

УДК 556+550.845

**Е.И. Барановская<sup>1</sup>, К.Е. Питьева<sup>2</sup>****О ГРАНИЦАХ ВЕРХНЕЙ ГИДРОГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ПРИКАСПИЙСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА**

Представлены результаты оконтуривания верхней части разреза всей территории Прикаспийского артезианского бассейна. На основании обобщения геологических и общих гидрогеологических данных составлены стратификационная карта, профильный разрез и карта изогипс кровли верхней гидрогеодинамической зоны. Приведены систематизированные гидрогеологические сведения об условиях залегания, структурных особенностях и характере распределения в пределах верхней гидрогеодинамической зоны Прикаспийского артезианского бассейна областей питания, транзита и разгрузки подземных вод. В результате установлены границы верхней гидрогеодинамической зоны бассейна.

*Ключевые слова:* подземные воды, верхняя гидрогеодинамическая зона, границы зоны, геологическая структура, Прикаспийский артезианский бассейн.

The article presents of the results of a study on the upper part of contouring the entire territory of the Caspian artesian basin. Based on the generalization of geological and hydrogeological data was composed a stratification map, profile sections and map of the isohypses of the top upper hydrogeodynamic zone. Was systematized hydrogeological information about the conditions of occurrence, structural features and character of the distribution within the upper hydrogeodynamic zone of the Caspian artesian basin, transit and groundwater discharge. As a result, the boundaries set of the upper hydrogeodynamic zone of the basin.

*Key words:* groundwater, upper hydrogeodynamic zone, boundaries of the zone, geological structure, Caspian artesian basin.

**Введение.** Актуальность выявления границ верхней гидрогеодинамической зоны связана с общим дефицитом вод хозяйственно-питьевого назначения, приуроченных к верхней гидрогеохимической зоне на территории Прикаспийского артезианского бассейна; со слабой гидрогеодинамической и гидрогеохимической изученностью этого артезианского бассейна и сложностью его строения.

**Материалы и методы исследования.** Методической основой для выполнения исследований послужил анализ комплекса ландшафтно-климатических, геолого-гидрогеологических, гидрогеохимических данных, сбор данных, обобщение, обработка и интерпретация полученных результатов.

К главным методическим приемам естественно-исторического анализа относятся разграничение вертикального разреза артезианского бассейна на гидрогеологические этажи с выделением верхнего этажа, надежно изолированного от ниже лежащих подземных вод и характеризующегося своеобразием условий; установление ландшафтно-климатических и геолого-гидрогеологических условий, обосновывающих распределение и формирование подземных вод разного состава в верхней гидрогеодинамической зоне.

**Общие сведения о Прикаспийском артезианском бассейне.** Прикаспийский артезианский бассейн расположен в юго-восточной части Восточно-Европейской платформы. С запада он ограничен Доно-Медведицким валом, на востоке — складчатыми сооружениями Мугоджар, на юго-востоке — Устюртом; на севере по системе флексур и сбросов граничит с Волго-Камским артезианским бассейном. Южная граница условно проводится по акватории Каспийского моря.

В физико-географическом отношении территория Прикаспийского артезианского бассейна приурочена к Прикаспийской низменности, которая на юге омывается Каспийским морем. Абсолютные отметки низменности в направлении к морю снижаются от  $-2,7$  м до  $-27,5$  м, т.е. ее большая часть лежит ниже уровня океана. Поверхность земли имеет неравномерный уклон в юго-западном направлении от Южного Урала и Общего Сырта (от 400–350 м) в сторону Каспийского моря (до 27–28 м на побережье Каспия).

Территория Прикаспийской низменности в западной части включает дельту и пойму р. Волга. В восточной ее части протекает р. Урал с многочисленными притоками.

