

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

П. О. Завьялов

Петр Олегович Завьялов, доктор географических наук, заведующий лабораторией Института океанологии им. П. П. Шишова РАН. Руководитель проекта 05-05-99403.

Первую публикацию статьи (сокращенный вариант) см.: National Geographic (Россия). 2004. Май. С. 34—40.

До середины прошлого века Арал был четвертым по размеру внутренним водоемом планеты, уступая лишь Каспийскому морю, оз. Верхнему (крупнейшему из Великих озер Северной Америки) и оз. Виктория в Африке. Море, вмещавшее тогда свыше тысячи кубических кило метров воды, было «слоноватым» — соленость его была около 10‰, т. е. более чем втрое ниже, чем средняя соленость вод Мирового океана. Экосистема Арала включала сотни видов морской фауны и флоры, некоторые из которых были «эндемиками», т. е. встречались только здесь. Рыболовство и мореплавание традиционно обеспечивали занятость и относительный достаток местного населения. Ежегодные уловы рыбы достигали 50 тыс. т. На долю Арала приходилось до 15% осетровых рыб, добываемых в СССР. Присутствие крупного водоема оказывало смягчающее влияние на климат, что превращало Приаралье в своего рода оазис среди пустыни. Но вот в начале 60х море начало стремительно отступать. Сегодня Арал по площади уменьшился на три четверти, а по объему — примерно на девять десятых. В результате катастрофически возросла соленость водоема, которая теперь почти втрое превышает океанскую. Счастливым исключением оказалась лишь крайняя северная часть бывшего моря, известная как Малый Арал — уровень воды там более или менее стабилизировался после отделения ее от основной части восемнадцать лет назад, а соленость в настоящее время составляет около 20‰. А вот в Большом Арале содержание солей приблизилось к 100 г/л (представьте себе пачку соли, растворенную в ведре!), а в мелководной восточной его части оно еще выше. Аральское море пока уступает по солености разве что абсолютному рекордсмену среди крупных озер планеты, Мертвому морю. Впрочем, возможно, что все еще впереди — высыхание Арала продолжается, причем скорость его до недавнего времени была даже более высокой, чем прогнозировалось ранее. Тем не менее, Аральское море пока остается более чем заметным внутренним водоемом, характерный продольный размер зеркала которого составляет почти 200 км, а максимальная глубина достигает 43 м.

Не без оснований принято считать, что главной причиной высыхания Арала стало нерациональное использование водных ресурсов питающих его рек Амударьи и Сырдарьи и чрезмерный разбор воды на орошение хлопковых и рисовых полей. Многие специалисты, однако, склонны думать, что в столь быстром уменьшении моря виноват не только этот фактор — тем более что имеются убедительные геологические и археологические свидетельства того, что подобные отступления («регрессии») Арала случались и в далеком прошлом. По некоторым данным, наиболее сильная (но отнюдь не первая) регрессия произошла 1900—1500 лет назад, когда поверхность моря опустилась даже на 3—4 м ниже сегодняшнего уровня. Зримое напоминание об этой эпохе — слой мирабилита, наблюдаемый в донных отложениях, — чтобы этот минерал начал выпадать из рассола, соленость моря в те времена должна была превышать 150 г/л! Еще одно сильное отступление моря, по-видимому, имело место 800—400 лет назад. Недавно немецкие и узбекские археологи нашли на только что обнажившемся дне неплохо сохранившиеся ос татки средневековых культовых сооружений, что неопровержимо свидетельствует о том, что уровень моря тогда был никак не выше нынешнего. Считается, что уже эта историческая регрессия Арала была отчасти антропогенной, поскольку водосборные бассейны Амударьи и Сырдарьи всегда были района ми интенсивного земледелия и, по некоторым оценкам, безвозвратный отбор воды на орошение уже тогда был значительным. Кроме того, предполагается, что местное население уже тогда могло оказывать существенное воз-

действие на водный баланс Арала при строительстве плотин, каналов и других подобных сооружений, перераспределяющих сток Амударьи между Аральским морем и оз. Саракамыш. Не вызывает сомнений, однако, и важнейшая роль естественной изменчивости климата и колебаний водности рек в регионе, а так же, возможно, и геодинамических факторов. За регрессионными фазами жизни Арала неизменно следовали периоды высокого стояния моря («трансгрессии»). Вероятнее всего, и за современное высыхание моря ответственно какое-то наложение антропогенных и естественных причин.

