

## **ГИДРОГЕОЛОГИЯ**

---

---

### **РОЛЬ СОЛЯНОЙ ТЕКТониКИ И НЕОТЕКТониКИ В ФОРМИРОВАНИИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ БАСКУНЧАКСКОГО СОЛЯНОГО МАССИВА**

*Ушивцева Любовь Франковна*

кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Астраханский государственный университет  
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1  
E-mail: ushivceval@mail.ru

*Быстрова Инна Владимировна*

кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Астраханский государственный университет  
414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1  
E-mail geologi2007@yandex.ru

*Соловьева Алевтина Васильевна*

заместитель генерального директора по производству, главный инженер

Астраханский трест инженерно-геологических изысканий  
414045, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Ширяева, 14  
E-mail: trestatizis@mail.ru

Геолого-тектонические и гидрогеологические условия района Баскунчакского соляного массива являются весьма сложными и определяются сочетанием естественных и искусственных факторов. Особенности геологического и тектонического строения территории обусловили формирование четырех гидрогеологических этажей: покровного (неоген-четвертичного), надсолевого (верхнепермско-палеогенового), соленосного (кунгурского) и подсолевого (каменноугольно-девонского). Прорыв соляных интрузий нарушил гидрогеологические условия района, способствовал возникновению разрывных нарушений над сводами куполов, в связи с чем между отдельными водоносными комплексами (горизонтами) имеется гидравлическая связь, обусловил существование очагов разгрузки, по которым происходит миграция подземных вод. В районе оз. Баскунчак выделяются солянокупольные структуры: Баскунчакский, Южно-Баскунчакский, Кубатаусский, Болхунский соляные купола, Баскунчакская внутренняя впадина (дизъюнктивная мульда), которые, соединяясь соляными перешейками на глубине 1200–1500 м, образуют Баскунчакский соляной массив, расчлененный разломами на ряд крупных блоков. Наличие флюидопоров соленосной толщи кунгура и региояруса акчагыльских глин мощностью до 400 м обусловило присутствие четырех структурных и гидрогеологических этажей. Гидрогеологические особенности каждого структурного этажа различаются химизмом вод, гидродинамическим и температурным режимом, условиями формирования. Эти особенности обусловлены неотектонической активностью территории, выражающейся продолжающимся ростом соляных структур и прогибанием котловины оз. Баскунчак; карстовыми процессами, благодаря которым происходит размыв подземными водами не только гипсовых отложений, но и кровли соляных куполов. Имеющаяся овражно-балочная сеть в сочетании с положительными формами

рельефа создают благоприятные условия для аккумуляции поверхностных вод и их поступление в массив горных пород. Все вышеперечисленные факторы способствовали формированию подземных вод различной минерализации и химического состава.

**Ключевые слова:** гипсово-соляной массив, озеро Баскунчак, тектоника, неотектонические движения, соляные купола, межсолевые мульды, карстовые процессы, котловина, ядро, очаги разгрузки

### **ROLE OF SALT TECTONICS AND NEOTECTONICS IN FORMATION OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE BASKUNCHAK SALT MASSIF**

*Ushivtseva Lyubov F.*

C.Sc. in Geology and Mineralogy

Associate Professor

Astrakhan State University

1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation

E-mail: ushivceval@mail.ru

*Bystrova Inna V.*

C.Sc. in Geology and Mineralogy

Associate Professor

Astrakhan State University

1 Shaumyan sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation

E-mail geologi2007@yandex.ru

*Soloveva Alevtina V.*

Deputy General Director

Chief Engineer

JSC "Astrakhan Trust Construction Engineering"

