

## О наступлениях и отступлениях океана

Профессор П. А. Каплин

Л. Г. Никифоров

Доктор географических наук



*Павел Алексеевич Каплин, доктор географических наук, заведующий лабораторией новейших отложений и палеогеографии плейстоцена МГУ. Основные работы посвящены проблемам истории побережий Мирового океана.*



*Лев Георгиевич Никифоров, старший научный сотрудник кафедры геоморфологии географического факультета МГУ. Занимается анализом береговых процессов и их связи с тектоникой прибрежной зоны морей и океанов.*

Каким был и каким будет уровень Мирового океана? Вопрос этот уже давно вышел за рамки теоретического спора, который вот уже несколько лет ведут палеогеографы и геологи. Действительно, от океана зависит многое на Земле — климат и водный баланс планеты, мореплавание и хозяйство. А от подъема или понижения уровня океана — не только развитие

береговой зоны, но и освоение акваторий и, в особенности, шельфа, богатого россыпными месторождениями олова и золота, нефтью и газом.

Собраны многочисленные данные о колебаниях уровня океана за последний миллион лет, но до сих пор не уточнено, как происходили его наступления и отступления за последние тысячелетия, т. е. в голоцене. А меж-

ду тем в зависимости от колебания уровня океана в этот период времени изменялась и современная береговая зона. Причем если уровень океана постоянно поднимался, то, вероятно, только к настоящему времени возникли условия для завершающей стадии формирования морских берегов. Если придерживаться этой точки зрения, то в значительной степени упрощаются прогнозы на будущее, ибо отныне, если не будет нового оледенения или не произойдет таяния льдов Гренландии и Антарктиды, уровень Мирового океана останется постоянным, а все его колебания будут зависеть только от тектонических изменений на дне океана. Активность разрушения или нарастания берегов во всем мире должна резко уменьшиться из-за выработки волнами в прибрежной части широких платформ и аккумулятивных равнин, которые защитят берега от разрушения.

Если же считать, что развитие береговой зоны происходило при колебаниях уровня океана в голоцене, то к настоящему времени берега уже прошли несколько этапов своего развития и их современное стабильное состояние — лишь незначительный эпизод в истории Земли. Через короткий промежуток времени возникнут условия для нового этапа потепления климата, нового климатического оптимума, а следовательно, для нового повышения уровня, вместе с которым береговая зона вступит в новую эпоху своего развития.

Итак, колебания уровня океана в голоцене — наиболее спорный вопрос, гораздо меньше сомнений о наступлениях и отступлениях океана в ледниковые эпохи.



*Терраса морского происхождения на Чукотке (высота около 20 м). Ее формирование, видимо, относится ко времени последнего межледникового.*