Вообще, о сегодняшнем состоянии Аральского моря мы знаем гораздо меньше, чем хотелось бы. Несмотря на самоотверженные усилия целого ряда ученых и научных коллективов и неослабевающий интерес к этой проблеме во всем мире, поток научной информации об Арале, некогда прекрасно обеспеченном данными наблюдений, в целом значительно снизился за последние лет пятнадцать (а ведь именно в этот период море претерпело наиболее радикальные изменения). Виной тому и памятные всем экономические и политические потрясения 90х годов, и физическая труднодоступность моря в его нынешних границах, далеко ушедших от населенных пунктов и дорог. О многом могут рассказать приборы на искусственных спутниках Земли, ежедневно наблюдающие Арал. Но далеко не обо всем — ведь космические аппараты видят только поверхность воды, а многие секреты современного Арала, ключи к пониманию его поведения, скрыты в его соленых глубинах, все еще превышающих отметку 40 м. Мало помогает тут и отбор проб с поверхности, что называется, «ведром». Нужны систематические измерения, нужна точная аппаратура, способная зондировать всю толщу воды, нужны, наконец, надежные и быстроходные, но легко перевозимые плавсредства — ведь ни одного постоянно действующего судна на Большом Арале давно уже нет. Начиная с 2002 г. Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН в сотрудничестве с Гидрометцентром РФ и рядом научных организаций Узбекистана и Казахстана регулярно проводит комплексные экспедиции на Аральское море (рис. 1). Таких экспедиций было уже пять.



Рис. 1. Спутниковое изображение Аральского моря и маршрут одной из экспедиций (август 2004 г).



Рис. 2. На плато Устюрт (октябрь 2003 г.).

Путь к метеостанции Актумсук

Октябрь 2003 г. ...Ночной пейзаж в свете фар кажется похожим на зимнюю среднерусскую равнину, но встряска на очередном ухабе рассеивает эту иллюзию и понимаешь, что поля вокруг — не сугробы, а белесая почва устюртской степи, а то, что выглядит заснеженным лесом поодаль, — не деревья, а клубящаяся стена пыли от впереди идущей машины. Пыль оседает повсюду толстым слоем, забирается в рюкзаки и под телогрейки, мешает дышать. Наша небольшая автоколонна — три видавших виды уазика и КамАЗ, за которым качается на прицепе белоснежный катер — медленно движется на север по плато Устюрт (рис. 2). Где-то впереди волнует свои горько-соленые воды Аральское море — вернее, то, что от него осталось.

В составе отряда — океанологи, геологи, экологи, метеорологи и, конечно, группа водителей, от профессионального мастерства которых зависит очень многое. Дороги в собственном смысле слова на Устюрте нет, хотя движение здесь достаточно оживленное, за день можно встретить несколько машин: тут пролегает короткий (и притом очень слабо контролируемый таможенниками) путь из Средней Азии через Казахстан в Россию. Встречаются охотники из местных — степь полна всяческой живностью от зайцев до сайгаков. Ездят обычно группами из нескольких автомобилей, так безопаснее. Неопытному человеку легко здесь заблудиться. Естественные ориентиры в голой, ровной как стол степи практически отсутствуют, в качестве таковых служат встречающиеся время от времени следы человеческой деятельности. Поэтому и топонимика здесь в основном «антропогенная», говорят так: к вечеру будем на семнадцатой релейке... машина застряла у новой буровой... как упретесь в газопровод, берите левее... Трехсоткилометровый путь от кишлака Раушан, где кончается асфальт, до базового лагеря экспедиции — метеостанции Актумсук, что всего в нескольких километрах от береговой черты, — занял у нас около суток. Шли, постоянно сверяясь с навигатором GPS, чтобы, как мрачно пошутил кто-то, не попасть на Каспийское море вместо Аральского — на ночном Устюрте, который тянется на запад до самого Каспия, такая опасность не так уж фантастична. Наконец, ближе к утру мы добрались до хорошо знакомой по прошлым экспедициям станции, разбудив двух мирно спавших там местных техников-метеорологов — два домика, обнесенная забором метеоплощадка и ржавая, давно не работающая радиорелейная вышка. Теперь главная и очень непростая задача — спуск на воду катера. Вы ехали следующим утром и

вскоре оказались у обрыва плато Устюрт к морю (поместному, у «чинка»), откуда открывается редкой красоты вид. Многим из нас по роду занятий приходилось работать на разных морях, но все согласились, что нигде не видели ничего подобного. Нагромождение слоистых скал всевозможных оттенков серого, желтого, розового, разбросанных в причудливом беспорядке, круто спускается к морю, величавая синева которого на фоне пыльной и безводной степи кажется совершенно нереальной (рис. 3).