Климат аридный и полуаридный — в юго-западной части Прикаспийского артезианского

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра гидрогеологии, аспирантка; *e-mail:* baranovskaya\_kat@mail.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра гидрогеологии, профессор, докт. геол.-минерал. н.; *e-mail:* kepitjeva@mail.ru

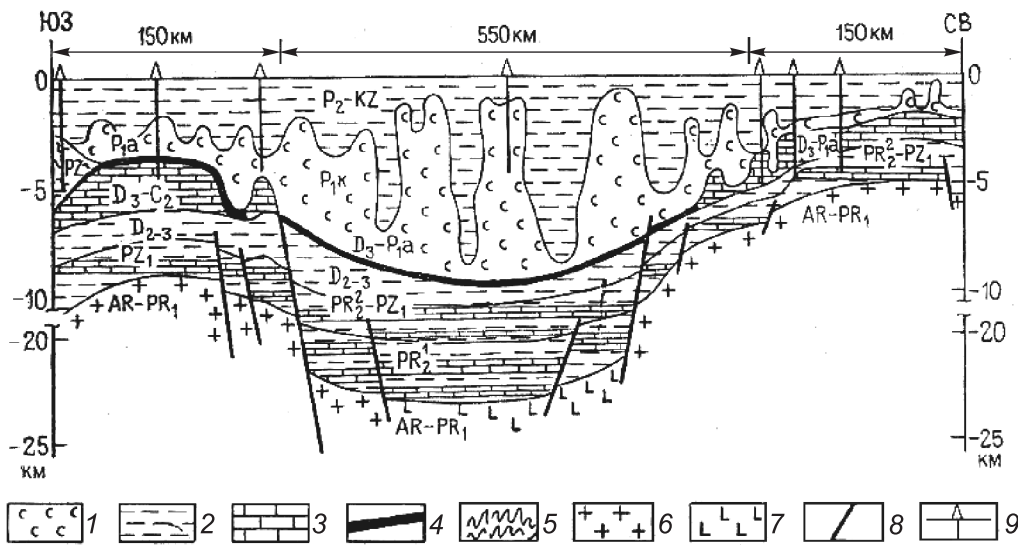


Рис. 1. Схематический геологический профиль Прикаспийской синеклизы [Габриэлянц, 1991]: типы пород: 1 — сульфатно-соленосные; 2 — терригенные; 3 — карбонатные мелководные; 4 — глинисто-кремнисто-карбонатные депрессионные; 5 — преимущественно терригенные уплотненные и дислоцированные (миогеосинклинальный комплекс); геофизические слои: 6 — гранито-гнейсовый; 7 — базальтовый; 8 — разломы; 9 — глубокие скважины

бассейна средняя годовая температура воздуха составляет  $+10,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; в северной —  $+2\div+3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  [Бочкарева и др., 1973]. Количество атмосферных осадков убывает с севера на юг от 300–350 до 150–200 мм. Максимальная влажность воздуха составляет 33–60% (редко до 90%) и наблюдается летом, главным образом в центральной и южной частях бассейна. На севере артезианского бассейна влажность воздуха умеренная.

Прикаспийский артезианский бассейн приурочен к Прикаспийской впадине (синеклизе). Площадь впадины около 500 тыс. км<sup>2</sup> [Геология СССР, 1964, 1967, 1970].

Прикаспийская впадина характеризуется длительным и интенсивным прогибанием, обусловившим мощное осадконакопление. В результате сформировался осадочный чехол мощностью свыше 20 км (рис. 1). Фундамент Прикаспийской впадины имеет резко выраженную блоковую структуру с множеством разломов.

В структурном отношении Прикаспийская впадина представляет собой сложную систему положительных и отрицательных геологических структур, размеры которых отличаются в плане и разрезе. К центральной части впадины приурочена обширная Центрально-Прикаспийская депрессия (рис. 2).

Породы представлены в пределах Прикаспийской впадины терригенными, карбонатными, сульфатными и галогенными разностями. В разрезе и по площади в синеклизе наиболее выдержана толща галогенных пород, представленных преимущественно галитом (NaCl), мощностью от 300 м до 4 км. Глубина их залегания увеличивается от бортов синеклизы к Каспийскому морю. Карбонатные породы (преимущественно известняки, доломиты, мергели и др.) широко распространены в подсоловом геолого-структурном этаже, особенно в его верхнедевонской–нижнекаменноугольной и средне-верхнекаменноугольной частях. Сульфатные породы распространены также преиму-

ущественно в подсоловом этаже, терригенные — преимущественно в мезозойско-кайнозойской и четвертичной частях разреза надсолового этажа.

В гидрогеологическом отношении Прикаспийский артезианский бассейн относится к Прикаспийскому гидрогеологическому району [Гидрогеология СССР, 1970, 1972, 1976; Севастьянов, 2010]. В гидрогеологическом разрезе бассейна в качестве основных выделяются два крупных гидрогеологических этажа, разделенных мощной толщей галогенных кунгурских пород.

