

Человечество не причастно к повышению уровня Мирового океана¹

д.т.н., проф. В.Е.Лотош

Оценены основные факторы, называемые в качестве основных антропогенных причин повышения уровня Мирового океана: таяние плавучих морских и материковых льдов, тепловое (термическое) расширение океанических вод.

Отмечено как очевидное, что таяние морских льдов приведет к понижению уровня Мирового океана. Таяние материковых льдов при современном уровне энергопотребления человечества может обеспечить подъем уровня не более 0,001 мм/год. Тепловое расширение может повысить уровень не более, чем на 0,035 мм/год. Указаны причины завышения результатов расчетов на 1-2 порядка. Резюмируется, что энергетические возможности человечества (4-5 сотысячных от солнечной радиации на поверхности Земли) чрезвычайно низки в сравнении с возможностями Солнца изменить энергетическое состояние поверхности Земли. При современных масштабах воздействия потребуется минимум 780 тыс. лет для таяния льдов Гренландии.

Humanity does not raise the level of the ocean

by d.t.s., prof. V.E.Lotosh

(Ural State University of communication, chair of environmental protection)

The principal factors which are considered as the major anthropogenic causes of the ocean level raise were evaluated: thaw of the floating sea ice and continental ice, a thermal expansion of the ocean water.

It is obvious that a melting of the sea ice will lower the level of the ocean. A thaw of the continental ice because of the humanity's contemporary energy consumption can raise the level by no more than 0.001 mm/y. A thermal expansion can raise the level by no more than 0.035 mm/y. The causes of overstating the results of calculations by 1-2 orders were outlined.

¹ Работа выполнена при поддержке РГНФ (проект 02-02-00366А)

As a summary it's possible to tell that the energy potential of the humanity ($4 \cdot 10^{-5}$ of the solar radiation reaching the Earth surface) is extremely low comparing to a sun's capability to change the energy state of the Earth surface. Assuming the contemporary state of influence it is needed a minimum 780 thousand years for the Greenland ice to thaw.

Этот процесс связывают с наличием парникового эффекта. Полагают, что увеличение средней глобальной температуры в пределах 1,5-4,5 К приведет к повышению уровня океана на 20-165 см за счет таяния материковых, горных и морских льдов, теплового расширения океанских вод и т.п. [1]. Это обусловит возникновение ряда экологических и социально-экономических проблем: затопление приморских равнин, усиление абразионных процессов, ухудшение водоснабжения приморских городов, деградацию мангровой растительности и т.д.

Подсчитано, в частности, что при подъеме уровня океанов на 1-2 м будет затоплено 20% территории Бангладеш и сельскохозяйственных угодий Египта, пострадают крупные города Китая и Нигерия (Шанхай, Лагос). Более низкий уровень подъема морских вод также приведет к существенным последствиям. Его повышение на 0,2 м обусловит изменение периодичности затопления приморских территорий со ста до 5-20 лет. При возрастании уровня на 0,3 м катастрофическим наводнениям подвергнется Венеция: площадь Сан-Марко в ней только в результате приливов станет затопляться ~ 360 раз в году. Повышение уровня океана на 0,6 м, по видимому, приведет к отступлению береговой линии в глубь суши на 40-120 м.

Резко усилятся экологические катастрофы открытых морских акваторий, побережий морей и океанов, обусловленные ветровыми волнениями, штормовыми накатами и нагонами. Их ущерб может быть чрезвычайным. Так, в 1990 г. штормовой накат на побережье Мексиканского залива унес около 2 тыс. человеческих жизней, в 1973 г. аналогичная участь постигла Бангладеш (300 тыс. погибших), в 2004 г. волны цунами погубили более 200 тыс. человек в районах Юго-Восточной Азии.

В целом повышение уровня Мирового океана в результате «парникового» эффекта может отрицательно повлиять на жизнь населения 30 стран.

Вместе с тем выдвигаемые причины развития мировой экологической катастрофы в результате повышения уровня Мирового океана при внимательном анализе представляются весьма уязвимыми и для критики.