Рис. 3. Вид на Аральское море с плато Устюрт. Фотография сделана во время экспедиции в ноябре 2002 г.

Это — так называемый «военный спуск», одна из считанных точек, где автотранспорт повышенной проходимости может подойти вплотную к Аралу. Поскольку берег крут, высыхающее море в этом месте не ушло далеко. В советские времена здесь стояла, Бог весть, за какой государственной надобностью, небольшая войсковая часть. Развалины ее сооружений, по-военному четко выстроившихся в два ряда, до сих пор видны под обрывом. Но главное — военные аккуратно выложили бетонными плитами дорогу, поднимающуюся среди скал до самого чинка, где сохранилось полуразрушенное здание КПП. Строили в те времена на совесть: сколько лет уже не касались этих плит колеса армейских «Уралов», а дорога выглядит почти как новенькая. И мы пользуемся этим при спуске катера. Правда, от бетонки до воды нужно преодолеть еще несколько сотен метров по предательски топкому бывшему дну моря. Несколько гигантских ям — очевидно, следы «сидевших» здесь в разное время машин наших менее осторожных предшественников, а кое-где и останки брошенной техники молчаливо напоминают об опасности. Коля Федоров, старший группы водителей, долго ходит пешком по берегу, прокладывая маршрут. Зато потом он садится за руль и по точно рассчитанному зигзагу без единой запинки подгоняет тяжелый грузовик с прицепом почти к самой воде. Последние, самые топкие, метры преодолеваются за счет заранее заготовленных деревянных щитов и напряжения мускульных сил всего мужского состава экспедиции. И вот водитель катера дядя Миша уже заводит мотор и для пробы сразу выводит наше «научно-исследовательское судно» на глиссирование. Спустить на воду легкую моторку «Прогресс», которую мы тоже будем использовать, не составляет большого труда.

Следующие две недели на воде и на суше идет работа, изредка прерываемая только непогодой. В такие дни по морю гуляют вполне серьезные даже с точки зрения океанологов белые барашки, а ветер носит по берегу плотные комья пены. Зато в тихую погоду зеркальная водная гладь, какой почти никогда не увидишь в «настоящих» морях, позволяет мощному ка-

теру перемещаться со скоростью хорошего автомобиля. Благодаря этому нам удастся охватить морскими измерениями достаточно обширную акваторию. Опускаясь от поверхности до дна и возвращаясь назад, электронный прибор, хорошо известный океанологам и гидрологам как CTD (Conductivity—Temperature—Depth), дважды в секунду измеряет температуру и соленость воды. Специальными черпаками отбираются образцы донных отложений и «бентоса» — донных организмов. Т. В. Кудышкин, опытный ташкентский гидролог, берет пробы воды на разных глубинах, что позволит получить важные данные по химическому составу современной аральской воды. Группа А. К. Амбросимова устанавливает с моторной лодки измерители придонных течений. Биологи, облачившись в высокие болотные сапоги, ходят в длинные маршруты по кромке берега, с удовольствием копаются в иле и отбирают свои образцы, а геологи под руководством А. А. Ни выполняют геоморфологическое картирование обнажившегося дна Арала и геодезическую съемку. Наконец, наш женский «метеоотряд» под командованием В. М. Хан из Гидрометцентра России ежечасно запускает с берега наполненные гелием шары-пилоты, которые дадут метеорологам точную информацию о скорости и направлении ветра на разных высотах и позволят судить о том, насколько вследствие высыхания моря изменилась бризовая циркуляция.

В толще вод

Зондирования толщи вод Арала в экспедициях последних лет принесли интересные и отчасти неожиданные результаты. Ключевым словом тут, пожалуй, может служить принятый у гидрологов термин «стратификация», т. е. существенная неоднородность солености, температуры, плотности и других свойств воды по вертикальной оси. Как до начала высыхания, так и на его ранних стадиях, вплоть до первой половины 1990х, Аральское море оставалось достаточно однородным по вертикали, «хорошо перемешанным». Теперь ситуация резко изменилась. Как показали измерения, в большинстве случаев колонна воды имела слоистую структуру, причем придонная вода была тяжелее приповерхностной на 10—12 кг/м³ и более.



Рис. 4. «Ласточкины хвосты» на обсохшем дне Арала — конкреции своеобразной формы, образовавшиеся в результате выпадения гипса при осолонении.