**Результаты исследования и их обсуждение.** За основу оконтуривания в разрезе артезианского бассейна приняты верхняя и нижняя границы верхней гидрогеодинамической зоны. Верхняя граница устанавливалась по абсолютным отметкам уровня подземных вод с учетом рельефа земной поверхности.

Выполненные нами качественные, количественные и интерпретационные обобщения разрозненных материалов позволили составить серию схематических карт и профильный разрез, послуживший основой для установления положения на территории Прикаспийского артезианского бассейна верхней гидрогеодинамической зоны и ее гидрогеологической, гидрогеохимической характеристики, типизации и районирования (рис 2, 3).

По фактическим данным [Голованова, 1994; Зверев и др., 2008; Ильченко, 1998; Никаноров, 2001; Питьева, 1971; Самарина, 1963; Серебряков, 2010; Шварцев, 1998] составлена карта литологического состава пород основных геологических структур Прикаспийского артезианского бассейна. Путем обобщения приведенных на ней сведений составлена стратификационная схема артезианского бассейна (рис. 2). На ней четко выделяется подошва первой водоносной толщи от поверхности земли, представленная в восточной, северо-восточной и центральной частях бассейна соленосными кунгурскими отложениями нижней

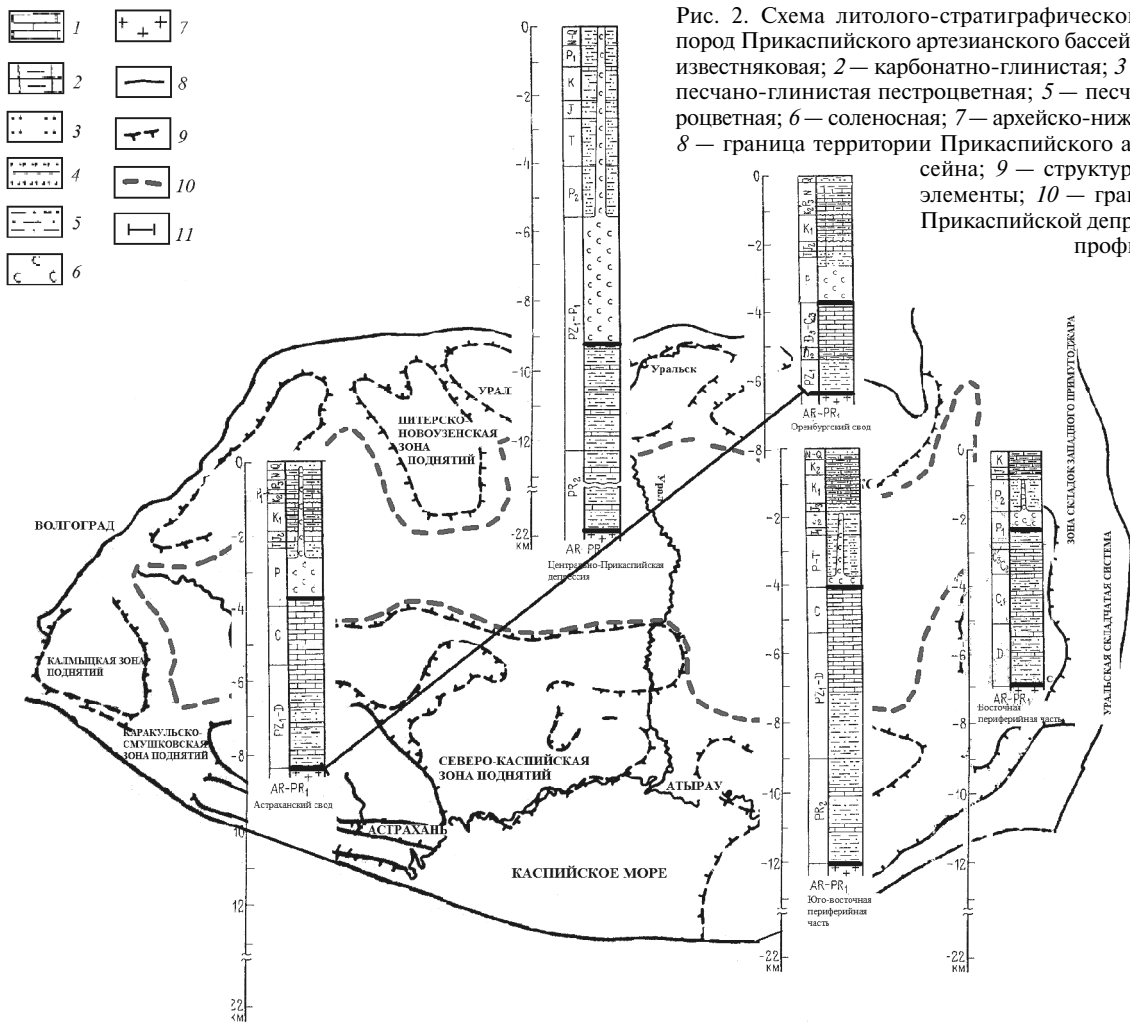


Рис. 2. Схема литолого-стратиграфической систематизации пород Прикаспийского артезианского бассейна: формации: 1 — известняковая; 2 — карбонатно-глинистая; 3 — молассовая; 4 — песчано-глинистая пестроцветная; 5 — песчано-глинистая сероцветная; 6 — соленосная; 7 — архейско-нижнепротерозойская; 8 — граница территории Прикаспийского артезианского бассейна; 9 — структурно-тектонические элементы; 10 — граница Центрально-Прикаспийской депрессии; 11 — линия профиля

перми, а в северо-западной, западной и южной частях — бакинскими и апшерон-акчагыльскими глинами.

В пределах верхней гидрогеодинамической зоны подземные воды имеют свободный уровень, образуют область транзита, залегают преимущественно на глубине 5–10 м.