14 Shiryaev st., Astrakhan, 414045, Russian Federation

E-mail: geologi2007@yandex.ru

Geological-tectonic and hydrogeological conditions of the area Baskunchak salt massif are very complex and are determined by a combination of natural and artificial factors. The geological and tectonic structure of territory led to the formation of four hydro floors: the cover (Neogene-Quaternary), post-salt (Upper-Paleogene), salt-bearing (Kungurian) and subsalt (Carboniferous-Devonian). Breakthrough salt intrusions violated hydrogeological conditions of the area, contributed to the faults of the vaults domes, in this connection, between the individual water-bearing complexes (horizons) has a hydraulic connection, caused an outbreak of discharge for which the migration of groundwater. In the area of the lake. Baskunchak allocated saline-dome structures: Baskunchak, South Baskunchak, Kubatau, Bolhunн salt domes, Baskunchak inner cavity (disjunctive trough) which is connected with salt land bridges at a depth of 1200–1500 m Baskunchaksky form hydrochloric array dissected by faults on a number of large blocks. The presence of confining beds of salt strata Kungurian and regional stage Akchagyl clays up to 400 m resulted in the presence of four structural and hydrogeological floors. Hydrogeological characteristics of each structural stage different chemistry of water, hydrodynamic and temperature conditions, the conditions of formation. These features are due to: neotectonic activity area, expressed the continuing growth of the salt structures and subsidence of the basin oz.Baskunchak; karst processes by which erosion occurs groundwater not only

gypsum deposits, but the roof of salt domes. Available gullies and ravines network in combination with positive landforms create favorable conditions for the accumulation of surface waters and their entry into the rock massif. All vyscheperechislennye factors contributed to the formation of different groundwater salinity and chemical composition.

**Keywords:** gypsum-salt array, lake Baskunchak salt core aquifer brines, tectonics, tectonic movements, salt domes, intersalt basin, karst processes, depression, growth domes, salt-gypsum core pockets of unloading

Геолого-тектонические и гидрогеологические условия района Баскунчакского соляного массива являются весьма сложными и определяются сочетанием естественных и искусственных факторов. К естественным факторам относятся тектоническое строение района; наличие мощной толщи каменной соли в разрезе; тектонические движения, обусловившие вывод соляного ядра Баскунчакско-Азгирского поднятия в зону активного водообмена; неотектонические движения, способствующие росту соляных куполов; наличие обширных по площади гипсовых полей с разнообразием карстовых форм; существование котловины оз. Баскунчак с абсолютной отметкой  $-20,72$  м и г. Большое Богдо с отметкой  $+150$  м. Среди искусственных факторов можно отметить разработку гипсового карьера и добычу соли на оз. Баскунчак, функционирование водозаборов и др.

Тектоническими элементами района являются Баскунчакский, Южно-Баскунчакский, Кубатауский, Болхунский соляные купола, Баскунчакская внутренняя впадина (дизъюнктивная мульда).

Все указанные купола, сочленяясь на глубине  $1200-1500$  м соляными перешейками, образуют Баскунчакский соляной массив, расчлененный разломами на ряд крупных блоков. Кольцевой разлом отделяет Баскунчакскую котловину (межкупольную мульду) оз. Баскунчак от окружающих ее сводов соляных куполов, перекрытых разновозрастными надсолевыми отложениями. Характерной особенностью всех куполов района является значительное сокращение мощности надсолевых отложений в сводах куполов по сравнению с межкупольными соседними мульдами. Свод Южно-Баскунчакского соляного купола, единственный из всех куполов Баскунчакского массива, не затронут эрозионными процессами, поскольку залегает на глубине  $110-300$  м под толщей мезозойских пород [9, 13].

Баскунчакская внутренняя впадина расположена в центральной части Баскунчакского соляного массива и включает в себя котловину оз. Баскунчак, сформировавшуюся в триасе и продолжающую свой рост в настоящее время. Прогибание происходило по кольцевому разлому. Амплитуда прогибания составила относительно выступов Баскунчакского соляного массива от  $1$  до  $2-3$  тыс. м, максимум прогибания  $160$  м приходится на среднечетвертичное время, что компенсировалось накоплением мощной толщи солей [1, 9, 10]. Озеро Баскунчак с отметкой зеркала  $-20,72$  м дренирует окружающие его водоносные горизонты с более высокими гипсометрическими отметками. По многочисленным балкам, карстовым воронкам происходят сложнейшие процессы разгрузки и насыщения минерализованными водами котловины озера. По сути озеро является гидрохимической аномалией относительно водоносных четвертичных горизонтов, минерализация рапы колеблется в пределах  $200-400$  мг/дм<sup>3</sup>. Генезис бассейна неотделим от истории геологического развития солеродного бассейна. Карстовые процессы в районе оз. Баскунчак носят избирательный очаговый характер и зависят от совокупности природных

факторов: от положения базиса эрозии, динамики движения грунтовых вод, химического состава вод и климатических условий. В районе оз. Баскунчак карстовые процессы достигли своей критической фазы, в связи с чем отмечается размыв подземными водами не только гипсовых отложений, но и кровли соляных куполов Баскунчакского массива.