С учетом того, что эти два слоя разделяют всего какие-то два-три десятка метров, такая стратификация плотности по понятиям «нормальной» океанологии является неслыханно высокой. Ясно, что с точки зрения энергетических затрат такую сильно стратифицированную колонну воды гораздо труднее «перевернуть» или перемешать, а потому ветру и иным поверхностным источникам турбулентной кинетической энергии зачастую не удастся это сделать. В результате придонный слой оказывается фактически изолированным от поверхности.

Одним из следствий этого является дефицит кислорода, а редукция органики в условиях аноксии приводит к образованию сероводорода.

Когда Арал был «здоров» и полноводен, в его глубинах не было этого газа с резким характерным запахом. Впервые сероводородное заражение Арала было обнаружено в экспедициях 2002 г., причем концентрация H_2S у дна Арала оказалась на порядок более высокой, чем, например, концентрация сероводорода на абиссали Черного моря. Впрочем, последующие экспедиции показали, что сероводород в Аральском море все же не является постоянным, а придонные воды могут вентилироваться кислородом за счет зимней конвекции в холодные зимы. Анализ новых данных говорит о том, что стратификация в глубокой, западной части Большого Арала в значительной мере определяется эпизодически ми затоками очень соленых, а потому тяжелых вод из мелководного восточного бассейна, который действует как гигантский испаритель.

Большая группа экспедиционных результатов последних лет связана с исследованиями так называемой метаморфизации солевого состава вод Аральского моря. Дело в том, что по мере возрастания солености моря «рассол» оказывается перенасыщенным по отношению к тем или иным минералам, что приводит к последовательному выпадению их в осадок. В первую очередь это относится к карбонатам кальция и магния, а при дальнейшем росте солености начинается осаждение гипса. При еще более высоких значениях солености может осаждаться мирабилит. Повсюду на обсохшем дне Арала видны гипсовые отложения, относящиеся как к современной, так и к историческим регрессиям моря — иногда эти отложения имеют форму пластов, а иногда выглядят как небольшие отдельные конкреции, получившие за свою специфическую форму название «ласточкины хвосты» (рис. 4). Осаждение минералов привело к значительным изменениям ионно-солевого состава оставшейся водной массы моря. Так, результаты химических анализов показали, что относительное содержание кальция в воде уменьшилось почти в семь раз (!), а характеризующее химический тип водоема хлоридно-сульфатное соотношение, т. е. отношение концентрации хлориона к концентрации сульфатиона, увеличилось на 30%. Метаморфизация ионного состава, в свою очередь, привела к изменениям важнейших физических характеристик аральских вод, таких как зависимость плотности от температуры и солености (так называемое уравнение состояния), зависимость электропроводности от солености и температуры (практически важная функция, используемая в ряде океанологических приборов), зависимость температуры льдообразования (кстати, сейчас для Аральского моря эта температура около $-4^{\circ}C$) от солености, и других. Эти физические свойства исследуются в настоящее время в нашем институте на основе лабораторных измерений над десятками проб воды, привезенными из экспедиций.

Физические и химические свойства вод Арала определяют состояние тех живых организмов, которые сумели выжить при чудовищной солености. Нужно сразу сказать, что, несмотря на поистине экстремальные условия окружающей среды, экосистему современного Аральского моря нельзя назвать мертвой, хотя она и приняла весьма специфические формы. Конечно, биоразнообразие многократно сократилось, но некоторые биологические сообщества продемонстрировали удивительную способность к адаптации. Биологами, участвовавшими в недавних полевых исследованиях (в экспедициях Института океанологии этим направлением руководил Ф. В. Сапожников) описан видовой состав и пространственные распределения водорослей (кладофора, навикула и др.), хирономид — живущих в иле личинок двукрылых насекомых, а также ракушковых рачков. Но главная часть биомассы Арала представлена другим рачком, жаброногим — артемией. Артемия — галофил, т. е. в буквальном переводе «солелюб», прекрасно чувствующий себя в сложившихся условиях при отсутствии конкурентов и естественных врагов. Он в изобилии (десятки и сотни организмов на кубометр) населяет почти всю толщу воды. Артемия известна как идеальный корм для прудового разведения ценных пород рыб, и предпринимаются даже попытки его коммерческой добычи в Большом Арале. А сами рыбы, по-видимому, находятся там на грани исчезновения, хотя еще в 2002 г. мы с удивлением наблюдали там отдельные живые экземпляры атерины (серебристая рыбка размером с

кильку) и камбалы — ранее принято было считать, что предельная соленость для камбалы около 65‰, между тем фактическая соленость в момент наблюдения была уже далеко за 80‰. Однако в последних экспедициях на фоне еще более возросшей солености живую рыбу в Большом Арале зафиксировать не удалось. В Малом же Арале среда обитания вполне благоприятна для рыб.