Пьезометрическая поверхность верхней гидрогеодинамической зоны в соответствии с рельефом и абсолютными отметками установившегося уровня подземных вод снижается в направлении движения потока подземных вод от периферии (с севера, северо-востока, северо-запада и запада) бассейна к его центральной части и далее к акватории Каспийского моря (рис. 4).

Нижняя граница устанавливалась по следующим критериям: 1) положение регионального водоупора, подстилающего верхнюю водоносную толщу в разрезе артезианского бассейна; 2) отсутствие гидравлической связи верхней водоносной толщи с первым от уровня подземных вод водоупором; 3) резкая изменчивость литологического состава пород и их геофильтрационных свойств на границе между верхней водоносной толщей и ее подошвенным региональным водоупором.

На территории Прикаспийского артезианского бассейна региональные водоупоры, подстилающие

верхнюю водоносную песчано-глинистую толщу пород, представлены соленосными кунгурскими нижнепермскими отложениями и апшерон-акчагыльскими глинами.

В северной, северо-восточной, восточной и центральной частях рассматриваемого артезианского бассейна надсолевые отложения характеризуются гидравлической связью. Породы водоносной толщи (терригенные, регионального водоупора, галогенные) характеризуются более низкими значениями коэффициента фильтрации по сравнению с терригенными водоносными породами. На этом основании нижняя граница верхней гидрогеодинамической зоны проводится по кровле кунгурских отложений.

В северо-западной, западной и юго-западной частях артезианского бассейна водоносные песчано-глинистые отложения верхней части разреза подстилаются бакинскими и апшерон-акчагыльскими глинами. Глины плотные, со значительно меньшими значениями коэффициента фильтрации по сравнению с четвертичными терригенными отложениями; залегающие над глинами хвалыно-хазарские водоносные отложения гидравлически связаны. В результате нижняя граница верхней гидрогеодинамической зоны проводится по кровле апшерон-акчагыльских глин.