Непрекращающийся рост соляных куполов оказывает огромное влияние на геологическую среду и проявляется на всех ее уровнях, включая приповерхностный слой, надсолевой и солевой комплекс отложений. Наибольшая тектоническая активность проявляется на Баскунчакском гипсово-соляном массиве, имеющем сложное строение: несколько блоков (куполов), обладающих общим ядром, разделенных глубинными разломами [5]. Эти блоки четко выражены на поверхности в виде полей древних кунгурских и триасовых пород, окружающих озеро Баскунчак. Неотектоническая активность территории выражается в дислокации плиоценовых и плейстоценовых пород, резком увеличении или сокращении их мощности вплоть до выпадания из разреза отдельных горизонтов [3, 4, 6, 10], фациальные изменения пород на коротких расстояниях. Соляные купола, прорвавшие надсолевой комплекс отложений, нарушили гидрогеологические условия водоносных комплексов, обусловили существование очагов разгрузки, по которым происходит миграция подземных вод. Ежегодно грунты и воды Прикаспия получают от соляных куполов 3,5 млн т солей.

Характерной особенностью строения района исследований является проявление сложных форм соляной тектоники: соляных массивов, соляных куполов, межкупольных мульд; наличие коротких брахиантиклинальных складок с гипсово-соляным ядром, осложненным вторичными сбросовыми нарушениями. Большинство поднятий вблизи поверхности денудировано и перекрыто чехлом рыхлых отложений мощностью от 10 до 40 м [5, 11].

Кунгурские отложения, слагающие крупные соляные купола, под влиянием тектонических движений прорвали надсолевую толщу отложений и вышли на дневную поверхность в виде гипсовых полей в районе оз. Баскунчак. Процессы инфильтрации на приподнятых участках способствовали формированию пресных вод. В гипергенной зоне ангидриты замещены гипсами, залегание которых нарушено карстовыми процессами. Сульфатная пачка, представленная прослоями глин, песков, щебня и дресвы ангидритов и гипсов, как и весь комплекс кунгурских отложений, подверглась активному размыву в четвертичное время. Вследствие этого в гипергенной зоне гипсов и ангидритов заключены толщи переотложенных надсолевых песчано-глинистых грубообломочных пород мощностью до 50 м, заполняющих пустоты и трещины вторичного происхождения. Карстовые процессы в гипергенной зоне отражены в рельефе многочисленными воронками, провалами, пещерами, балками, оврагами, приуроченными к линейным тектоническим нарушениям, трассирующих направление, что четко проявляется на аэрофотоснимках.

Поверхность кунгурских отложений неровная, глубина залегания колеблется от 10 м над уровнем моря до 150 м и более. Различное гипсометрическое положение поверхности соли, разновозрастный литологический состав надсолевых отложений свидетельствуют об индивидуальном и скачкообразном развитии каждого из куполов массива – Баскунчакского и Южно-Баскунчакского.

Баскунчакский соляной купол входит в состав Баскунчакско-Азгирского солянокупольного поднятия с размерами 120x30 км, вытянутого с северо-

запада на юго-восток с извилистыми очертаниями в плане. Поднятие представляет собой участок сплошного залегания соленосных отложений кунгура, а его структурный план обусловлен интенсивной соляной тектоникой. Амплитуда неотектонических движений в пределах Баскунчакского купола составляет свыше 900 м [13]. В пределах Баскунчакского соляного купола сульфатная толща кепрока выведена на дневную поверхность и активно разрушается грунтовыми водами и атмосферными осадками. Карстовые отложения представлены скоплениями неотсортированного обломочного материала выветрелых останцовых пород-гипсов, известняков, доломитов и песчаников, сцементированных песчано-гравийным материалом, залегающего вокруг массивных гипсовых монолитов, или заполняя карстовые формы. Рост купола происходил в среднемиоценовое-среднеплиоценовое время, а с позднего плиоцена по хвалынское время он испытывал опускание. По результатам проведенных повторных нивелировок в районе Баскунчакского соляного купола А.К. Певнев и другие исследователи [8, 12, 13] установили, что гора Большое Богдо поднимается со средней скоростью до 4 мм/год, в то время как прибрежная часть оз. Баскунчак опустилась за 7 лет на 10 мм.

