

*В. В. Хаустов*

## **О ВЛИЯНИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ВОДНЫЙ БАЛАНС КАСПИЯ**

Каспий – самое большое на планете бессточное озеро, занимающее крупную и глубокую материковую депрессию в пределах наиболее значительной в Европе области внутреннего стока. В начале 2000 г. уровень его зеркала лежал на отметке около  $-27$  м, а площадь составляла 393 тыс. км<sup>2</sup> с объемом вод 78 600 км<sup>3</sup>. Каспийское море представляет собой глубоководный водоем с существенно развитой шельфовой зоной. По величине максимальной глубины впадины (1025 м) оно уступает лишь двум самым глубоким озерам мира – Байкалу (1620 м) и Танганьике (1435 м) при средней глубине 208 м. Особенности морфологического строения и физико-географических условий позволяют условно делить Каспий на три части: Северный, Средний и Южный.

Каспийское море довольно хорошо изучено [1 и др.]. Самой характерной чертой водоема считают неустойчивость его уровня с резкими падениями и подъемами. Последнее повышение уровня Каспия происходит с 1978 г. и к настоящему времени превысило 2,5 м, что вызвало целый ряд серьезных проблем, многие из которых имеют трагические последствия для проживающего на его берегах почти трехмиллионного населения. Так, только на российском побережье Каспия на площади более 1 млн га нарушен нормальный режим жизнедеятельности: затоплено 280 тыс. га сельхозугодий, прогрессируют засоление и гидроморфизация почв и выведено из землепользования 320 тыс. га ценных земель; активизировались эрозионные процессы русел рек, абразии берегов и нагонные явления; в прибрежной полосе повсеместно отмечается подтопление грунтовыми водами, что предопределяет опасность потери устойчивости фундаментов зданий и сооружений и повышение расчетной сейсмичности с 7 до 9 баллов; на фоне ухудшения санитарно-эпидемиологической и медико-биологической обстановок и качества питьевой воды расширяются очаги инфекционных, кожно-аллергических и других болезней; ухудшаются рекреационные ресурсы побережья; разрушаются инфраструктурные и прочие объекты [2–7]. К настоящему времени суммарный ущерб от роста уровня Каспия оценивается сотнями миллиардов рублей. В этой связи появилось множество исследований по самым различным аспектам проблемы нестабильности уровня водоема, однако до сих пор нет ясности в понимании последней. Что же происходит с водным объектом? Почему с 1978 г. растет его уровень и как долго это будет продолжаться? Ответы на данные вопросы должны быть найдены в кратчайшие сроки, поскольку подъем уровня Каспийского моря является весьма острой экологической проблемой современности.

Длительная геологическая история Каспийского моря характеризуется неоднократной сменой трансгрессивных и регрессивных фаз различных величины и продолжительности. В третичном периоде (около 70 млн лет назад) произошло отчленение Понто-Каспийского бассейна от океана Тетис. В конце понтического времени (10 млн лет назад) огромное внутреннее Сарматское море, охватывающее территории современных Черного и Каспийского морей, распалось на отдельные части, образовав автономный изолированный бассейн Каспийского моря. Считается, что в течение плейстоцена (последние 700–500 тыс. лет) его уровень претерпел крупномасштабные колебания в диапазоне около 200 м: от  $-140$  до  $+50$  м [8]. В течение исторического времени (2000 лет) диапазон изменения среднего уровня Каспийского моря составил 12 м – от  $-35$  до  $-23$  м [1]. Минимальный уровень в последние 2000 лет был во время дербентской регрессии (VI–VII вв. н.э.), когда он снижался до  $-35$  м.

За время, прошедшее после дербентской регрессии, средний уровень моря изменялся в еще более узком диапазоне – от –30 до –25 м. Этот диапазон назван зоной риска [8].

Систематические инструментальные наблюдения за уровнем Каспийского моря были начаты с 1837 г. Во второй половине XIX в. средние годовые значения уровня Каспия находились в диапазоне отметок –26±–25,5 м и имели некоторую тенденцию к понижению, которая продолжилась и в XX в. (рис. 1). В период с 1929 по 1941 г. уровень моря резко снизился почти на 2 м: с –25,88 до –27,84 м. В последующие годы продолжалось его падение, и, снизившись приблизительно на 1,2 м, он достиг в 1977 г. самой низкой за период наблюдений отметки –29,01 м. Далее уровень Каспия начал быстро повышаться и, поднявшись к 1995 г. на 2,35 м, достиг отметки –26,66 м. В последующие четыре года средний уровень моря понизился почти на 30 см, но уже в 1999 г. зафиксирован новый его подъем.

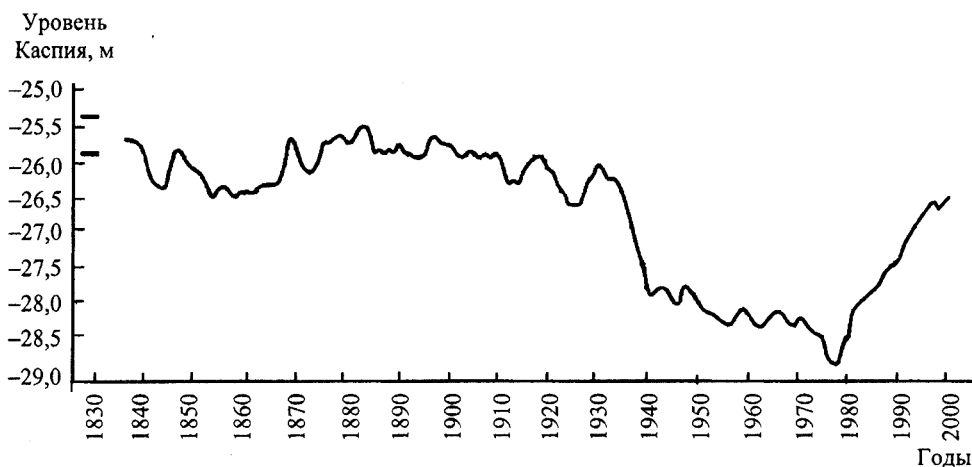


Рис. 1. Колебания уровня Каспийского моря за период инструментальных наблюдений [9–12].

К настоящему времени предложено немало гипотез о природе колебаний уровня Каспия. Но при всем разнообразии подходов к объяснению уровенных флуктуаций все же очевидно, что последние контролируются, с одной стороны, глобальными геологическими явлениями, с другой – региональными особенностями территории современного Каспия.

Среди существующих гипотез сложилось четкое противостояние двух концепций: геолого-гидрогеологической и климатической на фоне активизирующейся роли техногенеза. Классификация научных взглядов на проблему Каспия приведена в таблице. В ней представлен основной, но все же неполный перечень взглядов и позиций современных исследователей на природу колебаний уровня Каспийского моря. Повышенный интерес и внимание к феномену Каспия в последние десятилетия порождают все новые и новые предположения и гипотезы, порой фантастические, иногда просто абсурдные. На выдвижение и разработку новых гипотез современных исследователей стимулируют непреодолимые на сегодняшний день трудности в объяснении невязок водного баланса водоема.