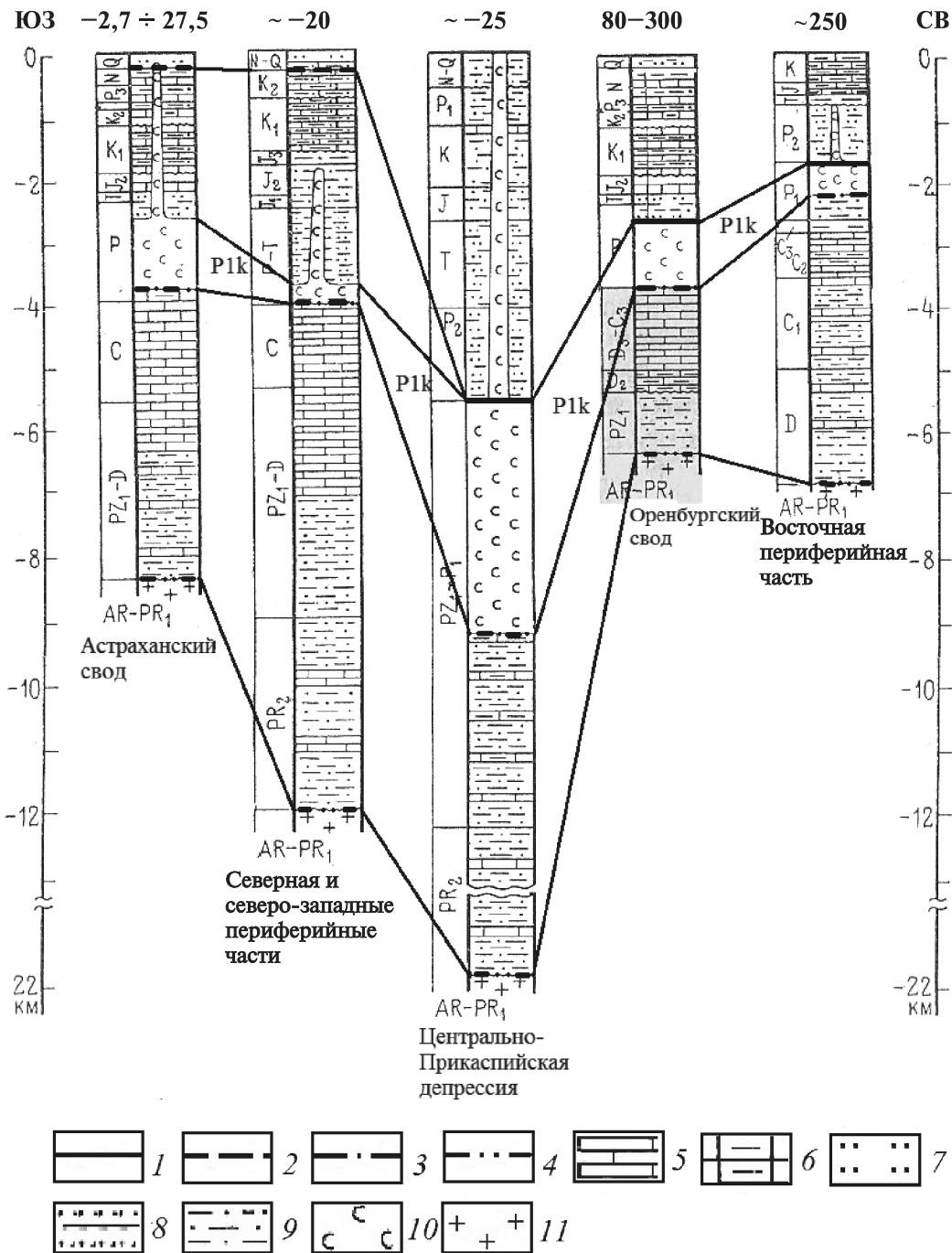


Рис. 3. Геологический стратификационный профиль Прикаспийского артезианского бассейна (составлен Е.И. Барановской): 1 — подошва первой от поверхности толщи водоносных отложений, подстилаемых региональным водоупором соленосных отложений; 2 — подошва первой от поверхности толщи водоносных отложений, подстилаемых региональным водоупором глинистых отложений; 3 — подошва толщи соленосных водоупорных отложений, P<sub>1</sub>k; 4 — подошва толщи подсолевых чередующихся водоносных и водоупорных отложений; формации: 5 — известняковая; 6 — карбонатно-глинистая; 7 — молассовая; 8 — песчано-глинистая пестроцветная; 9 — песчано-глинистая сероцветная; 10 — соленосная; 11 — архейско-нижнепротерозойская

В северо-восточной и восточной периферийной частях Прикаспийского артезианского бассейна верхняя гидрогеодинамическая зона представлена апшерон-акчагыльскими песчано-глинистыми разностями; в юго-западной и южной частях — четвертичными, в основном хвалыно-хазарскими и частично бакинскими песчано-глинистыми отложениями морского генезиса. В центральной части бассейна обширные площади сложены преимущественно песчано-глинистыми

неогеновыми отложениями. Вышеуказанная неоднозначность стратиграфического положения верхней гидрогеодинамической зоны в пределах Прикаспийского артезианского бассейна стала результатом наложения на общий региональный фон особенностей геолого-гидрогеологических условий вследствие тектонической неоднозначности, проявляющейся в разных частях бассейна.

