

# ГЕОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ А.А. КАРЦЕВА КАК СЛЕДСТВИЯ ЭВОЛЮЦИИ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ ОТ ЗАРОЖДЕНИЯ ДО РАЗРУШЕНИЯ

В.Е. Глотов, Л.П. Глотова

ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский  
институт им. Н. А. Шило ДВО РАН, Магадан, e-mail: geocol@neisri.ru

**Введение.** Около полувека назад А.А. Карцев ввел в геологическую науку новые научные категории: элизионные и инфильтрационные бассейны в осадочной оболочке Земли, геогидродинамические системы (ГДС) [1–2]. Применение этих категорий оказало положительное влияние на совершенствование моделей формирования залежей углеводородов (УВ) в осадочных бассейнах (ОБ), в том числе и математических, широко используемых при расчетах углеводородных ресурсов.

Так как эмиграция нефти из материнских пород осуществляется главным образом за счет элюирующего воздействия поровых вод и природных газов, количественную оценку интенсивности эмиграции жидких УВ в осадочном чехле производят по методике В.Я. Троцюка [3], исходя из величин удельных объемов поровых и дегидратационных вод, выделившихся в ходе уплотнения осадков и при эпигенетическом преобразовании глинистых минералов. Объем седиментогенной воды и углеводородов рассчитывают в полном соответствии с представлениями А.А. Карцева.

В связи с изложенным **цель статьи** – выявить особенности становления и развития ГДС на северо-западном побережье Тихого океана в ОБ, открытых в океаническую акваторию – Анадырском, Беринговском (Наваринском), Хатырском, Восточно-Камчатском (рис. 1). Во второй половине 20-го в. эти ОБ изучались как перспективные на нефть и газ. Непосредственное участие в данных исследованиях принимали авторы доклада. В процессе нефтегазопроисковых работ на суше бурились скважины глубиной до 3500 м, выполнялись региональные геологические, геофизические и гидрогеологические исследования. На шельфе Берингова моря специалистами США были пробурены скважины глубиной до 5000 м.

Результаты нефтегазопроисковых работ отражены в многочисленных публикациях, в рукописных отчетах Чукотской и Западно-Камчатской нефтегазоразведочных экспедиций (ЧНГРЭ и ЗКГРЭ) территориальных геологических объединений (ПГО)

Севостгеология и Сахалингеология. Отчеты хранятся в фондах геологической информации в гг. Магадан, Анадыр, П.-Камчатский.

### *Результаты исследований*

**Общие положения.** По материалам, полученным при бурении глубоких скважин, установлено, что в вертикальном разрезе глубоких ОБ в процессе развития блоков литосферы, на которых расположены эти бассейны, при прогрессивном литогенезе формируются гидрогеологические этажи, которые являются типичными ГДС в понимании А.А. Карцева, т.е. характеризуются общими (сходными) условиями возникновения движения воды [1–2, 4]. Теоретическая модель (рис. 2) становления и развития ГДС (этажей) в нашем представлении описана ранее [5–7].

В общем плане в верхней части осадочного чехла на этапе прогрессивного литогенеза до глубины около 4000 м, иногда до 5000 м, при грациях катагенеза от начала протокатагенеза до средней стадии мезокатагенеза (МК<sub>2</sub>) обособляется пластовая ГДС, которая представляет собой артезианский бассейн (АБ) в классическом понимании. Пластовый характер коллекторов и флюидоупоров, относительно высокие значения водогазопроводимости определяют открытость системы для теплообмена с дневной поверхностью или водной толщей бассейна седиментации. По активности водообмен различают как свободный (активный), затрудненный и весьма затрудненный.

До глубины погружения в среднем на 1,5 км среди коллекторов преобладают порово-пластовые (с открытой пористостью 25–45%, проницаемостью – сотни и тысячи мД). Катагенетическая преобразованность пород соответствует грациям ПК<sub>1</sub>-ПК<sub>2</sub>. При дальнейшем погружении до 2,5 км коллекторами остаются все песчаные и алевролитовые породы, но пористость снижается до 15–35%, флюидопроницаемость – до десятков и сотен миллиарди. При развитии трещиноватости, в том числе литогенетической, флюидопроницаемость возрастает до нескольких тысяч миллиарди. Тип коллекторов – трещинно-поровый пластовый. Катагенетическая преобразованность пород соответствует грациям позднего протокатагенеза (ПК<sub>3</sub>) или началу метагенеза (МК<sub>1</sub>).

При погружении пород от 1,5 до 4 км (в отдельных случаях до 5 км) предельные значения пористости не превышают 15%, флюидопроницаемость – единицы миллиарди, редко сотни и тысячи. Тип коллекторов – трещинно-пластовый. Катагенетическая преобразованность пород соответствует грациям МК<sub>1</sub> и/или МК<sub>2</sub>. В АБ, формирующихся на суше, энергетический потенциал создается перепадом приведенных

напоров подземных вод по направлению от областей их питания к погруженным очагам разгрузки. В АБ, развивающихся в море, поле энергетического потенциала определяется геостатическим давлением, кондуктивным тепловым потоком.