Традиционно считается, что на колебание уровня Каспийского моря в раннем неогене доминирующее влияние оказывали тектонические и горообразовательные процессы, в верхнем плиоцене – тектонические и климатические процессы, на современном этапе – климатические и антропогенные процессы, что обосновывается уровенным режимом Мирового океана, который также неоднократно входил в крупные трансгрессивные и регрессивные фазы развития (размах колебания уровня Мирового океана в раннем неогене и пли-

## Гипотезы непостоянства уровня Каспийского моря

Гипотезы	Краткое описание	Работа	Комментарии
1	2	3	4
<i>Геологическая концепция</i>			
1. Глубинные тектонические процессы (вертикальные и горизонтальные)	Изменение геометрии котловины моря	[1, 13]	В соответствии с положениями плейст-тектоники, последние примерно 80 млн лет происходит конвергенция Африки и Евразии, что создало своеобразную кинематику плит и микроплит в Восточно-Средиземноморском регионе. Новейшие результаты точных инструментальных измерений горизонтальных перемещений в регионе Каспия свидетельствуют о современных движениях этих микроплит более 5 см в год (по данным GPS). Они не изменялись с позднего миоцена [32]. Например, Аравийская плита («Аравийский клин») движется в северном направлении со скоростью 25 мм/год [32–34]. Подобные перемещения способны вызвать изменения геометрии котловины моря и соответственно положение его уровня. Однако объяснить высокочастотные вариации уровня Каспийского моря ( $n-1$ лет + $n-10$ лет) с этих позиций невозможно
2. Субгоризонтальные тектонические процессы «сжатия-растяжения» блоков земной коры в ложе Каспийского моря	Отжим водной массы из осадочной толщи ложа Каспия и подъем его уровня; поглощение осадочными образованиями морских вод и снижение уровня водосема	[14, 22]	Гидролитосфера Каспийского осадочного бассейна весьма внушительна по своим ресурсам. Например, за время существования Южно-Каспийской впадины осадочными породами при седиментации захвачено более $40,7 \cdot 10^{20}$ г свободных и физически связанных вод, из которых $7,4 \cdot 10^{20}$ г сохранились до настоящего времени [35–36]. Большая же часть ( $33,3 \cdot 10^{20}$ г) в ходе эволюции впадины выделялась и поступила обратно в океанические и морские акватории. Тем не менее подземные воды, выделяющиеся из осадочного чехла преимущественно Южного Каспия, скорее всего только одна из составляющих, приводящих к повышению его уровня, и в целом объяснить положительный дисбаланс его вод в течение длительного времени все же невозможно
3. Влияние сейсмических процессов (землетрясения)	Приток-отток вод в процессе подготовки и реализации сейсмических событий; углубление прогибов, поперечное укорочение, рост локальных антиклиналей	[15, 16]	Тектонические процессы, отражающиеся в сейсмичности, вносят существенный вклад в колебания уровня моря. Подтверждение тому – корреляция последних с величинами суммарного выделения сейсмической энергии в отдельных сейсмо-тектонических провинциях региона, а также подъем уровня моря при сильнейших землетрясениях [15, 16]. Предполагается участие подземных вод, но не приводятся почти никакие сведения относительно их генезиса

<p>4. Активное накопление твердых осадков</p> <p>5. Прекращение заполнения Средне-Каспийской впадины донными наносами</p>	<p>Уменьшение емкости котловины Каспия</p> <p>Смена геодинамического режима дна Каспийского моря</p>	<p>[3]</p> <p>[17]</p>	<p>Возможно объяснить частично только лишь подъем уровня Каспийского моря, в то время как снижение уровня оказывается за рамками данной гипотезы</p> <p>Ключевую роль в изменении водного баланса Каспия играет Южно-Каспийская впадина, эволюция которой была сопряжена с весьма активной морской седиментацией и на долю которой приходится примерно 2/3 массы подземных вод. В пределах Северного и Среднего Каспия эти составляющие баланса невелики</p>
<p><i>Гидрогеологическая концепция</i></p>			
<p>6. Увеличение-сокращение стока подземных вод в бассейн Каспия</p> <p>7. Противофазный переток вод по гидрогеологической «трубе» сообщающейся системы Арал-Каспий</p>	<p>Изменение баланса вод в Каспийском море</p> <p>Противофазное изменение баланса вод в Каспийском и Аральском морях</p>	<p>[18, 25]</p> <p>[15, 19]</p>	<p>Подземный приток и отток являются наиболее трудно определяемыми составляющими водного баланса Каспийского моря. В сравнении с другими составляющими водного баланса его вклад в изменение уровня моря ничтожен – двукратное изменение <math>Q_{под}</math> может повлечь изменение уровня моря всего на 1 см</p> <p>Зеркало Арала превышает каспийский уровень на 80 м. Следовательно, одно-сторонний переток озерных вод по гидрогеологической «трубе» в благоприятствующие тому периоды может способствовать только росту уровня Каспия, так как весьма сложно представить переток вод в обратном направлении</p>
<p>8. Разгрузка ювенильных вод в пределах каспийских рифтогенных структур и сейсмофокальных зон</p> <p>9. Переток грунтовых вод бассейна Амударья в Каспийское море под руслом Узоя</p>	<p>Пульсационный характер ювенильной разгрузки способствует изменению баланса вод в Каспии</p> <p>Изменение баланса вод в Каспийском море</p>	<p>[20, 21]</p> <p>[15]</p>	<p>Современная геодинамика региона (субокеанический тип земной коры, наличие (палео)зон субдукции и рифтогенных структур) благоприятствует разгрузке ювенильных вод, что фиксируется натурными исследованиями [20]. Установлено высокое содержание флюидной фазы в выявленном здесь коровом и верхнемантийном волноводе, область подъема которого к земной поверхности совпадает с зоной наиболее активного развития гризьевого вулканизма [37]</p> <p>Незначительная, но вероятная статья приходной части водного баланса Каспийского моря</p>

1	2	3	4
<p>10. Влияние гидрологического режима рек бассейна Каспия</p> <p>11. Климатические изменения режима испарения</p> <p>12. Влияние Эль-Ниньо на гидрологический режим бассейна Каспия</p> <p>13. Наступление и отступление ледников</p>	<p>Изменения уровня Каспия в соответствии с расходом Волги и других рек его бассейна</p> <p>Снижение испарения морских вод в связи с климатическими изменениями и соответственно расходной части баланса Каспия</p> <p>Влияние Эль-Ниньо на температурный режим Земли и глобальное изменение климата</p> <p>Регрессия Каспия в ледниковые периоды, трансгрессия в межледниковые</p>	<p>Климатическая концепция</p> <p>[3, 12, 23, 26 и др.]</p> <p>[2]</p> <p>[2, 24]</p> <p>[24]</p>	<p>Невозможно получить объяснение быстроты и длительности подъема уровня в 1978–1997 г. г. и некоторым предшествовавшим вариациям, а также значительные невязки водного баланса Каспия (в 1982 г. невязка баланса составила 72 мм, а в 1983 г. – 123 мм [15])</p> <p>Методические и технические сложности определения величины испарения с поверхности Каспия в связи с отсутствием надежных методов ее измерения. Незначительный вклад в изменение уровня: амплитуда испарения в XX в. составила 190 км<sup>3</sup>, что соответствует изменению уровня моря на 49 см [1, 31]</p> <p>Объем атмосферных осадков, выпадающих на поверхность моря, небольшой (в сравнении, например, с объемом речного стока). Следовательно, влияние осадков на уровень Каспийского моря незначительно. За XX в. наибольшее количество осадков (около 120 км<sup>3</sup>) выпало в 1969 г., наименьшее (около 50 км<sup>3</sup>) – в 1944 г. Отсюда максимальный размах межгодовых колебаний количества атмосферных осадков составил 70 км<sup>3</sup>, что соответствует изменению уровня моря лишь на 18 см [1, 31]</p> <p>Невозможно в принципе объяснить высокочастотные вариации уровня Каспийского моря. Так, за последнее столетие уровень колебался в интервале –26,6 до –25,6 м, периоды колебаний измерялись годами, реже десятилетиями</p>
<p>14. Влияние нефтеразведки и нефтепромыслов в акватории Каспийского моря</p>	<p>Увеличение подземного стока в море, обусловленное вскрытием гидродинамических зон под дном моря буровыми скважинами</p>	<p>Техногенная концепция</p> <p>[24]</p>	<p>Вскрытие высоконапорных флюидодинамических систем зоны разуплотнения глинистых пород ложа Южного Каспия приводит к колоссальной разгрузке подземных вод с дебитом в пределах первого миллиона м<sup>3</sup>/с. Пример – скв. № 81 на месторождении «Бахар» в 1980 г. с глубины 500 м фонтанировала водой с дебитом 0,5 млн м<sup>3</sup>/с, а высота водяной струи достигла 70 м</p>