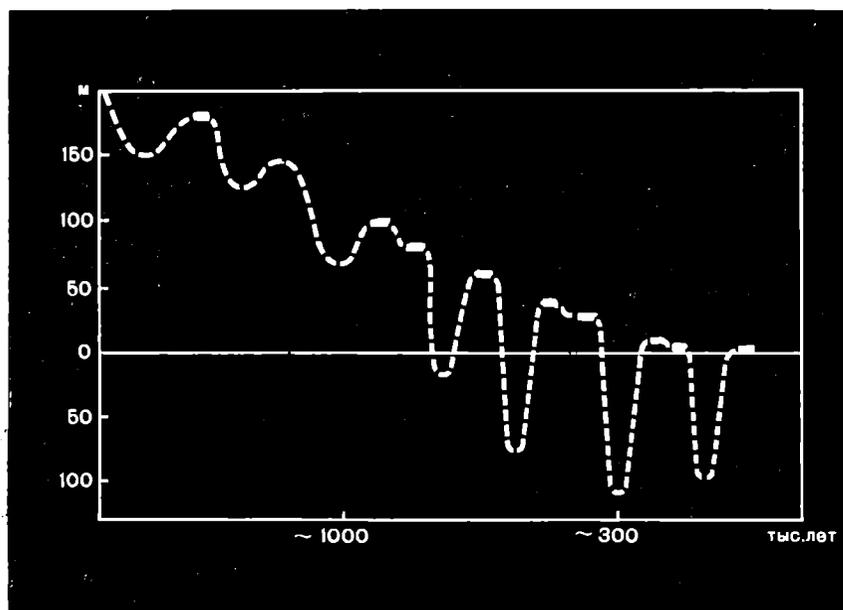
*Фото П. А. Каплина*

## Океан и ледники

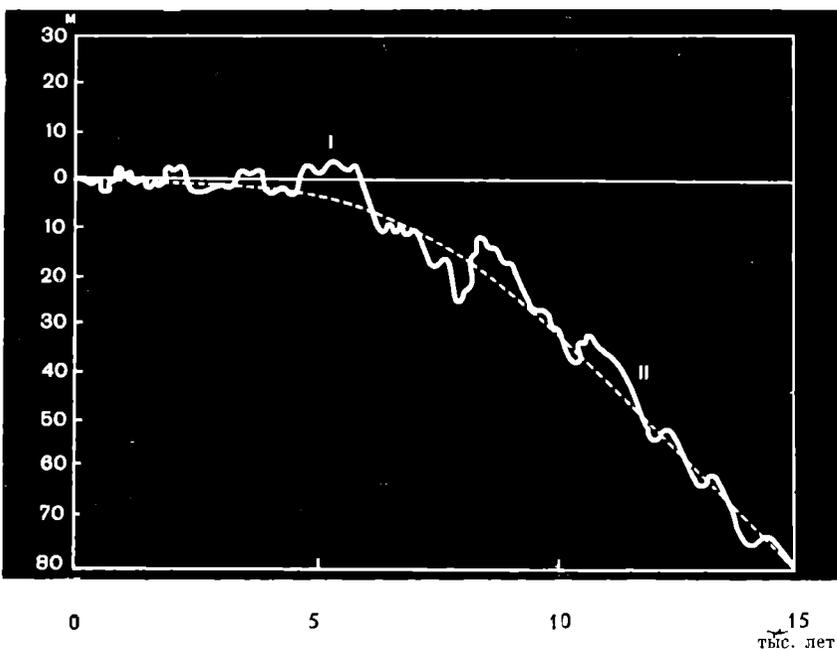
За последний миллион лет на материках несколько раз образовывались огромные ледниковые покровы, которые в определенные периоды занимали значительную часть Северной Америки и Западной Европы, а на территории СССР достигали примерно параллели Киева. Для образования ледников толщиной до 3 км требова-

лись большие массы воды, которые изымались из океана. Вот почему уровень океана опускался — наступала его регрессия. В периоды межледниковий льды таяли, а вода стекала в океан, вызывая подъем его уровня — трансгрессию. За последний геологический период, который получил название четвертичного, или антропогенного, океан несколько раз наступал, а затем отступал с материков.

Амплитуда колебаний уровня океана за счет образования и таяния ледников поддается достаточно определенному расчету. Сравнительно недавно советские географы К. К. Марков и И. А. Суетова подсчитали, что в Евразии в эпоху максимального оледенения, примерно 300 тыс. лет назад, ледники занимали 23% площади континента. Объем воды в этом ледниковом покрове составил примерно



Кривая изменения уровня океана, составленная Ф. Цейнером на основе изучения морских террас Средиземноморья. Террасы (показаны жирной линией) образовывались в периоды межледниковий примерно на одном уровне, но в результате тектонического поднятия суши располагаются тем выше, чем они древнее. Приведенная кривая отражает изменение уровня океана под суммарным влиянием эвстатики и тектонических движений.



Графическое изображение колебаний уровня (в метрах) Мирового океана, по Р. Фейрбриджу (I) и Ф. Шепарду (II).

7028 тыс. км<sup>3</sup>. В целом же, в эпоху максимального развития ледниковых покровов объем воды, законсервированный в ледниках, равнялся 51383 тыс. км<sup>3</sup>. Значительная часть этого льда концентрируется в ледниках Антарктиды, которые, как показывают последние геологические данные, почти не меняли своего объема за последние 2,5 млн лет.

