Записки Ленинградского горного института имени Г.В.Плеханова.
Т. 129. Л., 1991

УДК 556.3

В.А.КИРЮХИН,
Н.И.ТОЛСТИХИН

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОЛОГИИ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОКРАИН (ПОЯСА ПЕРЕХОДА СУША - ОКЕАН)

В работе [5] мы уже обосновывали положение о различии гидрогеологии суши, океанов и пояса перехода суша - океан. Среди этих трех гидрогеологических "китов" континентальные окраины (пояс суша - океан) оказались вне поля зрения гидрогеологов, хотя геологи много лет и небезуспешно изучают геологию этих территорий [I, 3, 8, 9, I0].

Континентальные окраины занимают примерно 20 % площади океанского дна. Следует отметить, что в пределы континентальных окраин попадают как окраинные и внутренние моря, так и полоса шельфа, отделяющая океан от суши. Гидрогеологические особенности территорий пояса перехода суша - океан определяются распространением в их пределах тех типов гидрогеологических структур, которые распространены на суше (артезианские бассейны, гидрогеологические массивы и вулканогенные бассейны), но находятся сейчас на субаквальном этапе развития, а также взаимосвязью вод суши и подземных вод рассматриваемых структур, характер и интенсивность которой во времени менялись в зависимости от положения береговой линии. Отметим сразу, что современное положение береговой линии сложилось в последние I0-I2 тыс.лет, а примерно I8 тыс.лет назад она находилась при регрессии моря в эпоху последнего оледенения на уровне бровки современного шельфа.

П о л о ж е н и е и о с о б е н н о с т и г и д р о г е о л о г и ч е с к и х с т р у к т у р. Большинство прибереговых структур суши имеют свое продолжение в шельфовой области, поэтому их относят к семимаринным [4]. Они состоят из субаэральной и субмаринной частей, объединенных между собой в единое гидрогеологическое целое. Это чаще всего артезианские бассейны и гидрогеологические массивы, иногда вулканогенные бассейны. Эти структуры, начинаясь на суше, переходят на шельф, завершаясь в пределах материкового склона. Многие гидрогеологические структуры в прибрежной части подверглись абразии и эрозии в результате деятельности флювиогляциальных потоков и образования конусов выноса крупных рек.

Примером семимаринных артезианских бассейнов может служить Западно-Сибирская артезианская область, две трети которой находятся на суше, а одна треть под уровнем моря. Обратное отношение суша - море наблюдается в Баренцево-Печорской артезианской области, I/3 территории которой находится на суше, а 2/3 ниже уровня моря. К семимаринным также относятся

ранние артезианские бассейны, как Североморский, Красноморский, Мексиканский, Аравийский. Для всех подобного типа артезианских структур характерны следующие особенности:

1) сложное взаимодействие пресных инфильтрационных вод суши и соленых морских вод: проникновение первых по водоносным пластам, залегающим под дном моря, на расстояние до 10-80 км от берега и соответственно интрузии вторых в пресноводные горизонты суши на расстояние до нескольких километров от берега, а в долинах рек в результате сгонно-нагонных явлений - до нескольких десятков километров;

2) встречные потоки пресных инфильтрационных и соленых седиментационных (элизионных) вод образуют переходную гидродинамическую и гидрохимическую зону [II], меняющую свое положение во времени в зависимости от колебаний уровня моря, воздействия техногенных и природных факторов;

3) заметное воздействие климатических условий на верхнюю часть гидрогеологических структур: наличие многолетней мерзлоты и криопег в областях с суровым климатом, более высокая минерализация подземных вод в областях с аридным климатом, накопление мощных накосов в подводной части дельт крупных рек, с водосборов которых интенсивно выносятся продукты выветривания и денудации;

4) наличие соленосных отложений и рассолов в чехле ряда артезианских бассейнов (Баренцево-Печорский, Гвинейский, Мексиканский и др.);

5) наличие крупных месторождений нефти и газа (Северно-морский, Мексиканский, Западно-Сибирский и другие артезианские бассейны);

6) разнообразие минеральных подземных вод (йодных, бромных, горячих, холодных и др.).