Установленная нами нижняя граница верхней гидрогеодинамической зоны от периферийных

частей Прикаспийского артезианского бассейна погружается к центральной, южной и юго-западной частям бассейна. В этих же направлениях увеличивается мощность зоны. При этом положительные геологические структуры сменяются отрицательными.

Породы региональных водоупоров, подстилающих верхнюю гидрогеодинамическую зону, как соленосные, так и глинистые, характеризуются существенно низкими фильтрационными свойствами и практически полным отсутствием зон тектонической нарушенности, что определяет высокую изолированность верхней гидрогеодинамической зоны от перетоков вод из нижних частей.

Со структурных позиций верхнюю гидрогеодинамическую зону мы вслед за О.К. Ланге, Н.И. Толстихиным рассматриваем как гидрогеологическую систему, сформированную под влиянием таких главных факторов, как климатические и геологические. Их проявление на территории Прикаспийской впадины определяется особенностями общегидрогеологического и гидрогеохимического строения верхней гидрогеодинамической зоны Прикаспийского артезианского бассейна.

Подземные воды верхней гидрогеодинамической зоны в структурном отношении представляют целостную гидрогеологическую систему, имеющую характер грунтового водоносного комплекса (в ус-

ловиях линзообразных и пропластковых слабопроницаемых пород). Это подтверждается: 1) однородностью среды, перекрывающей сверху (атмосфера) и подстилающей снизу (породы); 2) отсутствием в ее пределах регионально выдержанных водоупоров; 3) схожими фильтрационными свойствами слагающих ее пород — преимущественно терригенными с повышенными и высокими фильтрационными показателями; 4) температурными условиями и равнинным рельефом; 5) геологическим строением, характеризующимся частой сменой сводовых участков положительных структур отрицательными. Структурная однотипность верхней гидрогеодинамической зоны Прикаспийского артезианского бассейна выражается, кроме того, однонаправленностью изменений верхней и нижней границ зоны на юге и юго-западе и глубины залегания подземных вод (близкий единый установившийся уровень подземных вод).

По форме верхняя гидрогеодинамическая зона отвечает условиям питания подземных вод, соответствующим направлению погружения водоносных пород к центральной части Центрально-Прикаспийской депрессии, и представляет собой структуру в виде блюдца с плоским дном и приподнятыми краевыми частями. Это не согласуется с представлениями некоторых исследователей о формах гидрогеологической структуризации