В межледниковые эпохи при условии, что объем антарктических ледников не изменялся по сравнению с современной эпохой, при таянии всех остальных материковых ледников уровень океана повышался только на 7—10 м выше современной отметки. К сожалению, нет точных данных о льдах Антарктиды и Гренландии. Определенно можно только сказать, что они не исчезали даже в самые теплые периоды за последний миллион лет. Льды Антарктиды таяли почти на 8%, а Гренландии — не более чем на 50%.

В периоды похолоданий, при максимальном развитии материковых ледников уровень океана опускался и был ниже современного на 100—110 м. Следовательно, в четвертичное время за счет образования льда и его таяния уровень Мирового океана испытывал колебания от +10 до —110 м.

Однако за последний миллион лет на колебания уровня океана влиял еще один фактор, который не связан с изменениями объема водной массы. Дело в том, что в это же время происходило последовательное уменьшение площади океана и соответствующее увеличение площади материков. Уровень океана падал за счет опускания огромных площадей дна и поднятий основных структур суши, которые были связаны с горообразовательными тектоническими движениями так называемого альпийского цикла складчатости.

### Скорости колебания уровня океана

О прогрессивном поднятии суши лучше всего свидетельствуют «лестницы террас» — следы стояния древних уровней океана. В разных районах мира насчитывается до семи таких поднятых террас. Особенно хорошо они изучены на берегах Средиземного моря.

Наиболее древние террасы на побережье Мирового океана — самые высокие, а молодые расположены ниже, ступенями спускаясь к современному урезу. Достаточно четко выделяются следы древней береговой линии межледниковья, существовавшей около 100 тыс. лет назад. Они обнаружены в Калифорнии, Южной Америке, на берегах Средиземного моря, Южного Крыма, на советском Дальнем Востоке на высотах от 5 до 35 м. Разная высота террас в этих районах обусловлена неоднородностью физико-географических и геологических условий, а главное тем, что тектонические поднятия суши не были равномерными на побережьях.

Однако в среднем можно принять за отметку береговой линии межледниковья высоту 20 м. Таким образом, можно считать, что в результате поднятия суши за последние 100 тыс. лет древняя береговая линия переместилась на 10 м. Следовательно, абсолютное тектоническое поднятие суши в среднем составляло 0,1 м за тысячу лет.

Таким образом, в результате поднятия суши и изменений объемов материковых льдов колебания уровня океана происходили в пределах от +110 до -110 м относительно современного уровня океана, и эта зона в течение четвертичного периода была ареной деятельности океана. В зависимости от уклонов земной поверхности эта зона по ширине могла занимать площадь от нескольких метров до сотен километров.

Однако колебания уровня океана, обусловленные тектоническими движениями, были медленными — всего 0,1 мм в год. Гораздо выше были скорости изменения уровня океана в периоды таяния ледников.

Последний ледниковый покров, получивший в СССР название «валдайский», в Западной Европе — «юрмский», а в Северной Америке — «висконсинский», существовал около 20 тыс. лет назад. Он занимал значительную часть Западной Европы, Европейской части СССР, Северной Америки. Уровень океана в то время был на 90—110 м ниже современной береговой линии, и дно моря до этих глубин, или, как его еще называют, шельф, представлял собой широкие



*В результате послеледниковой трансгрессии океана некоторые районы Голландии оказались ниже уровня моря. Знак на искусственно осушенном польдере показывает превышение моря над сушей. Нижняя волнистая линия — высота среднего уровня, верхняя — высота прилива.*

Фото П. А. Каплина

прибрежные равнины. Территория современного Северного моря, например, была почти полностью сухой. Здесь на равнинах располагались леса и тундра, болота и устья больших рек, обитали животные и, вероятно, человек. Сейчас при изучении шельфа обнаруживают многочисленные свидетельства существования этих прибрежных равнин. Установлено, что шельф до глубин 100 м на 70% сложен рыхлыми породами неморского происхождения. Эти породы — отложения ледников, рек, озер, болот и осадки, образовавшиеся из-за ветровой деятельности. Среди них находят остатки сухопутных растений, кости животных, раковины пресноводных моллюсков.