<p>15. Техногенное ухудшение режима испарения морских вод</p>	<p>Снижение испарения в результате «накрывания моря влажным покрывалом», созданным испаряемой с прилегающих орошаемых земель влагой, который привел к ухудшению режима испарения морских вод, вряд ли существенно в свете социально-экономических преобразований в России за последние 15 лет, вызвавших обвальное падение сельскохозяйственного производства</p>	<p>[27]</p>	<p>Влияние эффекта «накрывания моря влажным покрывалом», созданным испаряемой с прилегающих орошаемых земель влагой, который привел к ухудшению режима испарения морских вод, вряд ли существенно в свете социально-экономических преобразований в России за последние 15 лет, вызвавших обвальное падение сельскохозяйственного производства</p>
<p>16. Разбор вод Волги и других рек бассейна на хозяйственные нужды</p>	<p>Уменьшение речного стока в Каспий и снижение его уровня</p>	<p>[1, 28, 29]</p>	<p>То же</p>
<p>17. Влияние переноса аравийской пыли и солей в регион Каспия</p>	<p>Выпадающие соли увеличивают осадки и уменьшают испарение</p>	<p>[27]</p>	<p>См. комментарий к п. 11</p>
<p>18. Воздействие ядерных взрывов на Мангышлаке</p>	<p>Интенсивная разгрузка в Каспий напорных вод вследствие увеличения трещиноватости пород гидрогеологического разреза</p>	<p>[30]</p>	<p>Ядерные взрывы вызывают сейсмические явления, которые, так же как и природные землетрясения, способствуют активизации разрывных тектонических нарушений – основных каналов разгрузки подземных вод различного происхождения</p>
<p>19. Уменьшение испарения морских вод из-за загрязнения Каспия нефтью</p>	<p>Нефтяная пленка резко снижает испаряемость морских вод</p>	<p>[31]</p>	<p>Гипотеза имеет, безусловно, значение и принимается во внимание при учете общего снижения испарения (п. 15 + п. 17 + п. 20). В начале XX столетия с поверхности моря испарялось 390–395 км<sup>3</sup> воды, а в последние годы из-за повышения увлажненности климата оно снизилось до 344 км<sup>3</sup>. Амплитуда испарения составила 190 км<sup>3</sup>, что соответствует изменению уровня моря на 49 см [1, 6, 31]</p>
<p>20. Изоляция залива Кара-Богаз-Гол</p>	<p>Исключение из баланса Каспия мощного естественного испарителя вод</p>	<p>[1, 31 и др.]</p>	<p>При более высоком уровне Каспийского моря увеличится отток вод в Кара-Богаз-Гол, что приведет к возрастанию испарения до 20–25 км<sup>3</sup>/год и по крайней мере замедлит рост уровня моря</p>

оцене достигал 100 м и более) [1, 31]. Однако в последние годы все более распространяются представления о несостоятельности климатической модели колебаний уровня Каспия [13–16, 18, 20, 22, 25, 38 и др.].

Водный баланс Каспийского моря складывается из *приходной* составляющей ( $Q_{\text{пов}} + Q_{\text{подз}} + P$ ), где  $Q_{\text{пов}}$  – суммарный объем речного стока, поступающего в море ( $\text{км}^3$ ),  $Q_{\text{подз}}$  – подземный приток в море ( $\text{км}^3$ ),  $P$  – атмосферные осадки, выпадающие на поверхность моря ( $\text{км}^3$ ), и *расходной* части ( $E + Q_{\text{кбг}} + R_{\text{подз}}$ ), где  $E$  – испарение с поверхности моря ( $\text{км}^3$ ),  $Q_{\text{кбг}}$  – объем стока морской воды в залив Кара-Богаз-Гол ( $\text{км}^3$ ),  $R_{\text{подз}}$  – объем подземного оттока морской воды ( $\text{км}^3$ ). В случае, если  $(Q_{\text{пов}} + Q_{\text{подз}} + P) > (E + Q_{\text{кбг}} + R_{\text{подз}})$ , уровень повышается, а при обратном знаке – понижается. Обращает на себя внимание тот факт, что такие компоненты, формирующие уровенный режим моря, как  $Q_{\text{пов}}$ ,  $P$  и  $E$ , не коррелируют между собой; их временной ход имеет разнонаправленное направление [15, 31]. В то же время в период последнего (современного) подъема уровня Каспия отмечаются значительные невязки его водного баланса. Так, в 1982 г. невязка баланса составила 72 мм, а в 1983 г. – 123 мм [31]. Такие значительные невязки, выходящие за пределы точности расчета водного баланса, свидетельствуют о том, что последний невозможно свести только с учетом климатических факторов. Следовательно, имеют место неудовлетворительно оцененные составляющие водного баланса. Оценивая степень возможного влияния и достоверность определения каждого составляющего водного баланса на уровень Каспийского моря, следует отметить, что наиболее трудно определяемыми из них являются подземный приток и отток. По данным разных авторов, разгрузка подземных вод в Каспий изменяется от 0,3 до 50  $\text{км}^3/\text{год}$ . Так, В. Ю. Георгиевский оценивает ежегодный подземный приток в 5  $\text{км}^3$  [38], по расчетам М. И. Кривошей [15], он составляет порядка 50  $\text{км}^3/\text{год}$ . Порядок величины подземного оттока морских вод до сих пор не установлен, и в уравнении водного баланса он обычно не учитывается. В связи с этим становится очевидным, что одним из главных компонентов водного баланса Каспийского моря, обуславливающим возникновение периодических невязок в балансовых расчетах, является явно недооцениваемый приток подземных вод. Но большинство исследователей (особенно опирающихся на определяющее влияние изменения водного баланса Земли на уровенный режим Каспия) не желают этого признать по причине неясности механизмов периодической крупномасштабной разгрузки подземных вод. По мнению В. Н. Михайлова и др. [12, 23], гипотезе существенного постушения подземных вод в море противоречат, во-первых, ненарушенная стратификация иловых вод (что может указывать на отсутствие заметных миграций вод через толщу донных отложений), во-вторых, отсутствие доказанных мощных гидрологических, гидрохимических и седиментационных аномалий в море, которые должны были бы сопровождать подобную разгрузку подземных вод, способную повлиять на изменения уровня водоема. Однако в ряде работ мы все же находим описание гидрологических и гидрохимических инверсий, а также фактические материалы о крупномасштабных периодических разгрузках подземных вод глубокой циркуляции [20, 39, 40]. Можно констатировать, что отрицание в целом значимости различных аспектов геологической концепции в анализе водного баланса Каспия и, в частности, важности тектонического фактора направляет многих ученых по заведомо ложному пути. Объяснения дебаланса вод моря только с позиций климатической концепции не представляются правдоподобными даже с использованием методов «эластичной» статистики. В то же время более широкий взгляд на проблему с учетом геодинамики, сейсмологии, тектоники региона, гидрогеохимии и состояния флюидодинамических систем позволяет представить и конкретные механизмы крупномасштабной субмаринной разгрузки глубинных подземных вод.