Южно-Баскунчакский соляной купол отличается от других куполов мощной толщей красноцветов триаса (до 300 м), слагающих г. Богдо. В межкупольных мульдах мощность триаса возрастает до 2855 м. Соленосная пачка, подстилающая триасовые породы и залегающая на соляном ядре, не выведена в зону гипергенеза и представлена монолитными ангидритами.

Неотектонические движения служат причиной продолжающегося процесса формирования озерной котловины, который еще не завершен и продолжается в настоящее время. Этому способствует непрерывное прогибание данной котловины, бессточность, активное питание подземными и поверхностными водами, несущими хлористый натрий в достаточном количестве. Обилие бессточных котловин уменьшает поверхностный сток и способствует его поступлению в недра. А овражно-балочная сеть в сочетании с положительными формами рельефа создает благоприятные условия для аккумуляции поверхностных вод и их поступления в массив горных пород [9, 10].

Жаркий и сухой климат региона обеспечивает испарение над осадками, что является главным условием отложения солей из озерных рассолов. Непрерывно выделяющийся хлорид натрия в твердую фазу определяет уникальную способность Баскунчакского месторождения поваренной соли восполнять свои запасы по мере выработки, что в конечном итоге позволяет считать природные ресурсы поваренной соли неисчерпаемыми.

Территория Баскунчакского водосборного бассейна характеризуется в целом рельефом морской аккумулятивной равнины с ярко выраженными лиманообразными понижениями и эрозионными ложбинами, увалисто волнистой осложненной денудационными и карстовыми процессами. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 22,0–25,0 м в юго-западной части до 15–17 м в северо-восточной. На территории гипсового карьера соль залегает на абсолютных отметках –28,5...–80,0 м на глубинах от 15,5 до 95 м. Поверхность осложнена многочисленными формами карстового рельефа: понорами, карстовыми провалами и воронками глубиной от 10–16 м до 2–12 м.

Район Баскунчакского гипсово-соляного массива относится к зоне полупустынь со среднегодовым количеством осадков 237 мм, большая часть

из которых выпадает в теплое время. Испаряемость с поверхности составляет 1417 мм, амплитуда колебаний абсолютных максимумов и минимумов температур достигает  $81^{\circ}$ . Сильные ветры и открытые формы рельефа способствуют развитию пыльных бурь. Климатические условия участка неблагоприятны для накопления водных ресурсов. Однако, несмотря на это, в исследуемом районе открыты Баскунчакское и Новобаскунчакское месторождения пресных вод (минерализация  $0,36 \text{ г/дм}^3$ ), месторождения минеральных вод Кочевое, Минерал и Подземный дар (минерализация  $2,2\text{--}2,9 \text{ г/дм}^3$ ) в покровном комплексе отложений, приуроченные, как правило, к сводам и склонам активных соляных куполов [7].

Анализ палеогеографической ситуации показал, что благоприятные условия для образования залежей пресных вод в северо-западной части Астраханской области создались к концу плейстоцена: в то время существовал континентальный режим, аллювиальные свиты хазарского возраста были представлены хорошо проницаемыми породами, преобладал слабоминерализованный фон подземных вод, имелась глубокая дренажная система – Волго-Ахтубинская пойма [15]. На склонах соляных куполов создавались условия для активного водообмена, атмосферные осадки, свободно инфильтруясь, проникали в толщу пород, вытесняя солоноватые воды. Перепад абсолютных отметок уровней подземных вод от области питания к области разгрузки составлял 25–30 м. Там, где таких условий не существует, крупные залежи пресных вод не формируются. Наиболее крупное Баскунчакское поле пресных вод расположено западнее оз. Баскунчак и находится в окружении Южно-Баскунчакского, Баскунчакского, Шунгулинского и Капустиноярского солянокупольных поднятий.

В геологическом строении массива принимают участие породы пермской, триасовой, меловой, палеогеновой и неоген-четвертичной систем.

