

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ АРТЕЗИАНСКИХ БАССЕЙНОВ

(В порядке обсуждения)

Проф. Н. И. Толстихин

Изучение артезианских бассейнов СССР за последние годы в связи с широко развернувшимся бурением глубоких скважин ознаменовалось крупными достижениями. Во многих артезианских бассейнах был вскрыт фундамент, подстилающий их осадочный комплекс. В бассейнах Европейской части Советского Союза и Восточной Сибири он представлен гранитами и гнейсами; в бассейнах Средней Азии, Казахстана, Западной Сибири — смятыми в складки палеозойскими отложениями различного возраста, генезиса, состава и разнообразными изверженными породами. Для многих бассейнов в разных точках установлена их глубина. Она нередко превышает 1—2, а в отдельных случаях и 3 км.

Для большинства бассейнов Европейской части СССР накопилось достаточно данных для построения первых ориентировочных карт-схем изогипс поверхности фундамента. Подобные карты-схемы могут быть построены и для южной части Западной Сибири. Уточнены данные о возрасте пород, слагающих бассейны, их составе, мощности, фациях и др. Новые данные, полученные в результате изучения состава артезианских вод глубоких частей бассейнов, подтвердили и уточнили представления акад. В. И. Вернадского о широком распространении на глубине соленых вод и рассолов [1]. Вместе с тем советскими учеными [3, 4, 5] было разработано учение о гидродинамической и гидрохимической зональности артезианских бассейнов.

Выделение трех, а некоторыми исследователями только двух гидродинамических зон обосновывается теоретическими соображениями и интересами практики. Однако до сих пор не разработано достаточно надежных показателей для разграничения этих зон. Нередко за основу разделения гидродинамических зон принимаются как одни из важных (но далеко не универсальных) показателей динамики подземных вод и процессов водообмена состав и минерализация подземных вод. Среди некоторых гидрогеологов намечается даже тенденция устанавливать гидродинамические зоны на основании только химических свойств подземных вод, что является не вполне правильным. Нельзя понятие гидродинамическая зона подменять понятием гидрохимическая зона.

Если выделение и разграничение гидродинамических зон на практике встречает значительные затруднения, то гораздо проще и легче выделять гидрохимические зоны, так как мощная советская техника позволяет вскрывать подземные воды и проводить опробование водоносных горизонтов на интересующей глубине; в достаточной степени разработаны методы отбора проб воды, точные методы химического анализа растворенных в воде минеральных веществ и газов, а также некоторые геофизические методы исследования для выявления изменения минерализации вод с глубиной.

Все эти и другие возможности позволяют заняться более глубоким, детальным и всесторонним изучением гидрохимии артезианских бассейнов. Большое значение при этом должны иметь систематическое гидрохимическое опробование глубоких артезианских скважин, изучение состава подземных вод по вертикали для всех водоносных и «водоупорных» горизонтов бассейна, начиная с грунтовых вод и кончая подземными водами фундамента.

В настоящее время установлено, что гидрохимический разрез артезианских бассейнов северных и умеренных широт СССР схематически состоит из трех гидрохимических зон: зоны *А* (верхней) — пресных вод, обычно гидрокарбонатных, реже иного состава, с минерализацией менее 1—2 г/л; зоны *Б* (средней) — солоноватых вод, большей частью хлоридных и сульфатных, с минерализацией от 1 до 12 г/л; зоны *В* (нижней) — соленых вод и рассолов с минерализацией от 10—12 г/л и более, исключительно хлоридных.

Верхняя гидрохимическая зона, в свою очередь, иногда может быть подразделена на подзоны *А₁* и *А₂*. Для подзоны *А₁* характерна минерализация вод до 0,5 г/л и типичны преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые воды. В подзоне *А₂* воды минерализованы от 0,5 до 1—2 г/л. В этой зоне наряду с гидрокарбонатно-кальциевыми нередко встречаются воды гидрокарбонатно-натриевые и др.