Наряду с семиморинным типом гидрогеологических структур, сохранивших гидродинамическую связь с сушей, значительные территории в континентальных окраинах занимают структуры субморинного типа. В эпохи морских регрессий эти структуры имели активный водообмен с сушей, а в современную эпоху эти связи оказались в основном потеряны. Современная береговая линия или контакт суша - море чаще всего проходит по слабопроницаемым метаморфическим и магматическим породам, образующим крутые береговые уступы. В таких условиях сток с суши идет преимущественно поверхностным путем, а взаимосвязь субаэральных и субаквальных структур осуществляется на локальных участках (зоны тектонических нарушений, устья рек и др.). Среди субморинных структур наиболее широкое развитие получили артезианские бассейны, которые занимают окраины Атлантического, Индийского океанов и встречены на западе Тихого океана.

Ослабление гидродинамических связей субморинных структур с сушей обусловили ряд их характерных особенностей:

1) отсутствие зоны аэрации, крайняя ограниченность современного инфильтрационного питания подземных вод, сохранение в отдельных местах древних инфильтрационных вод;

2) центробежный характер движения элизионных вод от областей наибольших мощностей осадочного чехла к периферии бассейна;

3) материковый склон и глубоководные желоба как базис дренирования водоносных структур;

4) однородность гидрогеохимического разреза рассматриваемых структур, в котором преобладают слабо метаморфизованные воды морского генезиса; несколько опресненный разрез на участках сохранения древних инфильтрационных вод;

5) возможное вскрытие слабоконцентрированных рассолов, имеющих как седиментационное, так и метаморфогенное происхождение.

Геологическое строение. В зависимости от тектонического режима континентальные окраины относят к активному или пассивному типам, соответственно называющихся тихоокеанским и атлантическим [3]. Для первого из них характерны континентальный шельф, континентальный склон и глубоководный желоб. Здесь выделяются два подтипа: чилийский с узким шельфом и желобом перед континентальным склоном и островодужный (марианский) с мелководным окраинным морем шириной до 2000 км.

В атлантическом типе выделяют три морфоструктуры: континентальный шельф, континентальный склон и континентальное подножье, в пределах которых наблюдается продолжение геологических структур побережья.

В пределах континентальных окраин различают два основных типа разреза земной коры: континентальный и субокеанический [3, 8, 9]. Континентальный тип коры характерен для мелководной части моря, примыкающей к суше, где ее мощность достигает 20-24 км. В глубоководных котловинах окраинных морей мощность земной коры сокращается до 5-10 км, так как выпадает "гранитный" слой. Мощность осадочного чехла артезианских бассейнов эпиконтинентального (Мексиканский, Западно-Сибирский и др.) и субокеанического типов достигает 5-7 и 2-3 км соответственно. В морской части древних плит в осадочном чехле преобладают отложения палеозойского возраста, а молодые плиты составляют отложения мезозоя и кайнозоя. Вещественный состав отложений чехла довольно разнообразен, хотя преобладают песчано-глинистые породы. Значительное место занимают также карбонатные образования, встречаются вулканогенные отложения и соли.

Во многих районах континентальных окраин, в их прибереговых областях и внутренних частях шельфа происходит современное осадконакопление. По подсчетам Р.М.Гаррелса и Ф.Т.Мак-Кензи (1971), ежегодно с суши в океан поступает $250 \cdot 10^8$ т осадочного материала, а это примерно 80 % массы современных осадков на планете. Интенсивность прибрежного осадконакопления зависит от климатических условий, количества поступающего осадочного материала и способности гидродинамических процессов его переработать.

В субмаринных структурах, не имеющих связи с сушей, накопление осадков происходит в результате отложения следующих разностей:

1) вулканогенных осадков, образованных за счет продуктов субаэрального вулканизма островных дуг;

2) монтмориллонитовых глин, образовавшихся из продуктов денудации островов;

3) биогенных илов;

4) эоловых осадков континентального происхождения [3].