На Атлантическом шельфе США

американским исследователем К. Эмери были обнаружены на глубинах до 100 м кости и зубы мамонтов и мастодонтов, залежи торфа, древние стоянки человека и т. п. При помощи радиоуглеродного метода определили, что эти остатки были захоронены 14—6 тыс. лет назад. А возраст торфов, найденных на дне Японского и Охотского морей, равен 9—10 тыс. лет. Таких находок на шельфе в разных районах мира немало, а благодаря их датированию удалось достаточно полно представить, каким образом в послеледниковое время происходило затопление прибрежных равнин.

16—17 тыс. лет назад уровень океана начал подниматься от отметок около -100 м. Это был период начала отступления ледниковых покровов в Европе и Америке. Примерно в это же время, по мнению крупнейшего американского палеогеографа Р. Флинта, в районе Великих озер начал отступать край Лаврентьевского ледникового щита. Ледники быстро сокращались в объеме, и уже 8—9 тыс. лет назад Европейский ледниковый покров остался только на Скандинавском п-ве, а 7 тыс. лет назад оледенение было уже не больше современного. В Северной Америке окончание ледниковой эпохи наступило несколько позднее — 6—5 тыс. лет назад.

Уровень океана в период таяния и отступления последних покровных ледников Европы и Америки повышался со скоростью 9 м в тысячелетие, или 9 мм в год.

Однако 6—5 тыс. лет назад скорость подъема уровня океана резко замедлилась. Уровень достиг, или почти достиг, современной береговой линии и все последующие годы был близок к ней.

Если сравнить скорость поднятия уровня за счет таяния ледника со скоростью тектонических движений, то нетрудно заметить разницу скоростей на порядок величин — 9 мм/год по сравнению с 0,1 мм/год. Много это или мало — 9 мм/год? Такая огромная с геологической точки зрения скорость подъема уровня океана, конечно, покажется незначительной тем, кто наблюдал, например, половодье на реках, когда урез воды за несколько часов повышается на несколько метров.



*Берег Восточной Англии. На высоте 3—4 м над ур. м. располагаются подножия размывающихся обрывов. Во время штормов их достигают сильные волны. На той же высоте находятся и террасы, образовавшиеся при голоценовом повышении уровня океана, а поэтому, определить их возраст достаточно надежно можно только с помощью радиоуглеродного метода.*

Но перенесемся мысленно на побережье Голландии. Ее берега последние столетия опускаются со скоростью 0,1 мм/год, и теперь часть территории этой страны расположена ниже уровня Северного моря. От вторжения морских вод всю эту площадь ограждают искусственные дамбы или гряды дюнных массивов. Для того чтобы противостоять наступающему

морю, необходимо постоянно укреплять ограждения побережья. Иначе морские волны разрушат все естественные и искусственные преграды и затопят низменную равнину страны. Так случилось в 1953 г., когда во время сильнейшего шторма море прорвало дамбы и гряды дюн. И ворвалось на низменные пространства юго-западной провинции Голландии, раз-

рушив сотни домов и унеся много человеческих жизней.

При подъеме уровня океана 16—6 тыс. лет назад со скоростью почти в 100 раз большей, чем на современном побережье Голландии, подобные катастрофические явления происходили гораздо чаще и в большем масштабе, принося огромный ущерб поселениям людей. Возможно, такие яв-

ления и породили библейскую легенду о Всемирном потопе.

За последние 6 тыс. лет уровень океана уже не менялся с такой большой скоростью. В этот период происходили более медленные его изменения. Как ни странно, но об этом более близком периоде в истории побережий наши знания менее определены, чем о времени отдаленном на 17—6 тыс. лет.

## Две различные позиции

Геологи единодушны, когда пишут о стремительном наступлении океана на сушу после таяния ледников, но их мнения расходятся, когда речь идет о последних 6 тыс. лет.

Часть исследователей, во главе с известным американским геологом Ф. Шепардом, считает, что в голоцене скорость подъема уровня океана резко замедлилась и он постепенно стал приближаться к современному урезу. Другими словами, за последние тысячелетия уровень океана никогда не превышал современного положения.