Для АБ суши характерно значительное влияние экзогенных факторов на формирование состава подземных вод и общее многообразие гидрогеохимических обстановок. Для АБ, осадочный чехол которых накапливается в условиях моря, гидродинамические и гидрохимические зональности более однообразны. Факторы формирования подземных вод принципиально отличаются от бассейнов суши. Поэтому вполне обоснованно А.А. Карцев назвал первые бассейны инфильтрационными, а вторые – элизионными. Часть бассейнов имеет признаки инфильтрационного и элизионного водообменных процессов

Ниже по разрезу осадочного чехла (до 6–7 км) в условиях катагенеза на уровне МК<sub>3</sub>-АК этаж пластовых коллекторов и флюидоупоров сменяется пост(после)-артезианским. В результате вторичных процессов поровое и трещинное пространство заполняется минералами независимо от фациальных принадлежностей осадочных толщ. Практически все терригенные породы, типичные для осадочных чехлов ОБ, преобразуются в непроницаемые или трудно проницаемые. Вместе с тем, гидрослюидизация глинистых и глинисто-кремнистых отложений, преобразование в кристаллические формы кремнезема скелета диатомовых водорослей делают эти породы хрупкими и предрасположенными к трещинообразованию. При участии тектонических сил (сдвиговые деформации, тектонические раздвиги и т.д.) возникают трещинные и каверно-трещинные изолированные емкости [8]. Такие новообразованные емкости могут заполняться флюидами только за счет миграции в режиме молекулярного массопереноса по градиенту давления от литостатического во вмещающих породах до близкого к вакууму во вновь образуемых емкостях. Такой режим А.Г. Арье [9] назвал файлюацией. Файлюационный поток флюидов, в том числе генерируемых во вмещающих толщах, будет направлен не по вертикали и не по простиранию осадочных комплексов, а к вновь сформированным резервуарам с аномально низкими пластовыми давлениями (АНПД). Энергетическое поле флюидной постартезианской системы приобретает очаговый характер. По мере заполнения емкостей флюидами пластовые давления будут возрастать до выравнивания их с внутрипоровыми. Таким образом, для постартезианского этажа характерна неоднородность пластовых давлений от АНПД до АВПД. Мы полагаем, что

постартезианский этаж играет важную роль в формировании крупных углеводородных скоплений в вышележащем АБ. В режиме флюидации в локальных емкостях накапливается не только синтезируемая вода, но и углеводороды. Источники флюидов – дегидратация минералов и захороненного ОВ, синтез воды и УВ, катагенез ОВ, приток глубинных газов по зонам разломов. При достижении нормальных или сверхвысоких гидростатических давлений накопленные флюиды мигрируют в этаж пластовых коллекторов и аккумулируются в благоприятных структурных формах, образовавшихся при развитии зон трещиноватости в ходе раздвиговых тектонических движений.

Более глубокие горизонты осадочного чехла, вошедшие в стадию апокатагенеза (АК) и регионального метаморфизма, можно рассматривать как своеобразную метаморфогенную систему (третий гидродинамический этаж) с псевдопластово-трещинным (за счет трещин кливажа) и трещинно-жильным по зонам разломов типами проницаемости. В энергетическом балансе данного этажа основную роль играют конвективные составляющие теплопереноса, связанного с потоками водорода, возможно, окиси и двуокиси углерода, гелия, азота, аммиака из основания литосферы по зонам глубинных разломов.

При достижении горизонтами осадочного чехла глубин, соответствующих фациям высоких давлений и температуры начала плавления пород (свыше 600 °С), фиксируется кристаллический или консолидированный фундамент.

При структурно-гидрогеологическом районировании название гидрогеологической структуры дается по типу гидродинамической системы (ГДС), контактирующей с дневной поверхностью и отображаемой на гидрогеологической карте. С этих позиций ОБ только с верхней исключительно пластовой ГДС мы называем *артезианским бассейном начального развития*. ОБ, включающий пластовую и постартезианскую ГДС с локальными емкостями, – *зрелым артезианским бассейном*. ОБ с тремя ГДС – *артезианским бассейном полного развития*.

В силу цикличности тектонических движений длительное накопление осадков сменяется воздыманием и разрушением осадочных толщ. Развивается регрессивный этап существования ОБ, при котором в эродируемых ГДС господствует инфильтрационный режим формирования подземных вод. Он отличается от такого же режима на стадии становления артезианского бассейна тем, что в числе источников подземных вод отсутствует элизионная составляющая, и прекращаются катагенетические реакции. Состав

и минерализация подземных вод контролируются интенсивностью (активностью) водообмена. По этой причине в ОБ на регрессивном этапе развивается прямая гидрогеохимическая зональность.

После размыва пластовой системы на дневной поверхности обнажается постартезианская ГДС, получившая название *адартезианский бассейн*. Водоносность пород определяется интенсивностью процессов выветривания. Своеобразие этой системы заключается в неравномерном распространении емкостных свойств пород по латерали и по разрезу в зоне гипергенеза. Эти свойства могут возрастать в пределах локальных трещинных емкостей, а также в зонах тектонических разломов.

После размыва адартезианского бассейна процессы гипергенеза продолжают в толще метаморфогенной системы. Емкостные свойства пород, значимые для миграции флюидов на больших глубинах, утрачиваются при воздымании. Однако трещины кливажа могут быть расширены при многолетних процессах промерзания и оттаивания. В пределах криолитозоны ниже подошвы многолетнемерзлых пород сформировался горизонт криогенной трещиноватости. Важную гидрогеологическую роль в этой системе играют зоны тектонической трещиноватости от субвертикальных до субгоризонтальных. При гидрогеологическом картировании метаморфогенная ГДС выделяется как *адмассивы*. Породы фундамента слагают *гидрогеологический массив*, характеризующийся обводнением в зонах гипергенной и тектонической трещиноватости.

Таким образом, все разнообразие гидрогеологических структур – артезианские и адартезианские бассейны, адмассивы и гидрогеологические массивы являются следствием эволюции глубоких осадочных бассейнов от их зарождения до разрушения. Среди рассматриваемых ОБ в пределах суши Анадырский можно считать артезианским бассейном полного развития, Хатырский – фрагментарным, а Восточно-Камчатский и Беринговский – адартезианскими.

**Описание геогидродинамических систем.** *Анадырский артезианский бассейн полного развития* тектонически и гидрогеологически асимметричен. На северном крыле он сложен пластовой ГДС, залегающей на вулканитах Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса (ОЧВПП). На южном крыле на субаэральной и субмаринной площадях в осадочном чехле сформировались все три геогидродинамические системы.