В пределах активных (конвергентных) окраин континентов образуются вулканогенные структуры: островные дуги и подводные вулканы, а в экваториальной зоне шельфов и многих окраинных морей – своеобразные биогенные постройки (например, коралловые рифы). Как вулканогенные, так и рифогенные структуры имеют вечное гидрогеологическое значение. Образование первых сопровождается интенсивной газогидротермальной деятельностью, формированием различных типов минеральных вод; вторые являются прекрасными коллекторами и содержат как пресные, так и соленые воды.

Роль палеогидрогеологических условий. Гидрогеологическую обстановку в прошлом в значительной мере определяли колебания уровня вод океана. По оценке специалистов, самый высокий уровень океана был в позднем мелу, когда он был на 350 м выше современного, а самый низкий установлен для середины олигоцена (примерно 29 млн.лет назад), когда он опустился почти на 250 м ниже современного [3, 10, 12]. Колебания уровня океана за счет оледенения в четвертичное время оцениваются приблизительно в 200 м (падение на 130 м при регрессии в ледниковую эпоху 20–15 тыс.лет назад и подъем на 70 м от возможной трансгрессии, если все полярные льды растают).

Цикличность колебания уровня океана позволяет выделять для значительной части гидрогеологических структур этапы субаэрального (инфильтрационный режим) и субаквального (элизионный режим подземных вод) развития. Указанные этапы сопровождались тектоническими перестройками, изменением геостатического и гидростатического давлений в недрах; перемещением огромных объемов воды поверхностных и подземных вод; поступлением какого-то количества ювенильных вод, особенно при активизации вулканических процессов; появлением и снятием ледниковой нагрузки; возникновением и деградацией многолетней мерзлоты; изменением направленности эрозионной и аккумулятивной деятельности океана. Все это в совокупности весьма существенно влияло на характер и степень водоносности гидрогеологических структур морского дна и на процессы в системе вода – порода.

Следует обратить внимание не только на вертикальное, но и на горизонтальное движение структур. По оценке Л.С.Леонова [8], амплитуда вертикальных движений за период формирования осадочной толщи составляла 10–20 км (из них в кайнозое 3–12 км). Вероятная амплитуда горизонтальных движений в пределах субаквальной артезианской впадины достигала 100–200 км, а в Тасмановом и Беринговом морях – 750–1000 км. Поэтому при палеогидрогеологическом анализе важно учитывать положение структуры, ее связь с сушей.

Химия подземных вод. Океанская вода в придонных слоях характеризуется удивительным постоянством. Ее минерализация 34,6–34,8 г/л и тип химического состава – хлоридно-натриевый, по О.А.Алекину. Минерализация и состав подземных вод дна окраинных и внутренних морей весьма разнообразны и формируются под воздействием состава морских вод, вмещающих пород, организмов, физико-географических и геологических процессов и явлений, включая и молодой вулканизм.

Особенно большое разнообразие состава и минерализации подземных вод наблюдается в отложениях внутренних морей, в прибереговой части шельфа, эстуариях крупных рек [2, 5, 6, 13]. В областях развития соленосных отложений вскрываются рассолы (впадины Тирренского моря, Мексиканского и Гвинейского заливов). Исходный состав морских вод изменяется при взаимодействии с вмещающими породами. В кремнистых и глинистых отложениях это мало заметно, но в карбонатных отложениях перемены в минерализации и составе вод с глубиной весьма существенны. Они выражаются прежде всего в увеличении с глубиной содержания кальция, стронция и редкоземов; отмечена редукция сульфатов, уменьшение содержания магния и калия. Однако океанский тип воды на глубине сохраняется.

Наиболее сильно меняется состав вод в терригенных отложениях, богатых органикой. В них воды океанского типа с глубиной превращаются в воды гидрокарбонатно-хлоридные щелочного типа, по Сулину. При этом преобладают хлориды натрия, и наряду с ними, но в меньших количествах присутствуют гидрокарбонаты натрия (до 20 мг/экв.%). Такого рода смена состава подземных вод наблюдалась в отложениях Японского и Курило-Камчатского субмаринных бассейнов. Однако в региональном плане преобладают воды океанского типа хлормагниевые (по Сулину) или IIа (по Алекину), а щелочной тип вод встречается локально в желобах на окраинах океана [2, 5, 13].