Другой известный американский исследователь Р. Фейрбридж доказывает, что 6 тыс. лет назад уровень океана достиг современной береговой линии и последние 5 тыс. лет колебался, то поднимаясь выше ее, то опускаясь ниже. Так, 5 тыс. лет и 3,7 тыс. лет назад уровень океана превышал современный на 3—4 м, а 2,3 тыс. лет и 1,2 тыс. лет назад после ряда мелких колебаний уровень океана вновь поднимается на отметки +1 и +1,5 м.

Взгляды Фейрбриджа, так же как и взгляды Шепарда, имеют среди исследователей много сторонников. Между двумя разделившимися группами ученых идет довольно длительная и ожесточенная дискуссия. Авторы настоящей статьи в этом вопросе также принадлежат к разным лагерям и в течение нескольких лет «враждуют» друг с другом. Обе стороны приводят различные факты и доказательства, но к единому мнению пока прийти не могут.

Да и выяснить все эти вопросы не так-то просто. Современная наука не обладает достаточным арсеналом методов, чтобы однозначно решить этот



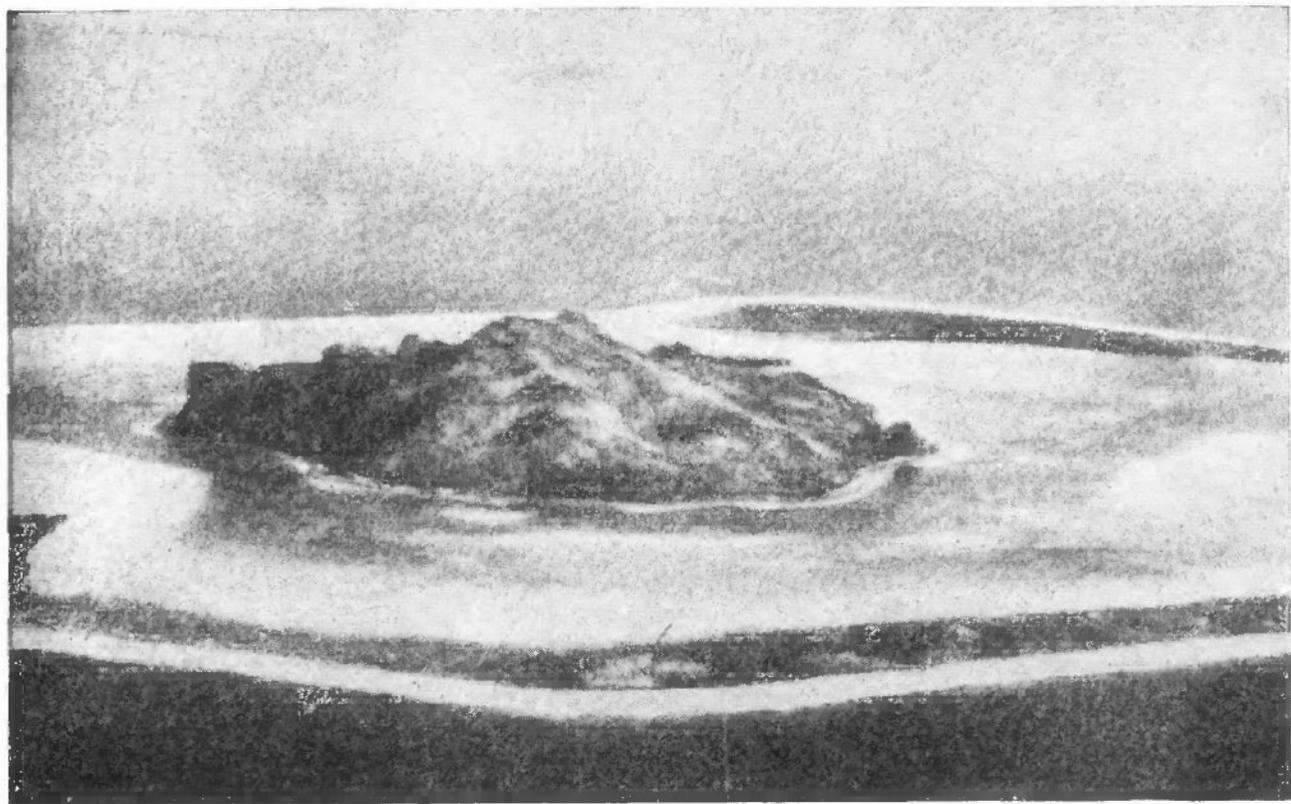
*Поднятая современная абразионная терраса на одном из островов Курильской гряды. Такую террасу вполне можно считать древней голоценовой береговой линией. Однако во время прилива и сильных штормов она полностью заливается морем.*