Действительно, как отмечено выше, эти причины сводятся к таянию материковых и плавающих (морских) льдов, тепловому расширению океанических вод. Оценим, насколько угрожающи эти факторы в настоящее время и в реально прогнозируемом будущем. Прогнозы, судя по судьбе всемирно известных эколого-экономических сценариев, подготовленных лучшими научными силами, становятся очевидно несостоятельными уже через несколько десятилетий. Наиболее известный пример этого – модель Медоузов 70-х годов 20 в., показавшая исчерпание основных природных ресурсов к концу 20 в. По нашему мнению, прогнозы экологического характера пока еще близки к гипотезам, т.е. предположениям, требующим дополнительного подтверждения.

Итак, причина первая: *таяние материковых льдов*. Оценка по справочным данным [2] показывает, что подавляющее количество материкового льда находится в ледниковых щитах Антарктиды (более 85%) и Гренландии (около 15%). На долю горных ледников на других участках планеты приходится не более 1%. Таким образом, изменение уровня Мирового океана есть, по существу, возможная функция устойчивости льдов Антарктиды и Гренландии.

Глобальный экологический кризис при наличии первой причины неизбежен, так как она приведет к поступлению значительных дополнительных объемов вод Антарктиды и Гренландии в Океан. Его уровень при этом заметно повысится.

Покажем возможные значения подъема уровня, приняв для расчета следующие незначительно округленные исходные данные [2]: площадь Мирового океана – 360 млн км², Антарктиды – 12,5 млн км², плотность воды и льда соответственно 1,0 и 0,9 г/см³, средняя высота ледникового щита Антарктиды около 2 км. Простейший расчет $(12,5 \cdot 0,9 \cdot 2) / 360$ с переводением результата в метры показывает, что повышение уровня Океана составит 62,5 м. Учет массы Гренландских льдов при площади острова 2,18 млн км² и толщине ледового покрова 1,79 км повысит уровень до 72 м. Поскольку часть растаявшего льда не попадет в Океан, а образует озера на суше, то данные расчета в какой-то степени завышены. Однако в любом случае реализация рассмотренного сценария была бы катастрофой для современной чело-

веческой цивилизации. Но сценарий нереален, поскольку нет никаких оснований в обозримом будущем для хотя бы начала потепления в Антарктиде и, как показывает нижеследующий расчет, для Гренландии.

Оценим возможную толщину льда Гренландии, которая может истаять за год под влиянием антропогенных тепловых выбросов в окружающую среду.

Исходные данные: глобальное энергетическое потребление органического топлива (нефть, газ, уголь, др.) – 12 млрд т условного топлива (т.у.т) в год с начала текущего века, что составляет 80% всех энергетических ресурсов от используемых человечеством; теплота сгорания условного топлива – 7000 ккал/кг; теплота плавления льда – 79,7 кал/г; плотность льда 0,9 г/см³; выделяемое тепло полностью и равномерно поглощается сушей и поверхностью Океана. Тогда, учитывая площадь Гренландии, толщину ее ледяного покрова и выполняя расчеты в единой размерности, при площади Земли 510 млн км², получим, что масса растапливаемого льда $(2,18 \cdot 12 \cdot 10^9 \cdot 7 \cdot 10^9) / (510 \cdot 79,7 \cdot 10^6)$, т.е. 4,5 млрд т, или 5 млрд м³. Толщина растаявшего льда составит $5 \cdot 10^9 / 2,18 \cdot 10^{12}$ м, или 2,3 мм, подъем уровня Мирового океана $(2,3 \cdot 0,9 \cdot 2,18 / 360)$ не превысит 0,00125 мм/год. Продолжительность таяния льдов Гренландии – 780 тыс. лет.