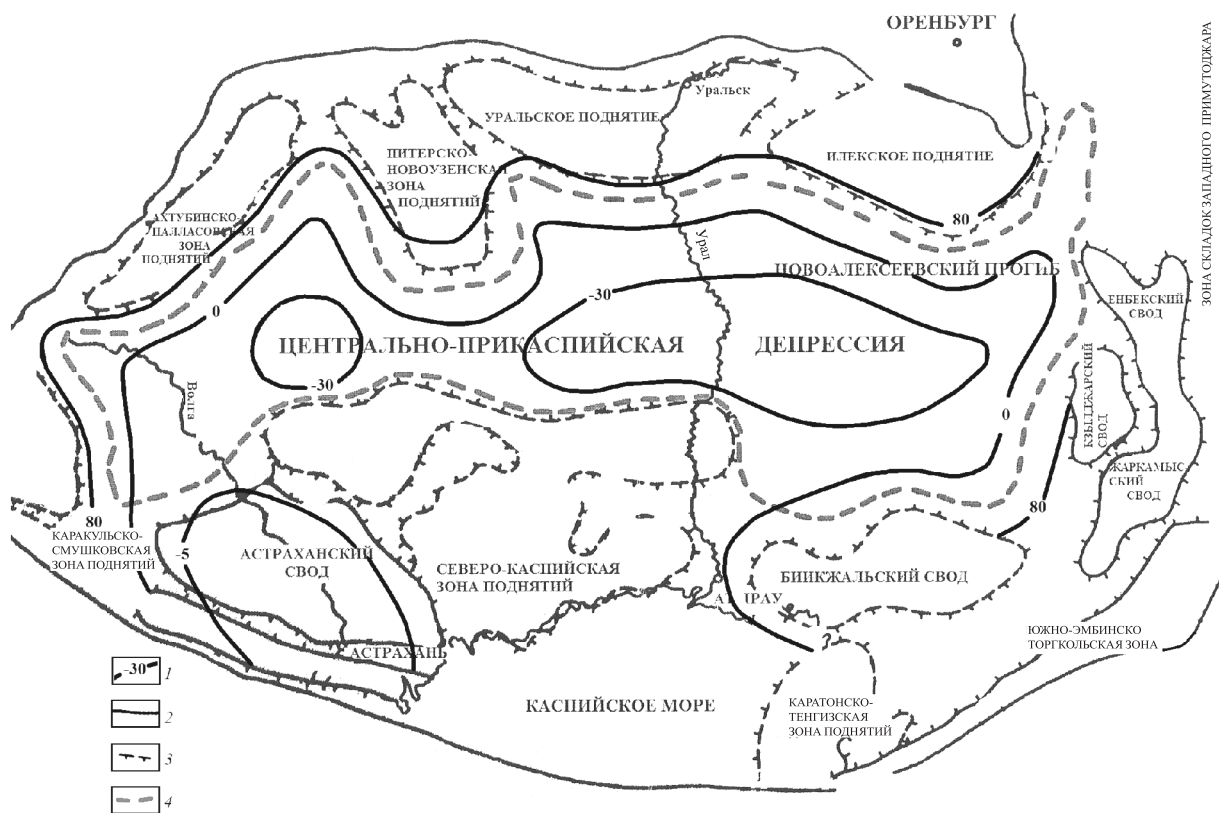


Рис. 4. Схема изогипс кровли верхней гидрогеодинамической зоны Прикаспийского артезианского бассейна (составлена Е.И. Барановской): 1 — изогипсы кровли верхней гидрогеодинамической зоны, абс. м; 2 — граница Прикаспийского артезианского бассейна; 3 — структурно-тектонические элементы; 4 — границы Центрально-Прикаспийской депрессии

бассейнов платформенного типа [Всеволожский, 2007]. Отличительная особенность Прикаспийского артезианского бассейна выражается в большем погружении Центрально-Прикаспийской депрессии бассейна по сравнению с погруженной срединной частью впадины.

Питание подземных вод верхней гидрогеодинамической зоны определяется, во-первых, подземными транзитными водами, поступающими на территорию Прикаспийского артезианского бассейна с его западной, восточной и северной периферий; во-вторых, количеством атмосферных осадков, неоднородно распределенных по площади, их низкой инфильтрацией на участках, сложенных породами повышенной и пониженной проницаемости, а также разной глубиной их залегания, что обуславливает испарение вод (в связи с небольшим количеством атмосферных осадков в целом в пределах Прикаспийского артезианского бассейна этот вид питания развит слабо); в-третьих, многоводностью речных вод в периоды паводков, причем относительно низкие фильтрационные свойства пород способствуют формированию приречных пресных и слабоминерализованных вод.

Транзит подземных вод ограничен глубиной вреза речных долин, на больших глубинах он существенно замедлен и имеет значение лишь в геологическом времени.

Разгрузка ощутимых потоков подземных вод осуществляется посредством сезонного дренирования реками. Одновременно воды в районах с глубиной залегания <3–5 м в условиях повышенной температуры испаряются.

Интенсивность питания, движения, разгрузки подземных вод верхней гидрогеодинамической зоны под влиянием погружения территории Прикаспийского артезианского бассейна на юг, где более низкий уровень залегания, меньшее количество атмосферных осадков и увеличивается испарение, ослабевают, что приводит к увеличению минерализации вод. Судя по отметкам изогипс кровли верхней гидрогеодинамической зоны, в северной части они снижаются от  $\geq 100$ –300 м до –30 м и менее в Центрально-Прикаспийской депрессии. Указанные изменения при переходе от периферии верхней гидрогеодинамической зоны к центру и далее на юг довольно существенны и характеризуются субширотной зональностью.

Генетическая зональность — результат формирования гидрогеохимических условий в пределах каждой отдельно взятой субширотной зоны верхней гидрогеодинамической зоны (вид зональности — механическое отражение суммарного

результата формирования гидрогеохимических условий всех субширотных зон).

**Выводы.** 1. В пределах Прикаспийского артезианского бассейна на основе обобщения и систематизации геологических и общегидрогеологических материалов впервые установлены положение и основные гидрогеологические условия верхней гидрогеодинамической зоны.