Будущее Арала

Что ожидает Арал через 10, 20, 50 лет? Темпы высыхания моря в значительной мере определяются его физическими и химическими характеристиками — в том числе стратификацией и состоянием его глубинных вод. Одним из главных результатов экспедиций стало понимание того, что воды Арала имеют сложную, «многослойную» вертикальную структуру, ведущую роль в формировании которой играет водообмен через пролив, соединяющий западную и восточную части моря. Считалось, что пролив этот пересохнет уже в ближайшие годы, и тогда режим моря изменится. Действительно, из батиметрических карт (т. е. карт глубин) 60х следует, что при нынешнем уровне поверхности водоема глубина пролива не должна превышать нескольких десятков сантиметров. Вместе с тем прямых измерений глубины в этом достаточно труднодоступном районе не было много лет. Летом 2005 г. нам удалось впервые попасть в пролив, и первое же применение эхолота показало, что в осевой части действительно мелководного пролива имеется узкий (около 700 м) «канал», глубина в котором достигает 8—10 м. Одновременно аналогичный результат был получен и при сейсмическом зондировании дна группой из Казанского университета под руководством Д. К. Нургаллиева.

Предполагается, что образование углубленного канала связано с эрозией илистого дна интенсивными течениями. Это интереснейшее явление требует дополнительного изучения, но ясно, что в этом контексте прогнозы о скором пересыхании пролива и полном разделении западного и восточного бассейнов Большого моря могут нуждаться в пересмотре. Главным фактором, определяющим дальнейшее развитие событий, является объем поступающих в море речных и грунтовых вод, динамику которого трудно предсказать. До начала катастрофического обмеления моря Амударья и Сырдарья ежегодно приносили в Арал в среднем около 56 км³ воды, чем и обеспечивалось динамическое равновесие приходных и расходных компонентов водного баланса. Однако при последующем сокращении зеркала водоема соответственно уменьшилось и суммарное испарение, поэтому для стабилизации моря в настоящее время был бы достаточен и значительно меньший сток. Сегодня для консервации Большого Арала требуется поступление в море речного и подземного стока в объеме не менее 9 км³/год, что примерно соответствует фактическому стоку в 2003—2004 гг. Если приток воды в море и далее останется на этом уровне или возрастет, море сможет оставаться в нынешнем состоянии неопределенно долго или даже начать наполняться. В этом смысле можно говорить о том, что в настоящее время Аральское море близко к динамическому равновесию. Если же реализуется худший сценарий и поступление воды в Арал вновь упадет почти до нуля, как уже было в 1980е годы, то западный и восточный бассейны все же отделятся друг от друга уже в близком будущем. При таком развитии событий наиболее вероятной дальнейшей судьбой мелкого восточного бассейна станет его превращение в небольшое, горько-соленое «остаточное» озеро в течение всего нескольких последующих лет. Впрочем, следует помнить, что в этом случае практически весь достигающий моря сток Амударьи, каким бы малым он ни был, будет попадать именно в это озеро, поэтому оно будет чутко реагировать на любое увеличение водности реки, увеличиваясь в размерах и, воз можно, иногда даже вновь «переливаясь» в западный бассейн. В этом последнем при наихудшем варианте развития событий относительно медленное понижение уровня продолжится до тех пор, пока испарение не уравнивается притоком подземных вод, что, по оценкам, может произойти через 10—30 лет после пересыхания пролива. Полное исчезновение Аралу в обозримом будущем едва ли грозит.

* * *

Кончается еще одна экспедиция вместе с запасами продуктов, бензина и пресной воды. Пора возвращаться в «цивилизацию». Как обычно, не все, что планировалось по программе максимум, удалось завершить — что ж, тем больше причин будет вернуться сюда через год. Обработка полученных данных займет долгие месяцы. А пока мы покидаем Арал, рассказавший о себе многое, но и поставивший новые вопросы. В памяти снова останутся не столько цифры и графики научного отчета, сколько какая-то особенная, щемящая красота этого таинственного исчезающего моря, притаившегося среди среднеазиатской пустыни. Все мы будем ждать следующей встречи с ним.