Представленный расчет дает завышенный результат, так как исходные данные предусматривают равномерное распределение тепловой энергии антропогенного происхождения по поверхности суши и океана, не учитывается рассеивание энергии в атмосфере. Однако район Гренландии безлюден, рассеянная энергия антропогенного характера может поступать туда только из обжитых территорий. Кроме того, лишь несколько процентов энергии реально поступает на таяние льда, с учетом ее отражения от него и рассеивания в окружающем пространстве. Учет этих допущений снизил бы результат расчета (толщину протаявшего льда) минимум на порядок. Но в нашем случае это не имеет особого смысла. Даже завышенный результат расчета достаточен для уверенного вывода об отсутствии реальной угрозы таяния льдов Гренландии и, с еще большим основанием, Антарктиды вследствие антропогенного воздействия.

Напомним, что имеется в виду только реальная глубина прогноза, основанного на современных масштабах и тенденциях роста мирового энергетического потребления (в пределах одного порядка).

Причина вторая: *таяние плавучих льдов*. При ближайшем рассмотрении оказывается, что, как отмечает Ю.В. Лупачев в качестве парадоксального, таяние плавучих морских льдов не может привести к повышению уровня Океана [3]. Однако же это парадоксальное, только на первый взгляд, утверждение объясняется фундаментальной особенностью кристаллического строения льда. Она приводит к тому общеизвестному факту, что плотность льда меньше, чем жидкой воды, и он плавает, а не тонет. В общем случае, как правило, вещество в твердом состоянии имеет большую плотность, чем в жидком, и жидкая фаза вещества располагается над его твердой частью. Поэтому при таянии плавучих льдов, в том числе Северного ледовитого океана и Антарктики, объем образовавшейся воды окажется меньше, чем льдов. Следовательно, уровень Океана даже понизится.

Однако в настоящее время отсутствуют какие-либо предпосылки для реализации этого сценария. По отношению к антарктическим морям вопрос об истаянии их ледового покрова пока вообще не ставится. Правда, имеется достаточно много публикаций, в которых допускается истончение льдов и сокращение их площади в Северном ледовитом океане в тот или иной период, например, ориентировочно, с 3 м во время дрейфа «Фрама» (1893-1896) до 2,2 м во время дрейфа «Седова» в 1937-1940 г.г. Однако анализ более длительного периода (весь 20 в.) выявил четыре внутривековые стадии разрастания и сокращения ледового покрова. По данным ученых Арктического и Антарктического НИИ (Санкт-Петербург), первая стадия – два начальных десятилетия века с повышением температуры на 1°С в широтном поясе 65-85 градусов. Вторая стадия – сокращение льдов с 1918 г., отступление их кромки на 120 км к Северу, уменьшение площади ледникового покрова на 1 млн км². Третья стадия – с конца 40-х до конца 60-х годов, сопровождаемая увеличением площади и толщины льда, снижением скорости дрейфа. Четвертая стадия – конец 60-х годов и вплоть до начала нового века с сокращением площади льдов к 1990 г. на 1 млн км² [4]. Эти внутривековые стадии изменения ледовой обстановки, в соответствии с данными акад. К.Я. Кондратьева, хорошо коррелируют с изменением средней температуры в течение 20 в. Аналогичные, а иногда и более сильные циклические колебания климата известны и в геологическом прошлом Земли, в отсутствие человеческого фактора. При этом изменения уровня Мирового океана превосходили 100 м при их скорости более 1 м за 1000 лет, т.е. 1

мм/год [5]. Но данные факты свидетельствуют не о том, что повышение уровня Мирового океана связано с температурными аномалиями атмосферы или океанического бассейна, а о других причинах, например тектонических подвижках океанического дна (см. далее).

Таким образом, указание на таяние плавучих льдов как возможную причину повышения уровня Мирового океана – плод недостаточной естественно-научной подготовки дискустеров.

Причина третья: *тепловое расширение океанических вод*. Ю.В. Лупачев для оценки этого явления принял повышение ΔT температуры воды, в результате парникового эффекта, на 1 К в верхнем слое H_n перемешивания вод (50 м) и коэффициент K объемного расширения воды $1 \cdot 10^{-4}$. Формула для расчета повышения среднего уровня Δh Океана:

$$\Delta h = kH_n\Delta T$$

Найдено, что Δh равно 5 мм.