В расчетах В. П. Зверева [35, 40] определено, что в осадочной толще Каспийского бассейна содержится примерно  $11,9 \cdot 10^{20}$  г связанных и свободных подземных вод, из которых

на последние приходится  $7,4 \cdot 10^{20}$  г, что практически на порядок (!) превышает массу воды Каспийского моря ( $0,8 \cdot 10^{20}$  г). Подавляющая часть этих вод ( $5,3 \cdot 10^{20}$  г) сосредоточена в Южно-Каспийской впадине. В процессе разуплотнения глинистых пород (переход монтмориллонита в гидрослюда с высвобождением связанной воды [41]) на относительно небольших глубинах (около 2 км) формируются аномально высокие пластовые давления, способные создать весьма своеобразный гидродинамический режим осадочной толщи. Зона разуплотнения пород может существовать и на больших глубинах. Например, в Южной котловине она установлена на глубинах 7–13 км (региональная зона сильного разуплотнения) [42]. Средняя ее мощность примерно 4 км, а при 10%-ной пористости эта область должна содержать около  $0,6 \cdot 10^{20}$  г воды, что близко к массе воды в современном Каспии. Как считает В. Н. Холодов [43], вода зон аномально высоких пластовых давлений способна к мобилизации в грязевых вулканах региона Южно-Каспийской впадины или по пластам-коллекторам на ее обрамлениях. Кроме этого, активизация существующих и возникновение новых каналов (тектонические разломы, трещины) при сильных землетрясениях способны за несколько месяцев разгрузить флюидные очаги [14–16, 22], на что указывают неоднократные наблюдения различных исследователей. Так, в конце 1970-х годов при разбуривании структуры Ракушечная, расположенной в зоне Кендырли-Туаркырского разлома, в недрах Казахского залива были вскрыты высоконапорные пластовые воды юрских отложений, а также пластичные глины палеогена. В результате здесь заработал грифон, который привел к аварийному обрушению в 1983 г. буровой установки. По этому грифону (данные водолазного обследования, 2001 г.) продолжается разгрузка подземных вод и газов в толщу вод Каспия по сей день [39]. В статье Н. Ю. Халилова «Катастрофы на Каспии», опубликованной в газете «Вышка» от 12 ноября 1999 г., достаточно подробно описывается катастрофа на месторождении «Бахар» на скв. № 81, которая произошла в 1980 г. Данная скважина с глубины 500 м фонтанировала водой с дебитом 0,5 млн м<sup>3</sup>/с, а высота водяной струи достигла 70 м. Как отмечает автор, причина этого фонтана осталась невыясненной, а таких катастрофических явлений на Каспийском море было немало. Так, бурение скв. 42 на грязевом вулкане Дашгиль завершилось тем, что из забоя была выброшена вся колонна бурильных труб длиной 2500 м, которая силой выброса оказалась кольцеобразно уложенной вокруг буровой вышки. Другие случаи ассоциируются с появлением так называемых «буйных скважин», широко распространенных в Бакинском районе. Аварии в этом случае сопровождаются внезапным выделением большого количества воды и газа, провалом буровой и образованием округлых воронок диаметром 200–250 м. В течение длительного времени после аварии (8–10 лет) вода выносит на поверхность огромное количество глинистого материала [40]. Эта же проблема затрагивается в статье С. Шмуклирова «Тайна Бакинских подземных вод», опубликованной в газете «Вышка» от 30 июня 2000 г. В ней приведены случаи, когда при строительстве станций Бакинского метрополитена и подземных переходов строители сталкивались с очень сильным напором подземных вод. В работе Б. Н. Голубова и др. [44] найдена информация о подробном анализе карт температуры поверхности моря (космическая съемка), который показал, что в начале апреля 2001 г. произошел крупномасштабный подъем глубинных вод в поверхностные слои с эпицентром к северо-востоку от Апшеронского полуострова. Масштабы этого природного катаклизма были столь значительны, что наблюдавшийся до того интенсивный прогрев поверхностных слоев воды в Каспийском море сменился повсеместным интенсивным охлаждением моря, а на восстановление термического режима Каспия потребовалось две недели. Распространение выхолаживания в Среднем Каспии происходило вдоль полосы северо-восточного направления, ось которой простиралась от северного берега Апшеронского полуострова до Казахского залива. Полученные в тот же период вертикальные профили гидрологических и гидрохимических характеристик показали, что по всей толще вод Среднего Каспия произошло резкое уменьшение содержа-



ния кислорода, не имевшее аналогов за весь период наблюдений за условиями аэрации моря и формирования в его придонных слоях сероводорода, проводимых с начала XX в.

Масса седиментогенных вод, способных к реальной мобилизации при разуплотнении глинистых пород, на четыре порядка превышает массу воды, которая определяет ежегодный подъем уровня Каспийского моря начиная с 1978 г. –  $1,1 \cdot 10^{16}$  г/год! [36]. Таким образом, можно констатировать, что гидrolитосфера Каспийского осадочного бассейна весьма внушительна по своим ресурсам и при прочих равных условиях вполне может служить одним из главных источников пополнения объема вод моря и веским аргументом при выяснении причин невязок его водного баланса. Вместе с тем нельзя не согласиться с В. П. Зверевым [35, 40] в том, что подземные воды, выделяющиеся из осадочного чехла преимущественно Южного Каспия, скорее всего только одна из составляющих повышения его зеркала и всецело объяснить положительный дебаланс вод в течение длительного времени все же не могут. Следовательно, вопрос пополнения объема вод уникального водоема остается нерешенным.

Очевидно, что немаловажное значение в формировании приходной части баланса вод Каспия играют и другие типы подземных вод, а именно возрожденные и ювенильные. Каковы же механизмы поступления внушительных объемов различных типов подземных вод в Каспийское море? Попытаемся разобраться в этом, опираясь на современные представления о геодинамическом режиме Каспийского региона.

Современная геодинамическая ситуация исследуемого региона представлена на рис. 2. Современный и новейший структурный план Крымско-Кавказско-Копетдагской ветви Альпийско-Гималайского подвижного пояса, в пределах которого локализована Южно-Каспийская впадина, формировался в результате закрытия бассейнов с корой океанического типа, принадлежавших мезозойскому океану Тетис в условиях конвергенции Африкано-Аравийской и Евразийской литосферных плит в связи с открытием Атлантики. Следовательно, Каспийский регион в тектоническом отношении представляет собой гетерогенную структуру весьма сложного глубинного строения, где происходит сочленение разновозрастных структур континента: Восточно-Европейской докембрийской платформы, Скифской и Туранской эпипалеозойских плит и альпийских складчатых сооружений на юге.

В соответствии с современной плитотектонической моделью признано наличие Восточно-Европейской, Скифской, Западно-Туранской, Малокавказской, Южно-Каспийской и Иранской литосферных мезоплит (см. рис. 2). К их границам приурочены разновозрастные структуры – фрагменты континентальной или субокеанической коры, на которые в процессе закрытия палеоокеана Тетис оказывали влияние субдукция и коллизия. С позднемiocенового времени Восточно-Европейская плита считается малоподвижной. Скифская и Малокавказская плиты перемещаются по азимуту  $18^\circ$  со скоростью 1,92 см/год и одновременно вращаются против часовой стрелки на  $2,03 \cdot 10^{-7}^\circ$  [46]. Западно-Туранская и Иранская мезоплиты движутся к северо-западу по коллизионным швам со скоростью 1,7 см/год, а Южно-Каспийская плита смещается по азимуту  $319^\circ$  со скоростью 0,4 см/год. Относительно Восточно-Европейской плиты она вращается с угловой скоростью  $0,6 \cdot 10^{-7}^\circ$  против часовой стрелки [45]. Таким образом, Каспийский регион оказался в центре конвергенции нескольких плит с различными параметрами кинематики. Все это обусловило сложность этапа геодинамического развития и сопряжения разнотипных геоструктурных элементов (см. рис. 2).