В свою очередь, гидрохимическая зона *Б* разделяется на подзоны *Б₁* и *Б₂*. Подзона *Б₁* — слабо солоноватых вод — характеризуется минерализацией 1—4 г/л. По составу воды подзоны *Б₁* — гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные и смешанные. Кальций и натрий в подзоне *Б₁* встречаются в разных соотношениях. Подзона *Б₂* — сильно солоноватых вод с минерализацией от 4 до 10—12 г/л — характеризуется преобладанием хлористого натрия над другими компонентами.

Наконец, зона *В* разделяется на три подзоны *В₁*, *В₂* и *В₃*. Подзона *В₁* — соленых вод с минерализацией от 10 до 50 г/л; *В₂* — слабых рассолов с минерализацией от 50 до 100 г/л и подзона *В₃* — крепких рассолов с минерализацией свыше 100 г/л. Для гидрохимической зоны *В* характерно преобладание хлористого натрия над всеми другими компонентами. В подзоне *В₃* иногда можно выделить подземные воды с преобладанием кальция и магния.

Границы между зонами и подзонами в ряде случаев намечаются с достаточной четкостью и позволяют для некоторых бассейнов составить карты-схемы, показывающие в изолиниях глубины основания каждой зоны и дающие представление о их мощности. Подобного рода карты могут иметь большой практический интерес, ибо подземные воды каждой из гидрохимических зон имеют свое особое значение в народном хозяйстве. Так, например, воды зоны *А* используются в основном для питьевого водоснабжения; воды зоны *Б* — для технических и бальнеологических целей; воды зоны *В* — для бальнеологических и промышленных целей как источник для получения различных солей.

Разработка проблемы гидрохимической зональности артезианских бассейнов привела также к обоснованному достаточным фактическим материалом заключению [3, 5] о смене в целом ряде случаев (но не всегда) одних гидрохимических зон другими в пределах одного и того же артезианского водоносного горизонта по мере его погружения от области питания в глубокие части бассейна. В девонских отложениях верхней части северного склона Воронежского поднятия и в кристаллических породах поднятия находятся, например, пресные воды зоны А. Далее к северу, в пределах средней части этого склона, воды в девонских отложениях солоноватые, а под Москвой солоноватые, соленые и рассолы.

Изучение краевых и центральных частей Восточно-Европейских и Сибирских артезианских бассейнов с точки зрения соотношений гидрохимических зон А, Б и В позволяет в некоторых случаях выделить три типа вертикального гидрохимического разреза бассейнов (рис. 1).

Тип I отличается присутствием лишь одной гидрохимической зоны А — пресных вод, которая прослеживается во всех водоносных горизонтах вертикального разреза до подстилающих бассейн пород фундамента, где скважины также вскрывают пресные воды. Тип I разреза встречается на окраинах бассейна там, где глубина бассейна невелика и где имеет место питание артезианских горизонтов (рис. 1, а).

Тип II гидрохимического разреза характеризуется присутствием двух гидрохимических зон: под зоной пресных вод А залегают зона солоноватых вод Б, которая прослеживается до фундамента. При этом замещение пресных вод сверху вниз солоноватыми может происходить в одном и том же водоносном горизонте; или же в верхних водоносных горизонтах будут встречены пресные воды, а в нижних — солоноватые. Этот тип разреза встречается в более глубоких частях бассейнов (рис. 1, б).

Тип III характеризуется наличием всех трех зон А, Б и В, обычно присущих центральному частям бассейнов: пресных грунтовых и верхних артезианских водоносных горизонтов тоже с пресной водой зоны А; более глубоко залегающих артезианских водоносных горизонтов солоноватых вод зоны Б; еще глубже (по вертикали) находятся артезианские горизонты соленых вод зоны В (рис. 1, в).

Несмотря на то, что в схеме вертикальный разрез центральных частей Восточно-Европейских, Западно-Сибирских и Восточно-Сибирских бассейнов в общем сходен, в деталях имеются существенные расхождения.