Фото П. А. Каплина



*Размыв голоценовой террасы в тропиках (о-ва Фиджи) вызывает засоленные почвы и гибель пальмового леса.*

Фото Л. Г. Никифорова



*Кольцевой атолл Маупити, возникший вокруг опускающегося центрального вулканического массива. Считают, что песчаные острова атоллов, развитые на внешнем краю коралловой платформы, образовались в результате понижения уровня океана после голоценовой трансгрессии.*

спор. Колебания уровня океана размахом в 1—4 м очень трудно фиксировать, так как на них накладываются тектонические движения суши, изменения уровня моря, вызванные волнением, приливами и т. д. Очень трудно даже определить точное положение уровня в недавнем прошлом. Если мы судим о нем по морским отложениям, то нужно учитывать, что волны во время штормов забрасывают их на разную высоту: на открытых океанских берегах до высоты 8 м, в морях на несколько меньшую высоту, а в бухтах — еще меньшую. Формы рельефа, выработанные морем в коренных уступах в зависимости от силы волн и от геологического строения, могут от места к месту менять свою высоту. Даже волноприбойные ниши меняют свои отметки от места к месту от 0 до 4 м. Конечно, диапазон изменений высот не очень велик, но колебания уровня в голоцене были еще меньше.

Мы уже говорили, что основное орудие в руках ученых, изучающих колебания уровня Мирового океана, — метод определения абсолютного возраста осадков по радиоуглероду  $^{14}\text{C}$ . И вот оказывается, что датировки по  $^{14}\text{C}$  подтверждают и гипотезу Шепарда и гипотезу Фейрбриджа. В ряде областей, например, в Мексиканском заливе, на Атлантическом побережье США, в Голландии и других местах имеются четкие признаки того, что уровень Мирового океана никогда за историческое время не превышал современной его отметки. Толща молодых осадков, слагающих прибрежную часть морского дна в этих районах, имеет очень четкую стратификацию, и каждый горизонт осадков точно датирован по  $^{14}\text{C}$ . Ну, и что же, говорят сторонники гипотезы Фейрбриджа, все отмеченные выше районы характеризуются устойчивым тектоническим прогибанием земной коры, и, конечно, при незначительных колеба-

ниях уровня океана осадки всегда оказывались на дне. Естественно, что все датировки, полученные по осадкам, залегающим ниже современного уреза, могут говорить только о постепенном повышении уровня океана, который за историческое время по этим данным никогда не должен превышать современного.

В то же время имеются многочисленные датировки отложений, слагающих морские террасы 3—5-метровой высоты и возрастом 3—6 тыс. лет, т. е. подтверждающие гипотезу Фейрбриджа. К таким районам относятся, например, берега Франции, Канады, Японии, Африки, Австралии и т. д. Что же, говорят сторонники гипотезы Шепарда, естественно, что в столь высоко тектонически активной области, как Япония, или в областях, подверженных изостатическим движениям, как Канада, залежание молодых морских осадков на 4—6 м выше современного уреза говорит только о

больших скоростях восходящих движений и ни о чем больше.

Из этих положений становится очевидным, что сторонники обеих гипотез по-своему правы и доводы спорящих сторон сокрушаются о непоколебимую уверенность каждой из них в собственной правоте. Есть, правда, в этом споре один существенный нюанс. Несколько десятков створок раковин, по которым определялся абсолютный возраст, собранных с молодых террас в тектонических стабильных районах, а именно на Австралийской платформе, в Новой Зеландии, на Мадагаскаре, в Африке и на Бразильском щите, подтвердили существование более высокого уровня Мирового океана 6 тыс. лет назад. Однако австралийские археологи, например, определили, что эти створки раковин в прибрежной части суши оказались случайно и являются кухонными отбросами аборигенов. Данных же по бразильскому щиту, Мадагаскару и Африке пока еще очень мало. Скорее всего, увеличение фактического материала по низким морским террасам в тектонически стабильных районах и есть один из путей решения проблемы колебания уровня Мирового океана в последние тысячелетия.