Центральным звеном геотектонического строения исследуемого региона является Южно-Каспийская впадина, которая, по мнению В. Е. Хаина [46], представляет собой в ряде отношений уникальную структуру даже среди ей подобных. Во-первых, ее выполняет толща отложений огромной мощности – до 25 км, во-вторых, в ней необычно ярко проявлены глиняный диапиризм и грязевый вулканизм, в-третьих, к ней приурочены крупные нефтяные месторождения. Время и события, приведшие к образованию Южно-Каспийской впадины,

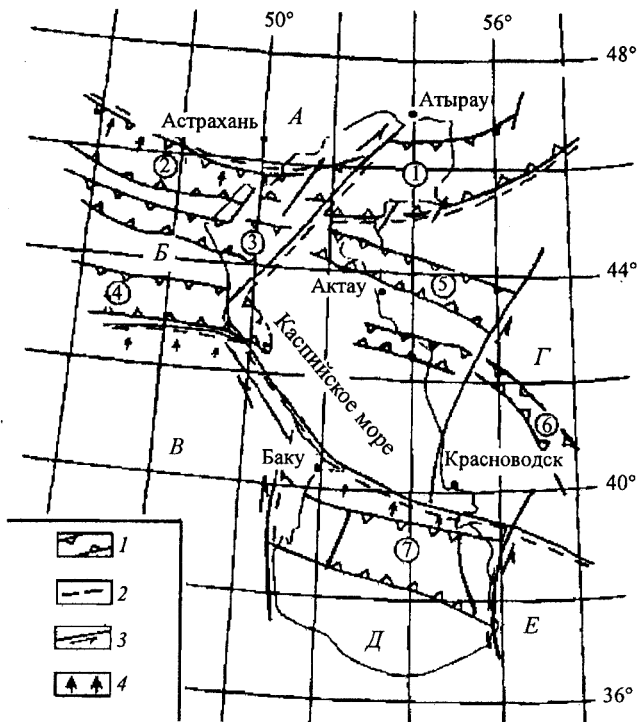


Рис. 2. Схема геодинамических структур Каспийского региона [47].

1 – палеорифты (цифры в кружках): 1 – Южно-Эмбинский (Восточно-Европейская платформа), 2 – кряж Карпинского, 3 – Восточно-Маньчский, 4 – Терско-Каспийский (Скифская плита), 5 – Центрально-Мангышлакский, 6 – Туаркыр-Караауданский (Туранская плита), 7 – Южно-Каспийский (Альпийская складчатая область); 2 – границы мезоплит – швы столкновения разновозрастных платформ; 3 – швы скольжения, сдвиги; 4 – зоны субдукции; мезоплиты: А – Восточно-Европейская, Б – Скифская, В – Малокавказская, Г – Западно-Туранская, Д – Южно-Каспийская, Е – Иранская.

до сих пор остаются дискуссионными, но наиболее популярны две версии геодинамических условий ее образования. По первой модели Южно-Каспийская впадина (по аналогии с Черноморской, а также впадиной Охотского моря) представляет продукт задугового рифтинга и спрединга, связанного с развитием магматической дуги Эльбурса. По другой модели Южно-Каспийская котловина формировалась под действием опять же рифтинга, но в меридианальном направлении. В любом случае, как считает В. Е. Хаин [46], относительная молодость и рифтогенное происхождение Южно-Каспийской впадины несомненны. На это указывают основные геофизические признаки, такие как повышенный тепловой поток, разуплотненность пород верхней мантии и высокое залегание кровли границы Мохоровичича и астеносферы. Поверхность Мохоровичича в обрамлениях рифта залегает на глубине 40–45 км, а в центре 30–32 км, очерчивая крупное мантийное поднятие. Поверхность астеносферы на материалах магнитотеллурического зондирования (МТЗ) выражена высокопроводящим слоем, глубина которого под рифтом составляет 40–50 км, а по периферии погружается до 100–120 км. Плотность теплового потока относительно повышена – 60–70 мВт/м<sup>2</sup> [45]. Южно-Каспийский рифт в области альпийской складчатости образовался за счет мезозой-эоценового расхождения, олигоцен-раннеплиоценовой коллизии и среднеплиоцено-антропогеновой изостазии малых плит. Мезозой-эоценовое растяжение, обусловленное

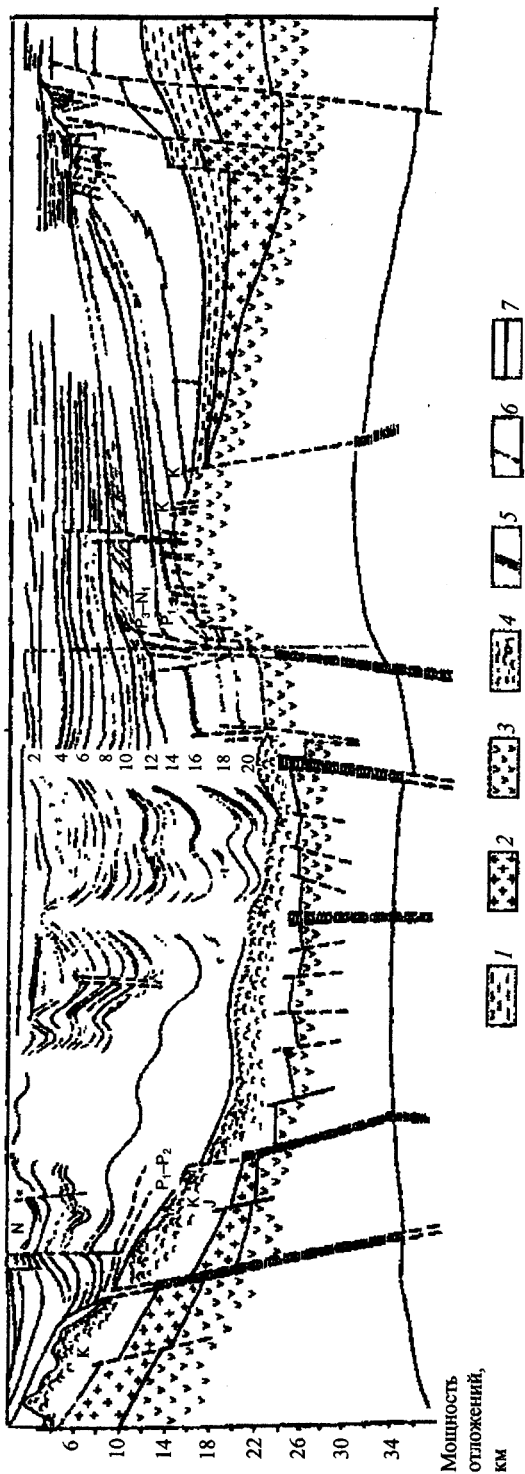


Рис. 3. Широкий геологический профиль через Южно-Каспийскую впадину (по И. С. Гулиеву) (см. [46]).  
 1 – палеозойский фундамент; 2 – гранитный слой; 3 – базальтовый слой; 4 – мезозойские магматиты; 5 – глубинные разломы;  
 6 – прочие разломы; 7 – поверхности несогласий.

деструкцией коры вследствие подъема мантийного диапира, привело к внедрению вещества базальтового слоя и мантии. В олигоцен-раннеплиоценовое время коллизии Аравийского выступа с Малокавказской плитой начинается общее региональное сжатие. В результате этих процессов в олигоцене и неогене произошло полное перекрытие Южно-Каспийского бассейна. Горизонтальные усилия трансформировались в вертикальные движения, вследствие чего образовались горные сооружения на месте Большого Кавказа и Южно-Каспийская впадина прекратила свое существование как междугорной бассейн и превратилась в межгорный молассовый прогиб [46–48]. В среднеплиоцен-антропогеновое время изостазии усилилось расширение впадины. Область наибольшей толщины осадочных отложений (до 25 км) совпадает с высоким положением поверхности Мохоровичича. Из них около 10–12 км приходится на плиоцен-квартер. В позднеальпийский этап развитие Южно-Каспийского рифта происходило уже на фоне субмеридионального сжатия, приводившего на границе взаимодействующих плит к развитию линейных складок и взбросонадвигообразованию. Это Апшероно-Прибалханская тектоническая зона с серией локальных поднятий, осложненных надвигами.