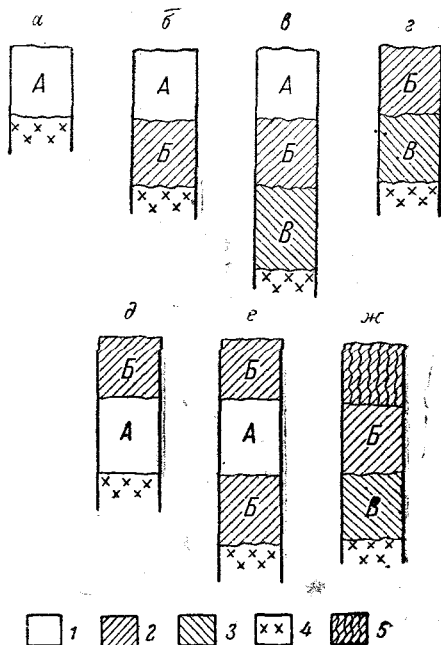


Рис. 1. Схематические гидрохимические колонки:

а — однозонального пояса; б — двухзонального; в — трехзонального; г — двухзонального без верхней зоны пресных вод; д — двухзонального с залегающей зоной А под Б; е — трехзонального с зоной пресных вод между солоноватыми и солеными водами; ж — двухзонального с заморозенной верхней зоной пресных вод; 1 — зона пресных вод с минерализацией менее 1 г/л; 2 — зона солоноватых вод с минерализацией 1—10 г/л; 3 — зона соленых вод и рассолов с минерализацией более 10 г/л; 4 — фундамент артезианских бассейнов; 5 — мерзлая зона

Так, в Восточно-Европейских бассейнах зона *Б* обладает сравнительно небольшой мощностью, зато зона *В* представлена всеми тремя подзонами до крепких рассолов включительно. К тому же она характеризуется огромной мощностью — достигает нескольких километров. Для артезианских вод южной половины Западной Сибири, наоборот, чрезвычайно характерно мощное развитие зоны *Б* солоноватых вод. Зона *В* представлена только первой подзоной *В*₁ — соленых вод. Она имеет подчиненное развитие. Рассолов же в южной части Западной Сибири пока не вскрыто и перспективы их нахождения весьма скромны.

Остановимся на некоторых примерах. На Карельском перешейке (к северу от Ленинграда) наблюдается гидрохимический разрез первого типа, в окрестностях Ленинграда — второго, а к югу от

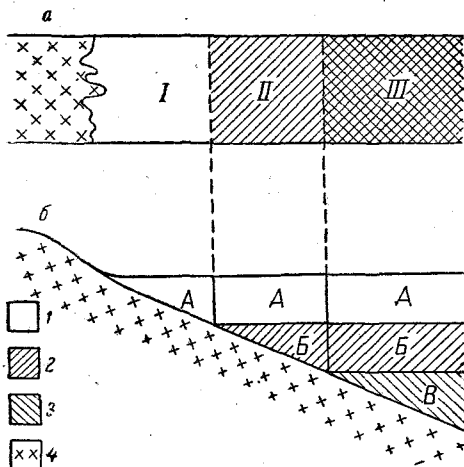


Рис. 2. Схема гидрохимического строения артезианского бассейна (северная группа):

a — план; *b* — профиль; *I, II* — гидрохимические пояса; *III* — внутреннее гидрохимическое поле артезианского бассейна; *I* — гидрохимическая зона; *2* — зона *Б*; *3* — зона *В*; *4* — фундамент артезианского бассейна и его выступ на поверхность земли

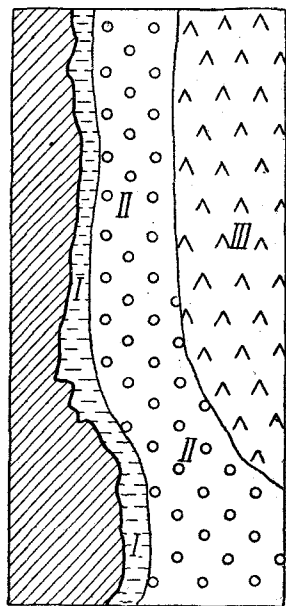


Рис. 3. Гидрохимическая схема Зауралья:

1 — первый гидрохимический пояс; *2* — второй пояс; *3* — внутреннее гидрохимическое поле бассейна; *4* — уральская гидрогеологическая складчатая область

Ленинграда, например в Старой Руссе, — третьего. Под Москвой гидрохимический разрез соответствует третьему типу, на склоне Воронежского поднятия (к югу от Москвы) — второму, а на самом Воронежском поднятии — первому. Подобная картина наблюдается и для Западно-Сибирского артезианского бассейна. Так, на западной окраине Западно-Сибирского бассейна (в Зауралье) гидрохимический разрез построен по первому типу, а в более восточных частях Зауралья — по второму. В самых глубоких частях бассейна, на восток от Зауралья, встречен третий тип гидрохимического разреза.

Прослеживая распространение трех основных типов гидрохимических разрезов в пределах артезианских бассейнов северной и средней полосы СССР, можно установить, что первый тип разреза обрамляет окраину бассейна со стороны области его питания, второй — приоткрывает к первому, а третий — распространяется преимущественно в центральной части бассейна.

Назовем те части артезианских бассейнов, которые построены по одному из рассмотренных типов разреза и опоясывают внутреннюю часть бассейна гидрохимическими поясами. Таких поясов можно выделить два: I — однозональный (зона А), II — двухзональный (зона А и Б). Внутреннюю часть бассейна, построенную из трех гидрохимических зон, назовем центральным, или внутренним, гидрохимическим полем бассейна (рис. 2).

Первый пояс характерен для областей питания артезианских бассейнов и районов, тяготеющих к этим областям, второй пояс и внутреннее поле бассейна — для областей питания верхних горизонтов бассейна и напора нижних горизонтов. Границы между выделяемыми поясами проводятся условно.

Проследим распространение гидрохимических поясов и полей на примерах некоторых артезианских бассейнов.

В Западно-Сибирском бассейне первый пояс прослеживается узкой полосой (до 20 км) вдоль восточного склона Урала, примыкая на западе непосредственно к Уральской гидрогеологической складчатой области [2]. Последняя в значительной мере обеспечивает питание водоносных горизонтов первого пояса путем перелива вод (рис. 3). В южном направлении ширина этого пояса уменьшается. Глубина его повсюду невелика. На южной окраине бассейна, примыкающей к Казахской гидрогеологической складчатой области, ширина первого пояса очень невелика (например, на северном склоне Кокчетавских гор), а местами он прерывается. Значительные размеры в ширину и большую мощность первый пояс приобретает на юго-востоке бассейна в пределах так называемого Барнаульского артезианского бассейна, где имеется несколько артезианских пресных водоносных горизонтов. Ширина первого пояса возрастает здесь до 150—200 км, а глубина превосходит 100 м. Далее на север и восток первый пояс прослеживается вдоль Салаирского кряжа и Кузнецкого Ала-тау, достигая наибольшей ширины и глубины в пределах Чулымского артезианского бассейна Западной Сибири (рис. 4).

К первому поясу со стороны внутренней части Западно-Сибирского артезианского бассейна примыкает второй. Он имеет весьма большую ширину. Глубина его, по данным отдельных скважин (Тюмень, Макушино, Ганькино и др.), достигает многих сотен метров. Для ориентировочного разграничения второго пояса от первого, и тем более второго пояса от центрального гидрохимического поля бассейна, данных слишком мало. Положение центрального поля еще не вполне ясно, так как до сих пор нет опробования глубоких буровых скважин во внутренних частях бассейна. Впрочем, можно предполагать, что в недалеком будущем появятся новые данные, которые позволят внести значительные изменения и уточнения в положение границ, намеченных условно на прилагаемых схемах.