Пластовая ГДС как основной объект поисков месторождений УВ отличается тем, что водоносные, газоносные и нефтеносные объекты в ней имеют нормальные пластовые

давления, близкие по значению к давлению столба воды высотой от вскрытого объекта до дневной поверхности. Часто гидростатические уровни устанавливаются выше дневной поверхности на 10–15 м. Состав вод разнообразный: от гидрокарбонатного до хлоридного, от пресных до соленых.

Постартезианская ГДС характеризуется отсутствием литолого-стратиграфического контроля флюидоносности и разнообразием пластовых давлений – от нормальных до аномально низких [10]. Например, в скважине № 6 на Соболевской площади после испытания объекта в интервале 2943–3202 м вода поднялась на 22 м выше стола ротора, что составляет 42,7 м над уровнем моря. В скважине № 25 на Поворотной площади после длительного (с 20.03 по 16.04.1976 г.) опробования интервала 1602–1652 м вода установилась на отметке 264,2 м ниже уровня моря. Замечено быстрое (за несколько часов) снижение упругих запасов воды и газа, что подтверждает гидравлическую изоляцию объектов испытания.

Метаморфогенная ГДС вскрыта одной скважиной № 8 в предгорьях хребта Рарыткин на глубине 851 м. В пределах этой системы опробован водно-газовый объект в интервале 1018–1082 м, сложенный трещиноватыми алевролитами кампан-маастрихского возраста, пересеченными дайкой диорита. Скважина самоизливалась со средним дебитом 0,18 л/с. Отмечены периодические колебания самоизливания, соответствующие полусуточным солнечно-лунным приливам с амплитудой 0,06 л/с. Данная связь с космическим фактором свойственна гидравлически изолированным емкостям [11].

В *Хатырском фрагментарном АБ* пластовая ГДС сохранилась в поперечных внутренних прогибах, адартезианская сформировалась на внутренних поднятиях. Имеются материалы, характеризующие гидрогеологические особенности как внутреннего Майно-Пыльгинского прогиба, так и Накепейлякского внутреннего поднятия. По данным бурения скважины Р-35 во впадине на морской косе подошва пластовой ГДС вскрыта на глубине около 3000 м. Разрез сложен нижне- и среднемиоценовыми, олигоцен-нижнемиоценовыми терригенными и кремнисто-терригенными осадками. Ниже, до забоя (3313 м), вскрыта постартезианская ГДС. Из интервала 3025–3078 м при испытании после бурения получен приток самоизливающейся воды, расход которой за 215 часов сократился с 0,2 до 0,14 м<sup>3</sup>/сут. Это сокращение, возможно, связано с относительно малыми упругими запасами. Пластовое давление, приведенное к 3043 м, оказалось равным 308,2 атм. В вышележащих интервалах, в пластовой ГДС это давление,

приведенное, например, к глубине 2300 м, равно 230,4 атм, приведенное к глубине 1456 м – 147 атм.

Постартезианская ГДС сложена катагенезированными в грациях МК<sub>3</sub>-МК<sub>5</sub> поздне меловыми и палеогеновыми аргиллитами, алевролитами и песчаниками. Породы смяты в складки, слои их нарушены разломами, надвигами, осложнены явлениями глинистого диапиризма. На Накепейлякском поднятии описано большое число нефтегазопоявлений и сероводородных источников [12–14]. На поднятии пробурены скважины глубиной до 3200 м. Разрез представлен монотонно чередующимися слоями алевролитов и аргиллитов эоцен-олигоценного возраста. В локальных трещиноватых емкостях вскрыты газо- и водно-газовые проявления. Дебит газа обычно не превышал 10 тыс. м<sup>3</sup>/сут. В одном случае в скважине № 30 из интервала 1861–1869 м получен фонтанный приток газа дебитом 25–30 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Характерно, что во всех объектах пластовые давления были ниже нормальных гидростатических. При этом с увеличением глубины залегания емкостей пластовые давления уменьшались. Так, газоносные объекты в интервале 1000–1500 м имели пластовые давления в пределах 30–35 атм, в интервале 1500–2500 м – 30–25 атм, на глубине около 3000 м – 6–7 атм. Уменьшение пластовых давлений с глубиной при сходном метановом составе газов мы объясняем уменьшением газоотдачи вмещающих пород при росте геостатического давления.

*Беринговский адартезианский бассейн* в пределах суши развит на Алькатваамском террейне аккреционной природы. Верхнемеловые и палеоцен-эоценовые прибрежно-морские и континентальные отложения относятся к перекрывающему комплексу. Они угленосные, катагенетически преобразованные до уровня МК<sub>4</sub>-АК. Верхнеэоцен-миоценовые осадки размыты.

В гидрогеологическом отношении данный бассейн изучен до глубины 500 м. Здесь установлено прерывистое распространение многолетнемерзлых пород мощностью до 150 м. Ниже их подошвы развита псевдопластовая зона криогенной трещиноватости. Водоносность пород связана с развитием зоны гипергенеза, в том числе реликтовой. Отмечены значительные вариации флюидопроницаемости по площади бассейна и по разрезу осадочного чехла. Она меняется от тысячных долей миллиарда (мД/сут.) до 150–200 мД/сут. Пластовые давления повсеместно нормальные. Фильтрационная неоднородность предполагает блоковый характер обводнения пород. Блочность проявлена и в химическом составе подземных вод, который меняется от хлоридно-

гидрокарбонатного до карбонат-гидрокарбонатного кальциево-натриевого. Минерализация – от 0,15 до 4,5 г/дм<sup>3</sup>.

*Восточно-Камчатский адартезианский бассейн* до начала 60-х гг. прошлого века. относился к числу наиболее перспективных для поисков месторождений нефти на Камчатке. Поисковые работы, сопровождаемые бурением скважин, начались в 1941 г., окончились в 1958 г., в том числе было пробурено 6 скважин до глубины 2500 м (рис. 3).