Южно-Каспийская впадина имеет овальную форму с меридианальной длинной осью протяженностью 400 км; ее глубина превышает 1000 м. В эту впадину с запада открываются Апшероно-Кобыстанский и Нижнекуринский прогибы, с востока – Западно-Туркменский, а на юге к ней примыкает Предэльбурский прогиб. Глубоководная часть впадины состоит из двух котловин: на севере – Азербайджанской, на юге – Иранской. На востоке под широким шельфом скрывается погребенное поднятие Година. Пологий его свод лежит на глубине 8 км и перекрыт горизонтально залегающим кайнозойем. На склонах свода к нему прислонены меловые отложения, а на переходе к глубоководной котловине предполагается разлом [49]. На востоке на склон поднятия Година наложен Западно-Туркменский молассовый прогиб (рис. 3).

Большой интерес в геодинамическом отношении представляет также центральная часть Каспия – область сочленения Кавказ-Копетдагской альпийской структуры и Скифско-Туранской эпигерцинской платформы. Эта область, разделяющая Южный и Северный Каспий, трассируется геоморфологически Челекен-Апшеронским порогом (глубина моря в северной части Каспия составляет всего 2–4 м, на юге достигает 1200 м), сейсмически – узкой полосой очагов землетрясений, геофизически – максимальными градиентами рельефа консолидированной коры (по данным глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) [37, 50], поверхность кристаллического фундамента в районе Челекен-Апшеронского порога резко погружается в южном направлении от глубин 2–3 км до 20 км и более), изостатических аномалий, магнитного поля, теплового потока. Все приведенные данные подтверждают наличие здесь функционирующей зоны Беньофа.

Северный Каспий представлен типичной континентальной корой, покрытой осадочным чехлом небольшой мощности и состоящей из «гранитного» (мощность около 10 км) и «базальтового» (мощность 15–20 км) слоев.

В Южно-Каспийской впадине земная кора имеет совершенно иную, океаническую, структуру и состоит из двух слоев: мощной (свыше 20 км) осадочной толщи и «базальтового» слоя мощностью 10–15 км. «Гранитный» слой отсутствует. Граница Мохоровичича в области впадины расположена на глубине 30–35 км. В сторону Кавказа и Копетдага она погружается до 45–50 км и более. Новейшие исследования показали, что строение земной коры Южно-Каспийской впадины в целом вполне согласуется с типовыми характеристиками других глубоких осадочных бассейнов. Вместе с тем этой впадине свойственно более яркое проявление процесса деструкции земной коры [50]. Современный осадочный бассейн Южного Каспия, продолжающийся на суше в Азербайджан и Туркмению, по мнению А. М. Никишина, возник за счет нескольких механизмов погружения [50]. Единого мнения по поводу его истории пока не существует, но намечена следующая последовательность со-

бытий. Примерно 160–155 млн лет назад начался рифтинг, который 155–145 млн лет назад привел к формированию микроокеанического бассейна с корой, близкой по строению к океанической. Затем 145–35 млн лет назад бассейн медленно термально погружался за счет охлаждения его литосферы и заполнялся осадками. Примерно 35 млн лет назад на месте Кавказа, Эльбурса и Копетдага начали формироваться складчатые сооружения, которые последние 11 млн лет испытывают воздымание и превратились в горы. Бассейн Южного Каспия стал краевым прогибом сразу для трех горных систем: Большого Кавказа, Эльбурса и Копетдага. Погружение Южного Каспия ускорилось сразу за счет двух основных механизмов: его литосфера вдавливается вниз из-за регионального сжатия и субдукции и его литосфера погружается в связи с избыточной тяжестью литосферы орогенов Большого Кавказа и Эльбурса [50]. Таким образом, современная геодинамическая ситуация Южно-Каспийской субокеанической мезоплиты может представлять собой в геотектоническом отношении своеобразную динамопару: Южно-Каспийская впадина с ее обрамлениями – Эльбурсом и Талышом, с одной стороны, и Апшеронским порогом над тектоническим уступом Среднего Каспия – с другой [16], находящиеся в условиях коллизионного сжатия в соответствии с морфологией новейших нарушений обрамлений их впадин и современными деформациями по космогеодезическим данным [51].

Важным следствием существования (палео)зон субдукции и рифтинга, в рамках обсуждаемой в настоящей статье проблемы, является реальная возможность существования здесь дополнительного мантийного резервуара водных и прочих флюидов. М. В. Родкин [34] оценивает восходящий поток возрожденных вод из зоны субдукции в области Апшеронского порога в пределах  $0,19 \cdot 10^9$  м<sup>3</sup>/год. Подтверждением достоверности расчетов, по его мнению, может служить средняя по времени величина объема эруптивных вод, выбрасываемых в указанном регионе в процессе грязевого вулканизма –  $0,18 \cdot 10^9$  м<sup>3</sup>/год [52]. Поступление потока такого масштаба в Каспий способно дать весьма скромный вклад в изменение его уровня. Следовательно, объяснить дебаланс Каспийского моря только подтоком седиментационных и возрожденных вод по-прежнему невозможно. И здесь необходимо обратить внимание, опираясь опять же на современную геодинамику и геотектоническое строение рассматриваемого региона, на существование потока ювенильных вод, по непонятным причинам игнорируемый многими из исследователей.

Поступление флюидов в земную кору из верхней мантии обусловлено процессами дегазации Земли, продолжающимися и в настоящее время. Эндогенные потоки H, NH<sub>4</sub>, N, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S и часто сопровождающего их He – это объективная реальность, подтверждаемая инструментальными измерениями. Главной особенностью процесса глубинной дегазации является неравномерность его во времени и в пространстве. Причем потоки эндогенных флюидов в рифтовых зонах на два порядка превосходят потоки из других геоструктурных зон, потому главными каналами дегазации Земли, через которые растворенные во внешнем ядре газы выходят на дневную и морскую поверхность, служат рифтовые зоны. Вода и углекислота являются основными компонентами мантийных летучих, которые содержат также CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S и некоторые другие соединения [53]. Поступление в земную кору мантийных флюидов происходит в наибольшей степени в структурах, где мантийные расплавы поднимаются к нижней границе коры, т. е. в активных зонах. Флюидные потоки поднимаются вдоль зон разломов или региональных линейных метасоматических зон под избыточным флюидным давлением из астеносферы или нижних горизонтов литосферы и создают напряженные системы, функционирующие длительное время – десятки и сотни миллионов лет [54]. Поступление флюидов из мантии контролируется обычно структурами, отличающимися тектонической и/или магматической активностью. Наиболее контрастно это прослеживается в областях современного и палеорифтогенеза, поскольку именно в условиях деформаций растяжения земной коры за счет эффекта декомпрессии в подкорových глубинах создаются условия

для возникновения магматических очагов, с которыми генетически связано образование глубинного водного флюида и, следовательно, ювенильной воды. К подобным областям, безусловно, относится Каспийский регион. В. Л. Сывороткин в своих работах [55, 56] выделяет четыре главных меридиональных ствола мировой рифтовой системы: Срединно-Атлантический, Индо-Уральский, Западно-Тихоокеанский и Восточно-Тихоокеанский. В Северном полушарии Индо-Уральский меридиональный ствол приурочен к складчатой системе Урала с северным продолжением в структурах Новой Земли и желобе Св. Анны, южнее его продолжение прослеживается в меридиональной впадине Каспийского моря, включая Прикаспийскую синеклизу.

Генерация ультрапресных ювенильных вод в условиях рифтогенеза осуществляется за счет кислородсодержащего углеводородного мантийного флюида, представляющего самостоятельную водно-углекислотную ветвь глубинной дегазации Земли. Даже в современных гидрогеологических структурах, переживших рифтогенный режим в отдаленные геологические эпохи, влияние подтока ювенильного флюида также может иметь место. В этом случае дегазация мантии может продолжаться благодаря современной тектонической активности региона [54].