Наиболее сложностроенным является четвертичный разрез, где отмечаются частые фациальные замещения слоев в плане и по вертикали, пестрота химического состава вод и литологии, что затрудняет их стратиграфическое расчленение [5, 11].

Надсолевой комплекс отложений разделяется от покровного комплекса мощной толщей акчагыльских глин, являющихся региональным флюидоупором для юго-западной части Прикаспийской впадины.

Четвертичные отложения имеют повсеместное распространение и представлены песчано-глинистыми осадками морского и континентального происхождения. Мощность их колеблется от 0 м на выходах древних пород до 324 м в котловине оз. Баскунчак [3, 4].

Неогеновые отложения представлены нерасчлененными осадками среднего миоцена и среднего плиоцена и морскими осадками верхнего плиоцена. Отсутствуют только на сводах наиболее активных соляных куполов. На склонах куполов залегают над разновозрастными отложениями мезозоя в понижениях межкупольных впадинах на породах палеогена. Суммарная площадь неогеновых отложений составляет  $656 \text{ км}^2$ . Акчагыльская толща имеет региональное развитие и в межкупольных впадинах представлена аллювиальными песчано-глинистыми образованиями, в которых преобладают опесчаненные известковистые глины с гнездовидными включениями кварцевых мелких песков. Мощность аллювия не превышает 9 м. На сводах и крыльях куполов развиты делювиальные отложения – конгломератовидные известковистые породы, сцементированные алевро-песчано-глинистым материалом. Морские осадки верхнего плиоцена

представлены акчагыльским и апшеронским ярусами, акчагыльские – толщей глин с редкими прослоями песков. В основании залегает базальный конгломерат толщиной 2,0 м и перекрывающая его маркирующая пачка сланцевых глин мощностью 3–8 м. Общая мощность акчагыла – до 300 м [3, 14].

Апшеронский ярус имеет меньшую площадь распространения и представлен толщей глин, песков и алевритов, переслаивающихся между собой. В низах преобладают глины, в верхах – пески, мощность яруса около 223 м.

Палеогеновые терригенные отложения имеют ограниченное развитие и сохранились от размыва только в южной части Южно-Баскунчакского купола и в пределах гипсового месторождения [1].

Меловая система сложена морскими осадками верхнего и нижнего мела. Нижнемеловые песчано-глинистые отложения мощностью до 80 м распространены в виде отдельных полей на сводах и склонах соляных куполов, залегая трансгрессивно на породах триаса и перми. Верхнемеловые песчано-глинистые отложения имеют ограниченное развитие в районе оз. Баскунчак и представлены мелоподобными известняками.

Триасовая система мощностью не более 170 м представлена нижним отделом, литологически это толща переслаивающихся песков, конгломератовидных красноцветных песчаников и глин. Мощности слоев изменяются от 2 до 32 м.

Пермская система представлена кунгурским ярусом, литологически сложенным гипсами, ангидритами с прослоями и пачками каменной соли, содержащей линзовидные прослои калийных солей, ангидритов и доломитов; мергелистыми глинами с прослоями известняков. Кунгурские отложения перекрыты песчано-глинистыми образованиями морского и континентального генезиса. Кунгурские отложения имеют тектонический контакт с осадками котловины оз. Баскунчак.

Особенности геологического и тектонического строения территории обусловили формирование следующих гидрогеологических этажей: покровного (неоген-четвертичного), надсолевого (верхнепермско-палеогенового), соленосного (кунгурского) и подсолевого (каменноугольно-девонского, который в пределах указанного массива пока не вскрыт). Прорыв соляных интрузий нарушил геологические и гидрогеологические условия района, способствовал возникновению разрывных нарушений над сводами куполов, появлению дополнительных путей для миграции вод, гидравлической связи между отдельными водоносными комплексами (горизонтами), обусловил высокую минерализацию подземных вод, начиная уже с самых верхних водоносных горизонтов, и разнообразие их химического состава.

Гидрогеологические особенности каждого структурного этажа различаются химизмом и типом вод, гидродинамическим и температурным режимом, условиями формирования. На большей части территории вскрыты современные и хвалынские отложения, залегающие выше уровня грунтовых вод и образующие зону аэрации. В данной зоне формируются воды различных типов и минерализации.