Все пробуренные скважины (около 90) отличались яркими проявлениями нефтегазоносности, были выявлены водоносные объекты. Сложность геологического строения, высокий уровень катагенетических преобразований осадочных пород (МК<sub>4</sub>-АК) заставили исключить этот бассейн из числа перспективных. Однако технический прогресс в области разведки и разработки месторождений УВ позволяет ставить вопрос о включении Восточно-Камчатского адартезианского бассейна в число перспективных объектов.

В тектоническом отношении фундамент бассейна сложен пластинами Ветловского террейна – фрагмента аккреционной призмы поздне меловых-раннеэоценовых глубоководных кремнистых образований, аргиллитов и карбонатных пород. Перекрывающий комплекс – осадочный чехол адбассейна представлен морскими осадочными и вулканогенными образованиями олигоцен-миоценового возраста. В разрезе преобладают аргиллиты и алевролиты. Катагенетическая преобразованность пород – от позднего мезокатагенеза до апокатагенеза (МК<sub>4</sub>-АК). Общая мощность перекрывающего чехла – более 12000 м.

В процессе бурения и опробования скважин флюидопроявления, в том числе УВ, отмечены во всех скважинах. При небольших разностях между картировочными скважинами (до 100–150 м) на профилях одни из таких скважин вскрывали напорные подземные воды, другие – безнапорные водоносные объекты на глубинах до 500 м, третьи являлись водопоглощающими. Не менее широко варьируют и дебиты водоносных горизонтов (до 90 м<sup>3</sup>/час – в скважине 72, а при испытании объекта на глубине 1370–1395 м в скважине Р-2 приток был 170 л/сут. при понижении уровня до 1385 м). Воды – хлоридные кальциево-натриевые, минерализация – от 2,2 до 12,5 г/дм<sup>3</sup>.

**Гидрогеохимические зональности в геогидродинамических системах.** Наибольшей сложностью эти зональности отмечаются в пластовой ГДС на субэаральных

участках Анадырского артезианского бассейна полного развития и во внутренней впадине Хатырского фрагментарного АБ (рис. 4–5).

Анализируя представленные графические модели (см. рис. 4–5) с привлечением обширного фактического материала, изложенного в наших более ранних публикациях [5, 8, 12], можно сделать вывод о том, что сложность и разнообразие гидрогеохимических зональностей обусловлены факторами как экзогенной, так и эндогенной природы. Из экзогенных факторов наиболее значимы глобальные изменения климата, приведшие к развитию криогенного водоупора, и колебания уровня Мирового океана. Глубину влияния этих факторов мы оцениваем в пределах 1000–1500 м. Из эндогенных факторов самыми важными, по нашему мнению, являются литостатическое давление и температура горных пород, способствующие развитию элизионного водообмена и синтезу воды при катагенетических процессах.

В постартезианской ГДС, по имеющимся данным, гидрогеохимическая зональность достаточно однообразна. Подземные воды солоноватые, реже слабосоленые, хлоридные или гидрокарбонатно-хлоридные. Газы углеводородные, обычно с содержанием гомологов метана от первых единиц до 10-15% по объему. Содержание таких компонентов, как водород, окись и двуокись углерода, определяется взаимосвязью с более глубокими горизонтами земной коры. Этим же определяется и изотопное утяжеление углерода в метане. В ходе изучения изотопного состава А.И. Гресовым (2012) установлено, что содержание  $\delta^{13}\text{C}$  газа угленосных палеогеновых отложений Беринговского ОБ находится в пределах от -27,4 до -68,1‰, верхнемеловых – от -33,6 до -51,2‰, газовых залежей Анадырского и Хатырского ОБ – от -27 до -47,2‰, газонефтяных – от -26,7 до -42‰ [14]. Эти данные позволяют предполагать, что утяжеление изотопного состава газов больше 27‰ связано с миграцией метана из фундамента в осадочный бассейн. Косвенным доказательством субвертикальной диффузии газов является и возрастание АНПД в газоносных объектах постартезианской ГДС Хатырского ОБ по мере приближения этих объектов к дневной поверхности.

*Метаморфогенная ГДС* изучена в основном в пределах современной зоны гипергенеза на площадях террейнов, обрамляющих Анадырский ОБ. Так, при разведке Тамватнейского месторождения в Майницком террейне Э.П. Морозов установил, что под подошвой многолетнемерзлых пород водоносными являются кливажированные алевролиты, песчаники, сланцы раннего мела, многочисленные зоны надвигов. Воды

напорные. Водообильность пластово-трещинных зон низкая, удельные дебиты скважин не превышают 0,04 л/с, чаще всего 0,001–0,005 л/с. Воды гидрокарбонатные кальциево-натриевые, трещинно-жильные, имеют сходный состав с пластово-трещинными водами, но минерализация их менее 0,2 г/дм<sup>3</sup>, т. е. в 2 раза меньше, чем у последних. Воды более глубоких горизонтов гидрокарбонатно-хлоридные, их минерализация до 3–5 г/дм<sup>3</sup> (данные по скважине № 8 в предгорьях хребта Рарыткин).

В формировании гидрогеохимических зональностей в постартезианской и метаморфогенной ГДС на прогрессивном этапе основную роль играют эндогенные факторы, контролирующие синтез воды в фундаменте и в низах осадочного чехла ОБ. На регрессивном этапе на развитии инфильтрационного водообмена сказывается влияние экзогенных факторов.