Ювенильные воды в момент своего зарождения являются ультрапресными [57], что подтверждается:

- а) составом газовой фазы газовой-жидкого (глубинного) флюида, отделяющегося от магматического очага в условиях рифтогенеза – в ней отсутствуют кислые думы [58];
- б) низкой растворяющей способностью неструктурированной воды, каковой она является в *PT*-условиях, при которых осуществляется ее синтез;
- в) отсутствием во вмещающих породах, с которыми она может вступать во взаимодействия в начальный период своего существования (а это главным образом базальты либо лерцолиты), хорошо водно-растворимых соединений.

Поступление ювенильных вод в вышележащие коровые горизонты может приводить в ряде случаев к формированию гидрохимических инверсий. Последние, как правило, контролируются разрывными тектоническими нарушениями, в основном глубокого заложения. Это в полной мере может относиться и к региону Каспийского моря, учитывая его геодинамику и геотектонику. Работами М. А. Мартыновой [20] установлено, что для отдельных районов Каспийского моря характерен инверсионный тип гидрохимического разреза, формирование которого, очевидно, связано с подтоком слабоминерализованных ювенильных вод. Вывод сделан на основании результатов исследований, проведенных в 1980 г. и заключающихся в погоризонтном гидрохимическом опробовании воды в районе Апшеронского порога с борта судна «Биолог» (16 станций, расположенных на линии Баку – п-ов Челекен). Как уже отмечалось, Апшеронский порог представляет наиболее интересную часть Южно-Каспийской впадины. Окаймляя ее с севера, он характеризуется развитием молодых антиклинальных структур, осложненных грязевым вулканизмом, связанным с тектоническими нарушениями (рис. 4).

Проведенные гидрохимические исследования выявили четкую инверсию химического состава морских вод вдоль линии Апшерон–Челекен. Необычная дифференциация в составе морской воды наиболее убедительно проявилась в поведении главных анионов морской воды, особенно ионов хлора и гидрокарбонат-иона, а также показателя общей минерализации. Подобное явление может свидетельствовать о масштабной разгрузке ультрапресных ювенильных вод по системе глубоких разломов и через грязевые вулканы, наиболее интенсивной вдоль сейсмофокальной зоны и, по-видимому, в пределах рифтогенной структуры (см. рис. 2). Однако в пределах последней поток ювенильных вод экранируется весьма мощным (до 30 км) осадочным чехлом Южно-Каспийской впадины и, скорее всего, существенно «разубоживается» седиментогенными водами, в связи с чем его идентификация

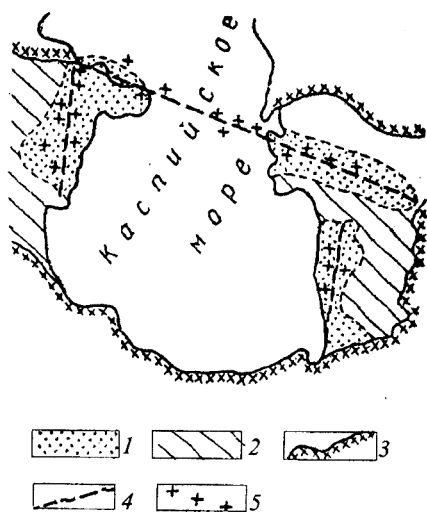


Рис. 4. Схема распространения опресненных карбонатных вод в недрах Южно-Каспийской впадины [20].

1 – зоны развития карбонатных вод; 2 – зоны отсутствия карбонатных вод; 3 – складчатое обрамление Южно-Каспийской впадины; 4 – глубинные разломы; 5 – грязевые вулканы.

весьма проблематична. Следует признать, что разгрузка всех отмеченных типов подземных вод, включая ювенильные, имеет априори нестационарный характер. В этой связи логично предполагать вариации размера вклада зон (палео)рифтинга и (палео)субдукции в формирование водного баланса Каспийского моря, чем и могут объясняться его периодические невязки.

Общий ювенильный подток в акваторию Каспия может быть оценен полуколичественно как разность между дебалансом Каспия и подтоком седиментогенных и возрожденных вод. Мы в принципе не отрицаем связь колебаний уровня Каспийского моря с климатическими вариациями. Более того, оценивая степень возможного влияния каждого составляющего водного баланса на уровень Каспийского моря, отметим в приходной части существенное влияние именно поверхностного стока. Так, за последние 100 лет амплитуда между максимальным и минимальным годовым поверхностным стоком составила  $260 \text{ км}^3$ , что в пересчете на водную поверхность моря соответствует изменению его уровня на 67 см. Иначе говоря, межгодовое варьирование уровня Каспийского моря только за счет изменения речного стока может составить более 0,5 м. Также важно, что поверхностный сток четко фиксируется инструментально, и потому больших погрешностей в его определении не может быть. Тем не менее оценка с позиций климатической концепции не способна дать исчерпывающего объяснения существенных невязок водного баланса Каспия, в связи с чем необходимо обратить серьезное внимание на иные источники его приходной части, а именно на существенный потенциал запасов седиментогенных вод ложа водоема, реальный подток возрожденных и ювенильных вод в пределах (палео)зон рифтинга и субдукции. Не следует, видимо, игнорировать и влияние изменения геометрии ванны Каспия вследствие тектонических процессов. Последние способны вызывать изменения не только формы акватории, но и величины подземного стока.

Таким образом, рассмотренные выше материалы не дают оснований усомниться в актуальности дальнейших исследований процессов разгрузки ювенильных, возрожденных и седиментогенных вод, а также изучения тектонических процессов, приводящих к деформациям ложа Каспия.

## Summary

*Khaustov V. V.* On influence of the geodynamic factor on the Caspian Sea water balance.

Modern aspects of a regional ecological problem connected with the rise of the Caspian Sea level are considered. Attention is paid to impossibility of explaining the Caspian Sea water balance from the climatic concept. Points of view the necessity of taking into account a geodynamic factor, tectonic processes and juvenile flow, revived and sedimental waters explaining a balance mistakes of a unique reservoir is underlined.