Для северной окраины Прибалтийского и северо-западной окраины Московского артезианских бассейнов на схеме (рис. 5) выделены два пояса, участвующих в гидрохимическом строении бассейнов, и их центральное поле. Первый пояс протягивается через северную часть Карельского перешейка. Он уже установлен на южном берегу Финского залива, в районе Таллина, и далее на запад. Второй пояс располагается южнее. Он установлен под Ленинградом, к востоку и западу от него и на севере Прибалтики [6]. Граница второго пояса с внутренним полем на схеме проведена условно. Трехзональное строение внутренней части Прибалтийского и Московского бассейнов установлено в Старой Руссе, на Валдае, Даугавпилсе и др.

Наличие первого и второго гидрохимических поясов установлено для южной окраины Московского артезианского бассейна, северной

окраины Днепровско-Донецкого артезианского бассейна, восточной окраины Львовского, южной окраины Якутского и некоторых других бассейнов. Внутреннее гидрохимическое поле перечисленных бассейнов трехзонально.

Взаимные соотношения гидрохимических поясов и зон артезианских бассейнов, как обнаруживается при рассмотрении, зависят от геологического строения, физико-географического положения артезианского бассейна и от его гидрогеологической истории.

Наиболее благоприятными условиями для развития первого пояса являются обильные осадки в областях поглощения и питания артезиан-

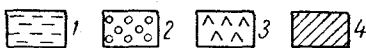
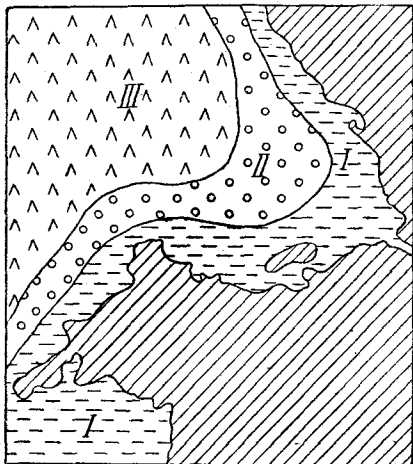


Рис. 4. Гидрохимическая схема Чулымского и Барнаульского артезианских бассейнов:

1 — первый гидрохимический пояс; 2 — второй пояс; 3 — внутреннее гидрохимическое поле бассейна; 4 — гидрогеологические складчатые области

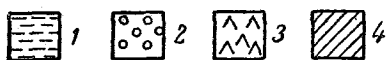
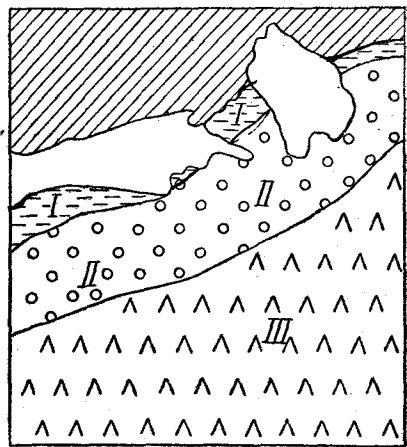


Рис. 5. Гидрохимическая схема северной части Прибалтийского и северо-западной окраины Московского артезианских бассейнов:

1 — первый гидрохимический пояс; 2 — второй пояс; 3 — внутреннее гидрохимическое поле бассейна; 4 — гидрогеологическая складчатая область

ского бассейна, отсутствие в разрезе галогенных толщ и хорошие фильтративные способности водоносных горизонтов, интенсивный водообмен.

Выяснилось также, что внутреннее поле южных артезианских бассейнов (Приаральский, Прикаспийский и др.) утрачивает гидрохимическую зону А — пресных вод, которая здесь встречается спорадически и имеет ничтожную, измеряемую метрами, мощность. Можно говорить, следовательно, и о четвертом типе гидрохимического разреза, когда встречаются только зона Б и подстилающая ее зона В (рис. 1, г). Здесь двухзональным будет внутреннее поле бассейна. В бассейнах Средней Азии первый пояс, состоящий из одной зоны А, развит узкой полосой в пределах подгорных шлейфов. Второй пояс двухзональный (зоны А и Б) развит прерывисто. Но по окраинам южных бассейнов появляются новые типы гидрохимических разрезов, пока не известные для севера.