### ***Обсуждение результатов исследований***

Изучение современных геогидродинамических зональностей в осадочном чехле глубоких ОБ на северо-западном побережье Тихого океана позволяет увязать формирование этих зональностей с прогрессивным этапом развития осадочного чехла бассейнов и разрушение их – с регрессивным. Эти зональности связаны с геологической историей террейнов, которые слагают фундамент и горное обрамление бассейнов. Базовыми в осадочном чехле являются осадки перекрывающих (постаккреционных) комплексов. В ходе прогрессивного этапа формирования ОБ эти комплексы, пройдя стадию пластовой ГДС, после катагенетических преобразований слагают постартезианскую, затем и метаморфогенную геогидродинамические системы. В кайнозое аккумуляция осадков происходила в условиях рифтогенеза в прибрежно-морских или морских условиях, свойственных всем ОБ. В этих условиях к концу миоцена на северо-западном побережье Тихого океана сформировались артезианские бассейны полного развития. Не исключено, что в ту пору существовали два таких бассейна. Один из них включал в себя бассейны северо-восточного сегмента Корякской орогенной области. Другой находился на востоке Камчатки. В плиоцене при активизации горизонтальных и вертикальных движений литосферных блоков единый ОБ разделился на Анадырский, Беринговский (Наваринский), Хатырский [14]. Выделился Восточно-Камчатский бассейн, оформились субаквальные и субаэральные площади ОБ [16]. На суше стал активно развиваться инфильтрационный водообмен, сопровождающийся разрушением пластовой

ГДС и образованием Беринговского и Восточно-Камчатского адартезианских, а также Хатырского фрагментарного бассейнов.

В плейстоцене неоднократно происходили значительные изменения климата и уровня Мирового океана. Есть данные, показывающие, что на территории Северо-Востока России криогенный водоупор существовал повсеместно. Максимальная глубина промерзания была в позднем плейстоцене почти в 2–3 раза больше современной. При господствовавшем климате в артезианских бассейнах водоносные подмерзлотные комплексы были сдренированы до подошвы криогенного водоупора, пластовые давления понижены примерно на 60 атм. При подъеме уровня моря до современных отметок морские воды инфильтровались в дренированные пластовые коллекторы, проникая вглубь континента на 30–40 км. Возникали слои соленых и солоноватых хлоридных вод, при вымерзании которых создавались линзы рассолов, сходных с подземными водами соленосных формаций. В голоцене потепление климата, увеличение количества осадков привели к разрушению криогенного водоупора и вытеснению морских вод пресными метеогенными. Формировались гидрогеохимические зональности в ходе изменения ранее существовавших при элизионном и инфильтрационном водообменах. Это дало основание выделить в Анадырском и Хатырском ОБ наложенную зону водообмена, криогенно осложненную.

В адбассейнах и адмассивах из-за отсутствия регионально развитых водопроницаемых слоев подземная ингрессия моря осуществлялась только по зонам разломов. До сих пор в горных районах Чукотки на расстоянии более 15–20 км от моря в этих зонах можно встретить источники солоноватых хлоридных вод.

В Восточно-Камчатском адбассейне следов верхнеплейстоценового криогенеза не выявлено. Здесь до глубины в несколько сот метров распространены пресные воды. В более глубокозалегающих локальных резервуарах распространены элизионные и синтезированные воды.

### **Заключение**

Таким образом, особенности становления и распространения геогидродинамических систем А.А. Карцева в осадочных бассейнах на северо-западном побережье Тихого океана связаны с геологической историей террейнов, слагающих фундамент и обрамление бассейнов.

На прогрессивном этапе формирования осадочного чехла создается поэтажное расположение геогидродинамических систем: пластовой (артезианской), постартезианской (адартезианской), метаморфогенной. Эти системы залегают на фундаменте, сложенном метаморфитами фаций средних и высоких давлений и/или магматитами, в том числе палингенными. ОБ, чехол которых включает все выделенные ГДС, назван артезианским бассейном полного развития.

На регрессивном этапе происходит эрозия осадочного чехла, разрушение геогидродинамических систем с образованием фрагментарного артезианского бассейна, затем адартезианского, адмассива и гидрогеологического массива.

В формировании подземных вод изученных ОБ большую роль играли позднекайнозойская активизация тектонических движений, позднеплейстоценово-четвертичные глобальные изменения климата и колебания уровня Мирового океана. За счет этих факторов на суше в ОБ возникли разнообразные гидрогеологические структуры: артезианские и адартезианские бассейны, адмассивы, гидрогеологические массивы. В пластовых ГДС создались сложные гидрогеохимические зональности, которые отражают особенности водообменных процессов, включающие не только инфильтрационный активный (свободный), затрудненный и весьма затрудненный водообмен недр с поверхностными объектами гидрогеосферы, но и малоизученный криогенно осложненный водообмен, включающий инфильтрацию морских вод в слои континентальных пород.

Общепринятая методика расчета потенциальных ресурсов углеводородов с учетом объемов элизионной воды (методика В.Я. Троцюка) применима для секции осадочного чехла с соответствующей пластовой (артезианской) системой. Для условий постартезианской и метаморфогенной ГДС подобную методику еще предстоит разработать.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Карцев А.А.* Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. М.: Гостоптехиздат, 1963. 280 с.
2. *Карцев А.А., Колодий В.В., Кудрявцев В.А., Семашев Р.Г.* Типы и эволюции геогидродинамических систем // Изв. АН СССР. Сер. геолог. 1971. № 6. С. 122–127.
3. *Троцюк В.Я.* Прогноз нефтегазоносности акваторий. М.: Недра, 1982. 201 с.
4. *Карцев А.А., Вагин С.Б., Матусевич В.М.* Гидрогеология нефтегазоносных бассейнов. М.: Недра, 1986. 336 с.