Приняв K по фундаментальному справочнику равным $2,1 \cdot 10^{-4}$ [6], получим h соответствующим 10 мм (при равной площади коэффициенты объемного и линейного расширения численно совпадают).

Можно полагать, что оценка уровня подъема Океана, выполненная Ю.В. Лупачевым, дает очевидно завышенный результат из-за нереальных принятых значений H_n и ΔT .

Действительно, оценки американскими и советскими учеными последствий глобального ядерного столкновения двух сверхдержав показывают, что в результате наступления «ядерной» зимы температура атмосферы упадет в среднем на 45°K , но температура океана понизится только на $1,5^\circ\text{C}$ в его поверхностном слое. Используем эти данные применительно к развитию парникового эффекта – процесса, противоположного похолоданию (ядерной зиме). Примем, что температура повысится на $4,5^\circ\text{K}$. В настоящее время это наиболее высокая из имеющихся оценка прогрева атмосферы к середине 21 – началу 22 в.в., но и она в 10 раз меньше, чем похолодание в условиях ядерной зимы. Снижение градиента температур в 10 раз (с 45 до $4,5\text{K}$) означает, в соответствии с формулой, такое же снижение степени прогрева воды (с 1,5 до $0,15\text{K}$) в слое ее, равном 50 м. Расчет по формуле при

$\Delta T=0,15K$, $h=50$ м и $K=2,1 \cdot 10^{-4}$ дает величину теплового расширения Океана, равную 1,575 мм.

Оценки Ю.В. Лупачева и наша при H_n , равном 50 м, заведомо некорректны. Известно, что 94% падающей на поверхность воды энергии поглощается в слое 1 см [7]. Оценки теплового расширения океанических вод с произвольно выбираемыми, без доказательств согласованности, значениями H_n и ΔT , как в работе Ю.В. Лупачева, дают, в общем, случайный результат.

Повысить степень согласованности до научной можно, приняв во внимание, что для участка площадью S произведение $H_n \cdot \Delta T \cdot S$ имеет ясный физический смысл. Он в том, что есть некий объем $H_n \cdot S$, в котором температура изменилась, допустим, повысилась, вследствие подвода в него тепла. Тогда при постоянном S произведение $H_n \cdot \Delta T$ пропорционально количеству тепла, а при стабильном его притоке $\Delta H_n \cdot \Delta T$ также const. Следовательно, при известном количестве подводимой теплоты можно, например, задать значение H_n и вычислить ΔT . Или, выбрав ΔT , определить H_n . И в том и в другом случае, используя формулу, при $H_n \cdot \Delta T$ const получим одно и то же значение Δh , зависящее только от количества подведенного тепла.

Оценим изменение уровня Мирового океана при изложенном подходе. Исходные данные частично повторяют использованные при расчетах таяния льдов Гренландии (глобальное энергетическое потребление органического топлива, теплота сгорания условного топлива, равномерное распределение тепловой энергии, антропогенного происхождения по поверхности Земли, неучет рассеивания энергии в атмосфере). Дополнительно в расчетах использовали величины площади Земли (510 млн км²), Океана (360 млн км²), прогреваемого слоя последнего (1 см), удельной теплоемкости воды (1 кал/г · °С). Результаты расчетов:

теплота, поглощаемая Океаном = $12 \cdot 10^9 \cdot 7 \cdot 10^9 \cdot (360/510) = 59,3 \cdot 10^{18}$ кал;

объем прогреваемого слоя Океана = $360 \cdot 10^{16} \cdot 1 = 3,6 \cdot 10^{18}$ см³;

повышение температуры прогреваемого слоя = $59,3 \cdot 10^{18} / 3,6 \cdot 10^{18} \cdot 1 = 16,5^\circ\text{C}$;

термическое расширение Океана $\Delta h = 2,1 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \cdot 16,5 = 34,6 \cdot 10^{-4}$ см = 0,035 мм/год.