**Список литературы**

1. Богатова Н. М. Поисковые работы и детальная разведка минеральных подземных вод на участке «Минерал» Ахтубинского района Астраханской области / Н. М. Богатова. – Астрахань : ГУПР, 1996. – 32 с.
2. Кузнецова С. В. Эколого-геологические исследования солянокупольных бассейнов / С. В. Кузнецова, Ю. П. Николаев. – Астрахань : ООО «ЦНТЭП», 2001. – 229 с.
3. Москвитин А. И. Плейстоцен Нижнего Поволжья / А. И. Москвитин // Труды Геологического института Академии наук СССР. – 1962. – Вып. 64. – 269 с.
4. Москвитин А. И. Четвертичные отложения и история формирования долины р. Волга в ее среднем течении / А. И. Москвитин // Труды Геологического института Академии наук СССР. – 1958. – Вып. 12. – 221 с.
5. Николаев Ю. П. Инженерная геология и полезные ископаемые Прикаспия / Ю. П. Николаев, В. Н. Сияков, А. О. Серебряков, О. И. Серебряков. – Астрахань : ООО «ЦНТЭП», 2007. – 490 с.
6. Николаев В. А. Новейшая тектоника западной части Прикаспийской низменности / В. А. Николаев // ДАН. – 1957. – Т. 113, № 4.
7. Панов А. Н. Отчет о комплексной геолого-гидрогеологической съемке М 1:50000 района оз. Баскунчак / А. Н. Панов, Л. Ф. Кривко // Фонды Приволжской ГЭ. – Астрахань, 1974.
8. Певнев А. К. Современные движения земной поверхности в районе баскунчакской солянокупольной структуры / А. К. Певнев. – Москва : Недра, 1968. – 100 с.
9. Седайкин В. М. О новейшей истории развития района оз. Баскунчак / В. М. Седайкин, А. П. Панов // Вопросы геологии Южного Урала и Поволжья. Кайнозой. – 1980. – Вып. 21. – С. 14–27.
10. Сияков В. Н. О роли соляной тектоники в формировании инженерно-геологических условий крупных солянокупольных бассейнов / В. Н. Сияков // Инженерная геология. – 1984. – № 2. – С. 61–72.
11. Ушивцева Л. Ф. Гидрогеологические и гидрогеохимические особенности подземных вод четвертичного комплекса отложений Баскунчакского гипсово-соляного массива / Л. Ф. Ушивцева, А. В. Соловьева. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2015.
12. Цыганков А. В. Методика изучения неотектоники и морфоструктура Нижнего Поволжья / А. В. Цыганков // Труды ВолгоградНИПИнефть. – 1971. – Вып. 4.
13. Четвертичные отложения, геоморфология и новейшая тектоника Среднего и Нижнего Поволжья / под ред. Ф. И. Ковальского. – Саратов : Саратовский государственный университет, 1982. – 160 с.
14. Щучкина В. П. История развития рельефа и новейшие тектонические движения юго-западной части Прикаспийской низменности : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук / В. П. Щучкина. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет, 1970.
15. Эвентов Я. С. История формирования и особенности тектоники западной части Прикаспийской впадины в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности / Я. С. Эвентов // Материалы по тектонике Нижнего Поволжья. – М. : Гостоптехиздат, 1962. – С. 62–81.

**References**

1. Bogatova N. M. *Poiskovye raboty i detal'naya razvedka mineralnykh podzemnykh vod na uchastke «Mineral» Akhtubinskogo rayona Astrakhanskoy oblasti* [Search of work and detailed exploration of mineral water at the site of the Underdark "Mineral" of the Achubinsk area of the Astrakhan region], Astrakhan, GUPRR Publ., 1996. 32 p.
2. Kuznetsova S. V., Nikolaev Yu. P. *Ekologo-geologicheskie issledovaniya solyanokupolnykh basseynov* [Ecological and geological studies salt dome basin], Astrakhan, ООО «TsNTEP» Publ., 2001, 229 p.
3. Moskvitin A. I. Pleystotsen Nizhnego Povolzhya [Pleistocene Lower Volga region]. *Trudy Geologicheskogo instituta Akademii nauk SSSR* [Proceedings of the Geological Institute of USSR Academy of Sciences], 1962, vol. 64. 269 p.
4. Moskvitin A.I. Chetvertichnye otlozheniya i istoriya formirovaniya doliny r. Volga v ee srednem techenii [Quaternary sediments and history of the formation of the valley of the Volga river in its middle reaches]. *Trudy Geologicheskogo instituta Akademii nauk SSSR* [Proceedings of the Geological Institute of USSR Academy of Sciences], 1958, vol. 12. 221 p.
5. Nikolaev Yu. P., Sinyakov V. N., Serebryakov A. O., Serebryakov O. I. *Inzhenernaya geologiya i poleznye iskopaemye Prikaspiya* [Engineering geology and mineral resources of the Caspian Region], ООО «TsNTEP» Publ., 2007. 489 p.