5. *Глотов В.Е.* Гидрогеология осадочных бассейнов Северо-Востока России. Магадан: ООО «Кордис», 2009. 232 с.
6. *Глотов В.Е., Глотова Л.П.* Гидрогеологические этажи глубоких осадочных бассейнов Северо-Востока России // Ленинградская школа литологии: Материалы Всерос. литол. совещ., посвящ. 100-летию со дня рождения Л.Б. Рухина (г. Санкт-Петербург, 24–30 сентября 2012 г.). СПб.: СПбГУ, 2012. Т. 2. С. 103–105.
7. *Иванов В.В., Глотов В.Е., Щербань О.В.* Общая модель формирования флюидных систем глубоких осадочных бассейнов // Условия нефтегазообразования на больших глубинах. М.: Наука, 1988. С. 41–45.
8. *Глотов В.Е., Глотова Л.П.* Закономерности распространения и формирования емкостей с аномально низкими пластовыми давлениями в осадочных бассейнах Севера Дальнего Востока / Электрон. журн. «Георесурсы, геознергетика, геополитика». 2011. Вып 2(4). – Режим доступа: <http://oilgasjournal.ru>
9. *Арье А.Г.* Роль межфазовых взаимодействий в процессе вторичной миграции нефти и газа // Геология нефти и газа. 1992. № 2. С. 35–39.
10. *Глотов В.Е., Ващиллов Ю.Я.* Периодические объемные расширения земной коры как гидрогеологический фактор в криолитозоне // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия: Материалы Междунар. конф. Томск: НТЛ, 2000. С. 588–590.
11. Гидрогеология СССР. Северо-Восток России. М.: Недра, 1972. Т. 26. 297 с.
12. *Глотов В.Е., Музыка А.В., Щербань О.В.* Проявления сероводородных вод и углеводородных газов на площади Хатырской впадины // Колыма. 1982. № 12. С. 17–19.
13. *Иванов В.В., Клубов Б.А.* Нафтиды и нафтоиды Северо-Востока СССР. М.: Наука, 1979. 148 с.
14. *Гресов А.И.* Углеметановые бассейны Республики Саха (Якутия) и Северо-Востока // Метаноресурсная база угольных бассейнов Дальнего Востока России и перспективы ее промышленного освоения. Владивосток: Дальнаука, 2012. Т. 2. 468 с.
15. *Оруджева Д.С., Халимов Э.М.* Перспективы поисков новых залежей нефти и газа в окраинных морях // Геология нефти и газа. 1994. № 7. С. 9–15.
16. *Шило Н.А.* Рельеф и геологическое строение // Север Дальнего Востока. М.: Наука, 1970. 208 с.

## REFERENCES

1. *Kartsev A.A.* Gidrogeologiya neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. M.: Gostoptekhizdat, 1963. 280 s.
2. *Kartsev A.A., Kolodiy V.V., Kudryavtsev V.A., Semashev R.G.* Tipy i evolyutsii geogidrodinamicheskikh sistem // Izv. AN SSSR. Ser. geolog. 1971. № 6. S. 122–127.
3. *Trotsyuk V.Ya.* Prognoz neftegazonosnosti akvatoriy. M.: Nedra, 1982. 201 s.
4. *Kartsev A.A., Vagin S.B., Matusevich V.M.* Gidrogeologiya neftegazonosnykh basseynov. M.: Nedra, 1986. 336 s.
5. *Glotov V.E.* Gidrogeologiya osadochnykh basseynov Severo-Vostoka Rossii. Magadan: OOO «Kordis», 2009. 232 s.
6. *Glotov V.E., Glotova L.P.* Gidrogeologicheskie etazhi glubokikh osadochnykh basseynov Severo-Vostoka Rossii // Leningradskaya shkola litologii: Materialy Vseros. litol. soveshch., posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhdeniya L.B. Rukhina (g. Sankt-Peterburg, 24–30 sentyabrya 2012 g.). SPb.: SPbGU, 2012. T. 2. S. 103–105.
7. *Ivanov V.V., Glotov V.E., Shcherban' O.V.* Obshchaya model' formirovaniya flyuidnykh sistem glubokikh osadochnykh basseynov // Usloviya neftegazoobrazovaniya na bol'shikh glubinakh. M.: Nauka, 1988. S. 41–45.
8. *Glotov V.E., Glotova L.P.* Zakonomernosti rasprostraneniya i formirovaniya emkostey s anomal'no nizkimi plastovymi davleniyami v osadochnykh basseynakh Severa Dal'nego Vostoka // Elektron. zhurn. «Georesursy, geoenergetika, geopolitika». 2011. Vyp 2(4). – Rezhim dostupa: <http://oilgasjournal.ru>
9. *Ar'e A.G.* Rol' mezhfazovykh vzaimodeystviy v protsesse vtorichnoy migratsii nefiti i gaza // Geologiya nefiti i gaza. 1992. № 2. S. 35–39.
10. *Glotov V.E., Vashchilov Yu.Ya.* Periodicheskie ob'emnye rasshireniya zemnoy kory kak gidrogeologicheskiy faktor v kriolitozone // Fundamental'nye problemy vody i vodnykh resursov na rubezhe tret'ego tysyacheletiya: Materialy Mezhdunar. konf. Tomsk: NTL, 2000. S. 588–590.
11. Gidrogeologiya SSSR. Severo-Vostok Rossii. M.: Nedra, 1972. T. 26. 297 s.
12. *Glotov V.E., Muzyka A.V., Shcherban' O.V.* Proyavleniya serovodorodnykh vod i uglevodorodnykh gazov na ploschadi Khatyrskoy vpadiny // Kolyma. 1982. № 12. S. 17–19.
13. *Ivanov V.V., Klubov B.A.* Naftidy i naftoidy Severo-Vostoka SSSR. M.: Nauka, 1979. 148 s.