Полученный порядок величины теплового расширения Океана за счет антропогенного фактора исчезающе мал, но и он, как и в расчете по таянию гренландских льдов, завышен минимум на порядок. Из оценки следует явно успокаива-

вающий вывод, что даже при 100-кратном повышении человечеством уровня энергопотребления подъем Мирового океана не превысит нескольких миллиметров в год.

Таким образом, оценка всех трех вышерассмотренных причин возможного изменения уровня Мирового океана дает результаты, не сопоставимые с известными ранее прогнозами, предсказывающими повышение уровня океанических вод на несколько метров в обозримом будущем за счет развития парникового эффекта, или, по-видимому, с фактическим его увеличением на 0,1-0,2 м в 20 в. [5], а также с данными об интенсивности подъема его уровня до 3-6 мм ежегодно [3] и т.д.

Неизбежен вывод, что должна быть какая-то иная причина возможного возрастания уровня Мирового океана, не связанная с температурными аномалиями атмосферы и, тем более, океанического бассейна. И она известна.

Так, по данным докладов японских геологов на 29 сессии Международного геологического конгресса в Киото (1991 г.), действительная величина общего подъема уровня Мирового океана не превышает 0,8 мм/год, или 8 см за столетие. Эта цифра более чем на порядок уступает размаху современных вертикальных тектонических движений, которые являются определяющими как для трансгрессий (наступление моря на сушу) на одних участках побережий, так и регрессий (отступление моря) – на других [8].

Возможны также поступление подземных вод через разломы океанического дна и неизвестные пока науке причины типа обуславливающих быстрый рост уровня Каспийского моря в настоящее время, которому несколько десятилетий тому назад предшествовало его столь же быстрое снижение.

Заканчивая обсуждение возможного антропогенного воздействия на уровень Мирового океана, можно полагать, что расчеты автора лишь подтвердили очевидное, которое, что невероятно, не принимают во внимание апологеты очередного мирового катаклизма, обусловленного, как они полагают, человечеством. Но это не так.

Возможности человечества заметно изменить тепловой поток на поверхность Земли чрезвычайно низки. Он всецело определяется падающей на нее солнечной энергией, которая составляет 10^{25} Дж/год. Общее энергопотребление человеческой цивилизации, включая энергию ГЭС и АЭС, составляет лишь 4-5 стоты-

сячных солнечного потока. И если уровень солнечной активности снижается – идет похолодание, повышается – неизбежно потепление. Поэтому вклад четырех-пяти человеческих сотысячных в изменение уровня Мирового океана всегда будет исчезающе мал в сравнении с возможностями могучего природного источника – Солнца. Во всяком случае, этот вклад далек от включения правила 1%. В соответствии с ним, лишь отклонения, достигающие 1% энергетического потока, могут коренным образом изменить характер экосистемы.

01.11.2005 г.

Литература

1. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы / Пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 557 с.
2. Малый атлас мира. – М.: Госгеодезиздат, 1987, – 331 с.
3. Лупачев Ю.В. Средний уровень мирового океана – индикатор климатических и экологических изменений // Экологические системы и приборы. – 2005. – №7. – С. 23-26.
4. Лед наступает и отступает // Известия. – 2003. – №36.
5. Кондратьев К.Я., Демирчан К.С. Глобальный климат и протокол Киото // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2001. – №6. – С. 2-15
6. Кэй Дж., Лэби Т. Таблицы физических и химических переменных: Пер. с англ. – М.: Госфизматиздат, 1962. – 247 с.
7. Лазарев М.И. Океан – <http://Cultinfo/fultext/1/001/008/0831906.htm>.
8. К проблеме последствий парникового эффекта: прогнозы и реальность / А.Л. Яншин, С.Н. Жидовинов, А.А. Величко, В.С. Чесноков // Изв. РАН. сер. география. – 1994. – №3. – С. 5-13.