## Литература

1. *Гидрометеорология и гидрохимия морей*. Т. VI: Каспийское море. Вып. 1: Гидрометеорологические условия / Отв. ред. В. Н. Бортник. СПб., 1992.
2. *Голицын Г. С.* Каспий поднимается... // *Новый мир*. 1995. № 7. 3.
3. *Рычагов Г. И.* Экологические аспекты нестабильности уровня Каспийского моря // *Аридные экосистемы*. 1996. Т. 2, № 2–3. 4.
4. *Голубов Б. Н.* Подъем уровня моря – результат эксплуатации недр // *Вестн. РАН*. 1995. Т. 65, № 7. 5.
5. *Клиге Р. К.* Нарушение экологических условий подъемом уровня Каспия // *Проблемы экологической безопасности Каспийского региона*. М.; Махачкала, 1997. 6.
6. *Бутаев А. М., Монахов С. К., Гасанов Ш. Ш.* Уровненный режим Каспия и задачи экологии // *Материалы Междунар. конференции «Каспийский регион: экономика, экология, минеральные ресурсы»*: Тез. докл. Москва, 10–16 ноября 1995 г. М., 1995. 7.
7. *Защита народнохозяйственных объектов и населенных пунктов прибрежной полосы Каспийского моря в пределах Российской Федерации*. М., 1992. 8.
8. *Рычагов Г. И.* Плейстоценовая история Каспийского моря. М., 1997. 9.
9. *Малинин В. Н.* Проблема прогноза уровня Каспийского моря. СПб., 1994. 10.
10. *Лилленберг Д. А.* Тенденции современной эндодинамики Каспия и изменения уровня моря // *Докл. РАН*. 1993. Т. 331, № 6. 11.
11. *Татевян С. К.* Использование методов космической геодезии для современной геодинамики: Докт. дис. М., 1998. 12.
12. *Михайлов В. Н.* Загадки Каспийского моря // *Соровоск. образоват. журн. Науки о Земле*. 2000. Т. 6, № 4. 13.
13. *Уломов В. И.* Объемная модель динамики литосферы, структуры сейсмичности и изменений уровня Каспийского моря // *Физика Земли*. 2003. № 5. 14.
14. *Шило Н. А., Кривошей М. И.* Взаимосвязь колебания уровня Каспийского моря с напряжениями в земной коре // *Вестн. АН СССР. Сер. Физика Земли*. 1989. № 6. 15.
15. *Кривошей М. И.* Арал и Каспий (причины катастрофы). СПб., 1997. 16.
16. *Иванова Т. П., Трифонов В. Г.* Сейсмотектоника и современные колебания уровня Каспийского моря // *Геотектоника*. 2002. № 2. 17.
17. *Гаджиев А. З., Каспаров С. А.* К вопросу прогнозирования уровня Каспийского моря // *Проблемы экологической безопасности Каспийского региона*. М.; Махачкала, 1997. 18.
18. *Голубов Б. Н.* Особенности современной геодинамической активности Арало-Каспийского региона // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 1994. № 6. 19.
19. *Кочемасов Г. Г.* Тектонические связи Арала и Южного Каспия в суперструктуре Восточно-Евразийского кратона // *Материалы Междунар. конференции «Каспийский регион: экономика, экология, минеральные ресурсы»*: Тез. докл. Москва, 10–16 ноября 1995 г. М., 1995. 20.
20. *Мартьянова М. А., Мартьянова Г. И., Радченко С. А.* Об инверсионном гидрохимическом разрезе Каспийского моря в районе Апшеронского порога // *Вестн. Ленингр. ун-та*. 1983. № 6. 21.
21. *Хаустов В. В., Мартьянова М. А., Костенко В. Д.* К экологической проблеме Каспийского региона // *Материалы Междунар. конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды»*: Тез. докл. Томск, 1995. 22.
22. *Шило Н. А.* Природа колебаний уровня Каспия // *Докл. АН СССР*. 1989. Т. 305, № 2. 23.
23. *Михайлов В. Н., Повалишников Е. С.* Еще раз о причинах изменений уровня Каспийского моря в XX веке // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5: География*. 1998. № 3. 24.
24. *Аязекиоглу Н.* Зависят ли колебания Каспия от Эль-Ниньо течения в Тихом океане // [http://www.caspio.ru/index\\_e.htm](http://www.caspio.ru/index_e.htm). 25.
25. *Леонов Ю. Г., Антипов М. П., Волож Ю. А.* и др. Геологические аспекты проблемы колебаний уровня Каспийского моря // *Глобальные изменения природной среды / Под ред. Н. Л. Добрецова, В. И. Коваленко*. Новосибирск, 1998. 26.
26. *Шикломанов И. А.* Гидрологические аспекты проблемы Каспийского моря. Л., 1976. 27.
27. *Клиге Р. К.* Нарушение экологических условий подъемом уровня Каспия // *Проблемы экологической безопасности Каспийского региона / Под ред. Г. М. Абдурахманова*. М.; Махачкала, 1997. 28.
28. *Глобальные изменения природной среды / Под ред. С. П. Иванова*. М., 2000. 29.
29. *Каплин П. А., Селиванов А. О.* Изменение уровня морей России и развитие берегов: прошлое, настоящее и будущее. М., 1999. 30.
30. *Бутаев А. М.* Каспий: загадки уровня. Махачкала, 1998. 31.
31. *Голицын Г. С., Панин Г. Н.* Еще раз об изменении уровня Каспийского моря // *Вестн. АН СССР*. 1989. № 9. 32.
32. *Короновский Н. В., Демина Л. И.* Коллизионный этап развития кавказского сектора альпийского складчатого пояса: геодинамика и магматизм // *Геотектоника*. 1999. № 2. 33.
33. *Хаин В. Е., Ломизе М. Г.* Геотектоника с основами геодинамики. М., 1995. 34.
34. *Родкин М. В.* Флюидогеодинамическая модель литосферы Южного Каспия // *Геотектоника*. 2003. № 1. 35.
35. *Зверев В. П.* Круговороты подземных вод в земной коре // *Природа*. 2001. № 5. 36.
36. *Гушев И. С., Павленкова Н. И., Раджабов М. М.* Зона регионального разуплотнения в осадочном чехле Южно-Каспийской впадины // *Литология и полезные ископаемые*. 1988. № 5. 37.
37. *Мурзагалиев Д. М.* Геодинамика Каспийского региона и его отражение в геофизических полях // *Геология нефти и газа*. 1998. № 2. 38.
38. *Георгиевский В. Ю.* Водный баланс Каспийского моря по данным наблюдений // *Гидрологические расчеты и прогнозы / Под ред. А. В. Рождественского*. Л., 1982. Вып. 79. 39.
39. *Холодов В. Н.* Грязевые вулканы: закономерности размещения и генезис // *Литология и полезные ископаемые*. 2002. № 3–4. 40.
40. *Зверев В. П.* Массопотоки подземной гидросферы. М., 1999. 41.
41. *Лимонов А. Ф.* Соотношение темпов вертикальных и горизонтальных движений на примере Восточного Средиземноморья // *Тез. докл. науч. конференции «Ломоносовские чтения»*. Секция Геология. М., 2004. 42.
42. *Холодов В. Н.* К проблеме генезиса полезных ископаемых эллизионных впадин. Сообщение 1. Южно-Каспийский эллизионный бассейн // *Литология и полезные ископаемые*. 1990. № 6.



43. Холодов В. Н. Постседиментационные преобразования в элизионных бассейнах. М., 1983. 44. Голубов Б. Н., Катунин Д. Н. Импульс гидровулканизма и дегазации недр Дербентской котловины как возможный фактор массовой гибели рыбы в Каспийском море весной 2001 г. // Тез. докл. Междунар. конференции памяти акад. П. Н. Кропоткина. Москва, 20–24 мая 2002 г. М., 2002. 45. Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Натапов Л. М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М., 1990. 46. Хаин В. Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). М., 2001. 47. Милановский Е. Е. Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез в подвижных поясах). М., 1987. 48. Баранова Е. П., Косминская И. П., Павленкова Н. И. Результаты переинтерпретации материалов ГСЗ по южному Каспию // Геофиз. журн. 1990. Т. 12, № 5. 49. Милановский Е. Е. Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез на древних платформах). М., 1983. 50. Никишин А. М. Механизмы формирования осадочных бассейнов // Соросовск. образоват. журн. Науки о Земле. 2001. № 4. 51. Шевченко В. И., Гусева Т. В., Лук А. А. и др. Современная геодинамика Кавказа (по результатам GPS измерений и сейсмологическим данным) // Физика Земли. 1999. № 9. 52. Зекцер И. С., Племенов В. А., Касьянова Н. А. О роли современной тектоники и грязевого вулканизма в водно-солевом балансе Каспийского моря // Водные ресурсы. 1994. № 4. 53. Рябчиков И. Д. Водные растворы в верхней мантии и проблемы дегазации Земли // Материалы Всесоюз. конференции «Подземные воды и эволюция литосферы»: Тез. докл. М., 1985. Т. 1. 54. Диденков Ю. Н., Бычинский Ю. А., Мартынова М. А. и др. Структурно-гидрогеологические основы физико-химического моделирования процессов формирования гидросферы Байкальского рифта // Изв. вузов Сибири. Сер. Науки о Земле. 2005. Вып. 8. 55. Сывороткин В. Л. Мировая рифтовая система и озоновый слой Земли // Минеральные ресурсы России. 1993. № 3. 56. Сывороткин В. Л. Озоновый слой, дегазация Земли, рифтогенез и глобальные катастрофы. М., 1994. 57. Мартынова М. А., Мартынова Г. И. О роли глубинного флюида в формировании инверсионных гидрохимических разрезов // Вестн. Ленингр. ун-та. 1984. № 18. 58. Грачев А. Ф., Мартынова М. А. О вероятном составе воды первичного океана // Вестн. Ленингр. ун-та. 1980. № 12.

Статья поступила в редакцию 9 июня 2006 г.