов Б.П. Антропогенная трансформация озер Беларуси. Минск, 2004. . – 78 с.
7. Зенин А. А., Белоусова И. В. Гидрохимический словарь/ Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 240 с.
8. Логинов В.Ф., Волчек А.А. Водный баланс речных водосборов Беларуси. Минск: Тонпик, 2006. . – 146 с.
9. Логинов В.Ф. Управление гидрометеорологическими данными. Минск: БГУ, 2002. . – 38 с.
10. Прожорина Т.И. Практикум по курсу "Гидрохимия". Ч.1: Учебно-методическое пособие. - Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2007. - 27 с.
11. Прожорина Т.И. Экологическая гидрохимия: Методические указания к лабораторному практикуму. Часть 2. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2007. - 20 с.
12. Слесарев В. И. Химия: основы химии живого: учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
13. Федоров А.А. и др. Методы химического анализа объектов природной среды/ А.А. Федоров, Г.З. Казиев, Г.Д.Казаков. – М.: КолосС, 2008. – 118 с.
14. www.waterandecology.ru

Справочники:

15. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р. Лидина. – М.: КолосС, 2008. – 480 с.
16. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии/ Ю. Ю. Лурье. – М.:Химия, 1971. – 454 с.
17. Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 392 с.
18. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
19. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.

Автор:

Поддубная Ольга Владимировна