14. *Gresov A.I.* Uglemetanovye basseyny Respubliki Sakha (Yakutiya) i Severo-Vostoka // *Metanoresurnaya baza ugol'nykh basseynov Dal'nego Vostoka Rossii i perspektivy ee promyshlennogo osvoeniya*. Vladivostok: Dal'nauka, 2012. T. 2. 468 s.
15. *Orudzheva D.S., Khalimov E.M.* Perspektivy poiskov novykh zalezhey nefi i gaza v okrainnykh moryakh // *Geologiya nefi i gaza*. 1994. № 7. S. 9–15.
16. *Shilo N.A.* Rel'ef i geologicheskoe stroenie // *Sever Dal'nego Vostoka*. M.: Nauka, 1970. 208 s.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

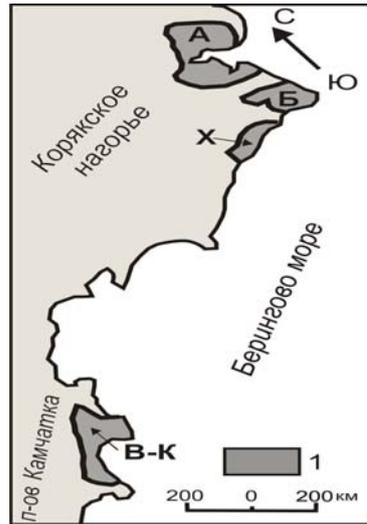


Рис 1. Схема расположения Анадьрского и сопредельных бассейнов  
1 – бассейны, в том числе А – Анадьрский, Б – Беринговский, Х – Хатырский, В-К – Восточно-Камчатский

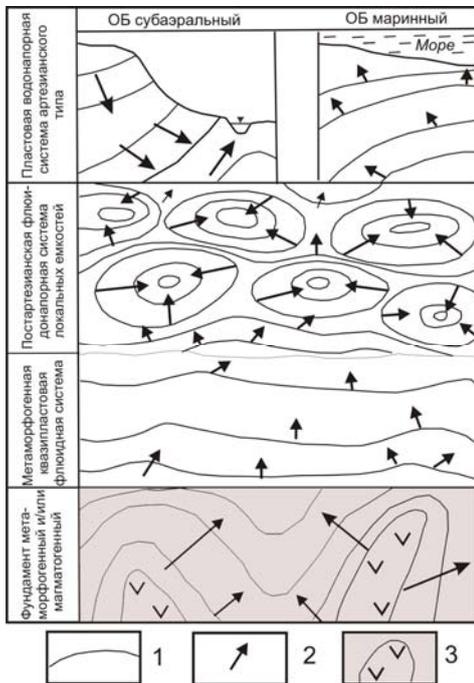


Рис. 2. Модель формирования поля внутреннего энергетического потенциала ГГДС в глубоких ОБ:  
1 – изопотенциалы энергии флюидов;  
2 – вектор потенциальной энергии (от больших значений к меньшим); 3 – магматические массы, в том числе палингенные

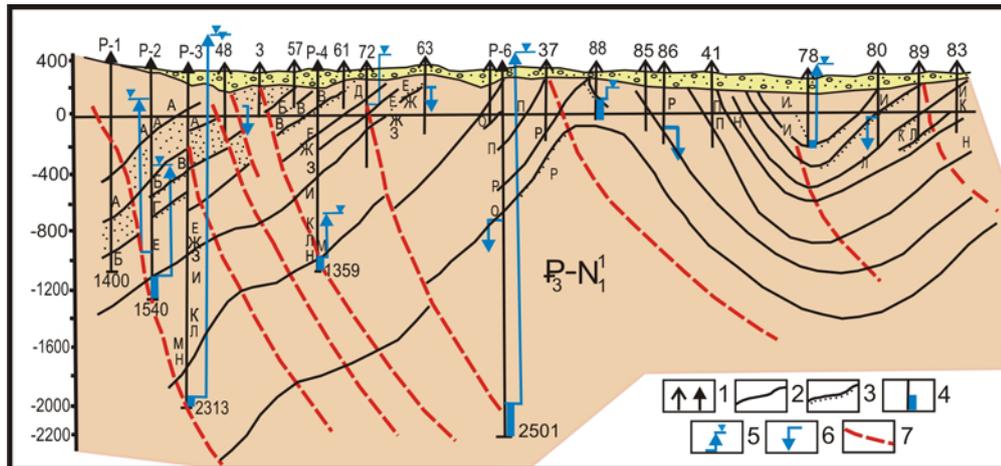


Рис. 3. Гидрогеологический разрез Богачевской площади Восточно-Камчатского адартезианского бассейна (геологическая ситуация по Л.П. Грязнову)

1 – скважины колонковые и роторные; 2 – опорный горизонт; 3 – песчаный горизонт; 4 – опробуемые интервалы; 5 – статический уровень воды; 6 – поглощающие интервалы; 7 – линии разломов