6. Nikolaev V. A. *Noveyshaya tektonika zapadnoy chasti Prikaspiyskoy nizmennosti* [New tectonic western part of the Caspian depression]. *DAN*, 1957, vol. 113, no. 4.
7. Panov A. N., Krivko L. F. Otchet o kompleksnoy geologo-gidrogeologicheskoy semke M 1:50000 rayona oz. Baskunchak [Report an integrated geological and hydrogeological survey of 1: oz. Baskunchak area]. *Fondy Privolzhskoy GE* [Funds of the Caspian Region ET], Astrakhan, 1974.
8. Pevnev A. K. *Sovremennye dvizheniya zemnoy poverkhnosti v rayone baskunchakskoy solyanokupolnoy struktury* [Modern movements of the Earth's surface in the area Baskunchak salt dome structure], Moscow, Nedra Publ., 1968.
9. Sedaykin V. M., Panov A. P. O noveyshey istorii razvitiya rayona oz. Baskunchak [About the recent history of the lake. Baskunchak]. *Voprosy geologii Yuzhnogo Urala i Povolzhya. Kaynozoy* [Geology of the South Urals and the Volga region. Cainozoe], 1980, issue 21, pp. 14–27.
10. Sinyakov V. N. O roli solyanoy tektoniki v formirovani inzhenerno-geologicheskikh usloviy krupnykh solyanokupolnykh basseynov [On the role of salt tectonics in the formation of engineering-geological conditions of large salt dome basin]. *Inzhenernaya geologiya* [Engineering Geology], 1984, no. 2, pp. 61–72.
11. Ushiytseva L. F., Soloveva A. V. *Gidrogeologicheskie i gidrogeokhimicheskie osobennosti podzemnykh vod chetvertichnogo kompleksa otlozheniy Baskunchakskogo gipsovo-solyanogo massiva* [Hydrogeological and hydrogeochemical features of underground water complex quaternary sediments Baskunchak gypsum-salt massif], Astrakhan, Astrakhan University Publ. House, 2015.
12. Tsygankov A. V. Metodika izucheniya neotektoniki i morfostruktura Nizhnego Povolzhya [Method of study and neotectonic morphostructure Lower Volga region]. *Trudy VolgogradNIPIneft* [Proceedings of the VolgogradNIPIneft], 1971, issue 4.
13. Kovalskiy F. I. (ed.) *Chetvertichnye otlozheniya, geomorfologiya i noveyshaya tektonika Srednego i Nizhnego Povolzhya* [Quaternary deposits, geomorphology and recent tectonics of Middle and Lower Volga], Saratov, Saratov State University Publ. House, 1982. 160 p.
14. Tschuchkina V. P. *Istoriya razvitiya relefa i noveyshie tektonicheskie dvizheniya yugo-zapadnoy chasti Prikaspiyskoy nizmennosti* [History of the development of the relief and the latest tectonic movements south-western part of the Caspian depression], Rostov-on-Don, Rostov State University Publ. House, 1970.
15. Eventov Ya. S. Istoriya formirovaniya i osobennosti tektoniki zapadnoy chasti Prikaspiyskoy vpadiny v svyazi s otsenkoy perspektiv neftegazonosnosti [The history of the formation and characteristics of tectonics western part of the Caspian Depression in connection with the assessment of oil and gas prospects] *Materialy po tektonike Nizhnego Povolzhya* Proceedings of the Tectonics of the Lower Volga], Moscow, Gostoptekhizdat Publ., 1962, pp. 62–81.