Так, по данным бурения, в отдельных районах юга Западной Сибири, Казахстана, Узбекистана сверху находится зона Б соленоватых вод, а под нею — зона А пресных вод, которая прослеживается до фундамента включительно (рис. 1, д). Имеют место и трехзональные разрезы, построенные по схеме (сверху вниз) Б — А — Б. Так, например, в При-

ташкентском районе под гидрохимической зоной *Б* были вскрыты в меловых отложениях пресные горячие воды (рис. 1, *е*).

В южных бассейнах можно ожидать наличия и иных типов гидрохимических разрезов — многозональных, многослойных. Так, в некоторых районах Западной Сибири наблюдается в вертикальном разрезе чередование водоносных горизонтов с разной минерализацией.

Интересно отметить также гидрохимическое строение самого северного бассейна земного шара — Хатангского артезианского бассейна. Здесь зона *А* проморожена. Имеются в жидкой фазе гидрохимические зоны *Б* и *В* — подмерзлотных вод (рис. 1, *ж*).

Малые артезианские бассейны внутри складчатых областей характеризуются различным гидрохимическим строением. Некоторые бассейны Забайкалья, например, состоят из одной гидрохимической зоны *А*, для которой все же отмечается возрастание минерализации с глубиной. Другие бассейны являются двухзональными. К таким относится, например, Чуйский артезианский бассейн в Казахстане, где вверху обнаруживается зона *Б*, а внизу — *А*. Встречаются бассейны трехзональные, например Ферганский, и других типов гидрохимической зональности.

Изучение гидрохимических зон, поясов и полей артезианских бассейнов, проводимое в тесной связи с их гидрохимическим режимом, — одна из важных проблем, стоящих в области химии подземных вод, на которую следует обратить внимание гидрогеологов. Постепенное накопление фактов из области гидрохимии артезианских бассейнов позволит глубже подойти к разрешению проблемы формирования подземных вод и выяснению роли отдельных факторов и процессов формирования, приводящих к гидрохимической зональности бассейнов.

Большое практическое значение выделяемых поясов и полей заключается в том, что первый из них перспективен в отношении пресного водоснабжения, но почти никакого интереса не представляет для поисков нефти по гидрогеологическим признакам. Второй — может иметь значение для водоснабжения и поисков лечебных вод и нефти. Внутренние же пояса могут, помимо всего, иметь значение для извлечения промышленно ценных вод.

Разумеется, предложенные способы выделения гидрохимических зон, поясов и полей в пределах артезианских бассейнов не исключают возможность применения иных принципов гидрохимического районирования, а также выделения других признаков, которые могут быть положены в основу зональности. При детальном гидрохимическом выделении зон число их может возрасти; могут быть приняты во внимание не только минерализация и содержание главных компонентов, но и других показателей, в том числе и газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В. И. История минералов земной коры. Т. II. История природных вод. ОНТИ, 1935—1936.
2. Гуревич М. С. Парагенезис подземных вод и природных газов. Труды лаборатории гидрогеологических проблем, 1948, т. III.
3. Игнатович Н. К. О закономерностях распределения и формирования подземных вод. Доклады АН СССР, 1944, т. 25, № 3.
4. Макаренко Ф. А. О классификации запасов и ресурсов подземных вод. Труды лаборатории гидрогеологических проблем, 1948, т. III.
5. Сулин В. А. Гидрогеология нефтяных месторождений. Гостехиздат, 1948.
6. Славянов Н. Н. Подземные воды СССР. Приложение к книге проф. К. Кейльгак «Подземные воды». ОНТИ, 1935.