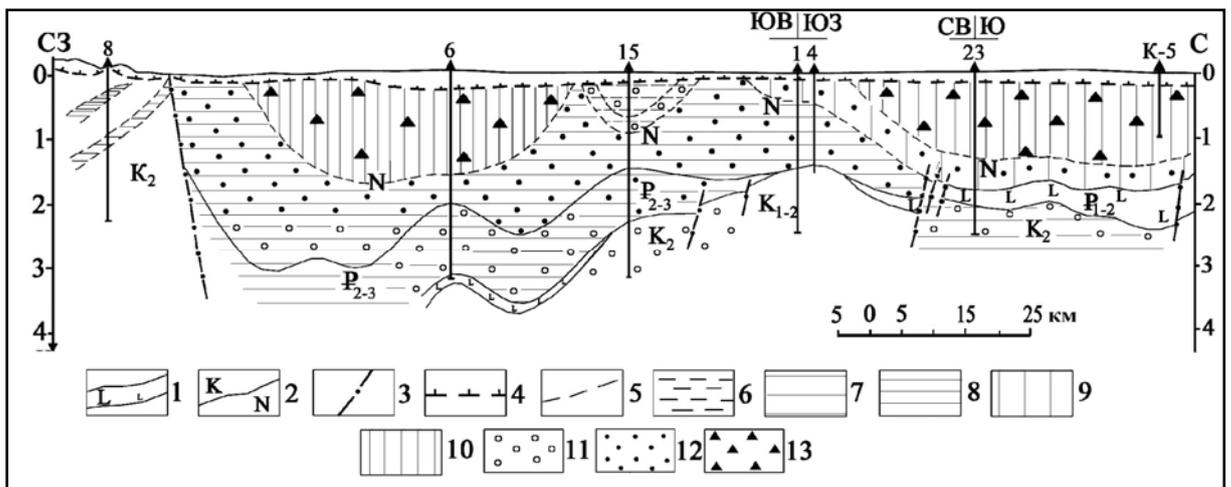


Рис. 4. Гидрогеохимическая модель пластовой ГГДС в Анадырском ОБ

1 – эффузивная толща палеоцен-эоцена; 2 – границы водоносных комплексов и возраст пород; 3 – линии разломов; 4 – границы гидрохимических зон; 5 – нижняя граница криолитозоны (бергштрихи обращены в сторону мерзлых пород); 6–10 – гидрохимические зоны; в том числе: 6 – пресных вод (минерализация до 1 г/дм<sup>3</sup>), 7 – слабосоленых (1–3 г/дм<sup>3</sup>), 8 – соленых (3–10 г/дм<sup>3</sup>), 9 – слабосоленых (10–20 г/дм<sup>3</sup>), 10 – соленых (20–35 г/дм<sup>3</sup>); 11–13 – генетические типы подземных вод, в том числе гидрокарбонатные натриевые (11), хлоркальциевые (12), те же с магнием (13)

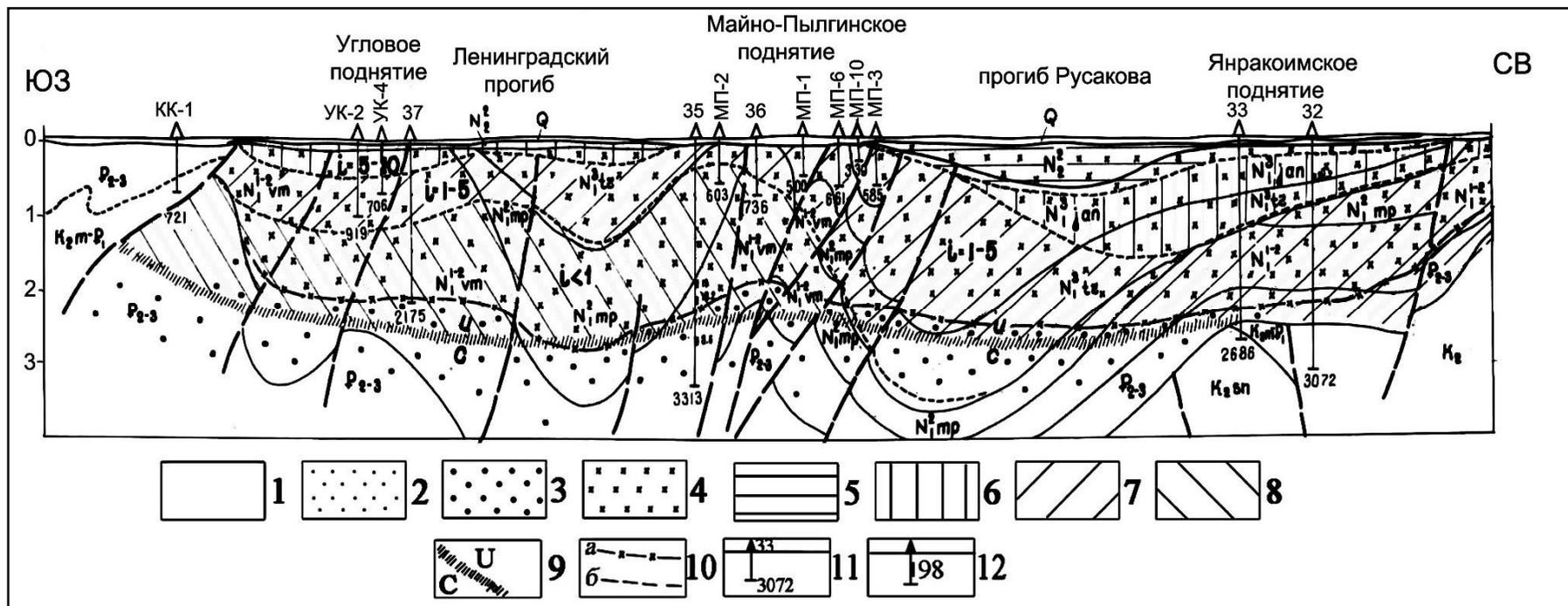


Рис. 5. Гидрогеохимическая модель пластовой ГГДС Хатырского бассейна (Майнопылгинский прогиб), (геологическая основа Д. И. Агапитова

1–4 – гидрохимические зоны; в том числе: 1 – пресных вод (минерализация до 1 г/дм<sup>3</sup>), 2 – слабосоленых вод (минерализация 1–3 г/дм<sup>3</sup>), 3 – соленых вод (минерализация 3–10 г/дм<sup>3</sup>), 4 – соленых вод (минерализация 10–36 г/дм<sup>3</sup>); 5–8 – гидродинамические зоны инфильтрационного водообмена, в том числе: 5 – свободного, 6 – криогенно осложненного, 7 – затрудненного, 8 – весьма затрудненного; 9 – предполагаемая граница распространения вод разного генезиса; в том числе: U – преимущественно инфильтрационных, С – элизионных; 10 – границы зон, в том числе: гидродинамических (а), гидродинамических (б); 11 – скважина, ее номер и глубина; 12 – интервал опробования, цифра – минерализация воды, г/дм<sup>3</sup>