Есть и другие трудности, которые касаются самого метода определения абсолютного возраста. Уже говорилось, что на анализ берутся обычно створки раковин или коралловые образования, состоящие из чистого карбоната кальция, а также древесина и торф. Важнейший момент при сборе этих осадков — выбор таких объектов, которые бы точно соответствовали по возрасту форме рельефа, где они собраны. Определить же одновозрастность осадков и формы рельефа чрезвычайно трудно. Представьте себе самый простой вариант: где-то на берегу волнами размывается толща древних морских осадков межледникового возраста. Естественно в этих осадках находится и межледниковая фауна. Так вот эта фауна переносится вдоль берега волнами на десятки, а то и на сотни километров, а затем при благоприятных условиях аккумуляруется. Таким образом, в состав современных морских осадков будет включена межледниковая фауна, которая при определении ее абсолют-

ного возраста покажет межледниковый возраст современных отложений. Но в данном случае дело довольно простое — палеонтолог всегда отличит межледниковую фауну от современной и не будет принимать ее во внимание при датировании. Но как быть с молодой фауной? Ведь виды моллюсков не изменяют своего облика каждые 5—10 тыс. лет. Для получения четких отличительных возрастных признаков моллюсков необходим достаточно длительный период, а главное — резкое изменение всей палеогеографической обстановки, которое не случается за 5 тыс. лет. За четвертичный период, например, резкая смена условий произошла только четыре-пять раз во время ледниковых и межледниковых эпох. Отсюда следует, что состав фауны оставался практически постоянным на протяжении всей послеледниковой трансгрессии, т. е. за последние 15—19 тыс. лет. Следовательно, отбирая образцы из морских аккумулятивных толщ, мы всегда будем встречаться с переотложенной фауной, которая имеет тот же облик, что и современная, но будет отличаться по абсолютному возрасту на 10—15 тыс. лет. Кроме того, при определении возраста по раковинам моллюсков всегда возникает вопрос о точности совпадения положения раковины с древней береговой линией. Моллюск мог жить на разной глубине, в лучшем случае от 1 до 5 м, его раковину волны могли выбросить выше уреза на 1—8 м, т. е. при определении береговой линии по створам раковин может быть допущена ошибка 5—10 м.

Подобным же образом дело обстоит с древесиной и торфом. Образцы древесины могут переноситься на громадные расстояния и захороняться в осадках на дне моря (особенно в устьях рек) и выше его уровня. Пласты торфа также неточно фиксируют положение уровня бассейна.

Не легче обстоит дело и с кораллами, которые надо отыскивать в толще осадков (да еще сцементированных карбонатом кальция) обязательно в «позиции роста», т. е. не стронутыми с места их образования.

Ну и, наконец, сам радиоуглеродный метод, видимо, не совсем совершен для решения поднятой здесь

проблемы. Как известно, углерод из морских отложений может быть как органического, так и карбонатного происхождения. В связи с этим активность изотопа углерода раковин из разных мест может отличаться. Более того, послонное изучение активности углерода створок моллюсков показало значительные различия в возрасте верхнего слоя и «сердцевины» раковин.

\*

Все больший и больший круг специалистов начинает интересоваться новейшей историей океана. Интерес геологов понятен — решение этой проблемы даст ключ к пониманию истории побережья и шельфа морей и океанов, появится возможность оценки тектонических движений за последние тысячелетия, на основании чего можно будет вплотную подойти к геологическому прогнозированию. Океанологам тоже необходимо поточнее знать, какая тенденция колебаний уровня существовала хотя бы за историческое время. А гидрологов эта проблема привлекла из-за расчетов водного баланса нашей планеты. Итак, круг специалистов ширится, и несмотря на сложность проблемы, надо думать, что в скором времени она будет разрешена.

УДК 551.462