Специфика гидрогеологических особенностей вулканических и других островов зоны перехода суша - океан, включая коралловые, заключается в том, что в надводной их части размещаются преимущественно гидрокарбонатные пресные воды атмосферного происхождения, а в подводной - соленые ды океанского типа.

Химия термальных вод областей современного вулканизма рассмотрена в работе В.И.Кононова [7]. Им выделены следующие типы термальных вод по газовому составу: сероводородные, углекисло-водородные, углекислые, азотно-углекислые, метановые и азотные. В условиях изученных подводных изверженний преобладают сероводородно-углекислые, углекисло-водородные и метановые типы вод, образующиеся в восстановительной обстановке и характеризующиеся хлоридным натриевым (водородным, алюминиевым, железистым составом, богатым разнообразными микрокомпонентами. Возможно, что некоторые из гидротерм испытывают влияние мантийных флюидов [2].

Выводы

1. Взаимодействие океанских вод, вод суши и подземных вод континентальных окраин следует рассматривать как многофазный процесс, граница которого непрерывно перемещается во времени и пространстве. Учитывая значительные амплитуды горизонтальных и вертикальных перемещений водоносных коллекторов за время развития гидрогеологических структур и возможность проникновения инфильтрационных вод на глубину до 1-2 км и расстояние от берега 10-20 км, можно предполагать, что такое взаимодействие коснулось почти всей территории континентальных окраин.

2. Последствия рассматриваемого взаимодействия могут быть различными: физико-химические изменения в системе вода – порода в процессе катагенеза, образование различных полезных ископаемых (нефть, газ, разные типы минеральных вод, минеральное сырье). Выявление закономерностей их размещения – одна из ближайших задач гидрогеологов, геохимиков и геологов.

3. Нормальный ход развития процессов взаимодействия между океаническими водами, водами суши и подземными водами континентальных окраин нарушался в эпохи оледенения и в районах проявления вулканизма. Эти явления оказали на подземные воды глубокое воздействие, последствия которого требуют более детального изучения.

4. Экологические потрясения в результате активной техногенной деятельности охватывают пока только узкую полосу шельфа. В дальнейшем в водоносных горизонтах они будут обнаруживаться все больше, дальше и глубже. Этому будут способствовать сброс в море отходов и техногенных стоков, накопление на дне акваторий осадков, содержащих вредные и токсичные компоненты, изменение гидродинамического и гидрохимического режимов водоносных горизонтов при их эксплуатации. Экологическое направление гидрогеологических исследований становится, таким образом, все более актуальным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зейбольд Е., Бергер В. Дно океана. Введение в морскую геологию. М.: Мир, 1984. 320 с.

2. Иванова Г.А., Толстихин Н.И. К химии подземных вод дна океана / Зап. ЛГИ. Т. 108. С. 3–9.

3. Коннет Дж.П. Морская геология. М.: Мир, 1987. Т. 1. 397 с. Т. 2. 384 с.

4. Кирюхин В.А., Толстихина Н.И. Региональная гидрогеология. М.: Недра, 1987. 382 с.

5. Кирюхин В.А., Толстихина Н.И. Гидрогеология дна мирового океана: Учеб. пособие / Ленинградский горный ин-т. Л., 1988. 104 с.

6. Коротков А.И., Павлов А.Н., Юровский Ю.Т. Гидрогеология шельфовых областей. Л.: Недра, 1980. 218 с.

7. Коженов В.И. Геохимия термальных вод областей современного вулканизма. М.: Наука, 1985. 215 с.

8. Левин Л.Э. Геология окраинных и внутренних морей. М.: Недра, 1979. 210 с.

9. Магматизм и тектоника океана: Сборник науч. трудов. М.: Наука, 1990. 320 с.

10. Мангушев Г.Г. Дно океана в ледниковый период. Л.: Наука, 1984. 178 с.

11. Мокрик Р.В. Гидрогеология побережья советской Прибалтики: Автореф. докт. дис. / ВСЕГИНГЕО. М., 1990. 54 с.

12. Океанская энциклопедия. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 592 с.

13. Шишкина О.В. Геохимия морских и океанских иловых вод. М.: Наука, 1972. 226 с.