2. Определены границы зоны: верхняя — по данным уровня залегания первых от земной поверхности подземных вод; нижняя — по критериям, главные из которых — условия распределения в верхах разреза гидравлически связанных водоносных пород до первого от поверхности земли регионально распространенного водоупора.

3. Составлена стратификационная схема полного разреза территории Прикаспийского артезианского бассейна применительно к геологостратиграфическим колонкам основных геологических структур и выполнен их генетический сравнительный анализ, результаты которого легли в основу выделения нижней границы верхней гидрогеодинамической зоны.

4. Составленный по данным стратификационной схемы профильный разрез свидетельствует о регионально неоднородных зональных субширотных закономерностях трансформации в южном направлении верхней гидрогеодинамической зоны и ее климато-ландшафтных и геолого-гидрогеологических условий, усиливающих негативные позиции формирования вод хозяйственно-питьевого значения.

5. Установлена ведущая роль геологических факторов в формировании гидрогеологических условий, определяющих существенную значимость верхней гидрогеодинамической зоны в качестве сосредоточения пресных и слабоминерализованных (до 3,0 г/л) подземных вод. Эти воды приурочены к сводовым структурам, распространенным в периферийных частях Прикаспийского артезианского бассейна (Оренбургский свод и др.). Для этих структур характерно относительно благоприятное питание подземных вод атмосферными осадками, поступающими транзитом, и водами с Восточно-Европейской платформы, а также не слишком интенсивное испарение, умеренные величины напорных градиентов и скорости фильтрации. Эти воды прослеживаются от северных границ Прикаспийского артезианского бассейна на юг от отметок 300 м и более до отрицательных отметок уровня подземных вод. Южнее пресные и слабоминерализованные подземные воды локально распространены в приречных условиях и на участках, сложенных песчаными отложениями.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бочкарева В.А., Сыдыков Ж.С., Джангирьянц Д.А.* Подземные воды Прикаспийской впадины и ее восточных обрамлений. Алма-Ата: Наука, 1973.
- Всеволожский В.А.* Основы гидрогеологии: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007.
- Габриэлянц Г.А.* Региональная геология нефтегазоносных территорий СССР. М.: Недра, 1991.
- Геология СССР. Т. XI. Поволжье и Прикамье. Геологическое описание. Ч. 1. М.: Недра, 1967.
- Геология СССР. Т. XIII. Башкирская и Оренбургская область. Ч. 1. М.: Недра, 1964.
- Геология СССР. Т. XLVI. Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР. Геологическое описание. М.: Недра, 1970.
- Гидрогеология СССР. Сводный том. Вып. 1. М.: Недра, 1976.
- Гидрогеология СССР. Т. XIII. Поволжье и Прикамье. Ч. 1. М.: Недра, 1970.
- Гидрогеология СССР. Оренбургская область. Т. XLIII. М.: Недра, 1972.
- Голованова О.В.* Моделирование геофильтрации и геомиграции в целях прогноза подтопления и загрязнения природных вод на территории Астраханского газоконденсатного месторождения. М.: ИРЦ Газпром, 1994.
- Зверев В.П., Костикова И.А.* Седиментационные воды Каспийского осадочного бассейна (массы и массопотоки). М.: Научный мир, 2008.
- Ильченко В.П.* Нефтегазовая гидрогеология подсольных отложений Прикаспийской впадины. М.: Недра, 1998.
- Никаноров А.М.* Гидрохимия. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Гидрометеиздат, 2001.
- Питьева К.Е.* Подземные воды палеозоя Северного Прикаспия. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971.
- Самарина В.С.* Формирование химического состава подземных вод (на примере Прикаспийской низменности). Л.: Изд-во ЛГУ, 1963.
- Севастьянов О.М.* Состояние и перспективы питьевого и хозяйственного водоснабжения подземными водами в районе Оренбургского газохимического комплекса // Современная гидрогеология нефти и газа. Фундаментальные и прикладные вопросы: Мат-лы Всерос. науч. конф. М., 2010. С. 497–502.
- Серебряков А.О.* Гидрогеологические особенности строения водоносных бассейнов солянокупольных регионов // Современная гидрогеология нефти и газа. Фундаментальные и прикладные вопросы: Мат-лы Всерос. науч. конф. М., 2010. С. 85–88.
- Шварцев С.Л.* Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд., исправл. и доп. М.: Недра, 1998.

Поступила в редакцию  
25.03.2015