

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
КЛИМАТИЧЕСКОЙ,
ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ,
ГЕОХИМИЧЕСКОЙ И
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ
СОСТАВЛЯЮЩИХ ИЗМЕНЕНИЯ
УРОВНЯ МИРОВОГО ОКЕАНА**

*Михайлов В.И., Учитель И.Л.,
Капочкин Б.Б., Кучеренко Н.В.*

Одесский государственный экологиче-
ский университет
г. Одесса, ул. Львовская, 15
ОАО «Одессагаз»
г. Одесса, ул. Одария, 1

Анализируются методические проблемы измерения уровня океана. Показано, что климатические изменения уровня Мирового океана представляют собой саморегулирующуюся систему. Показано также, что изменения уровня океана формируются за счет водообмена с литосферой и за счет изменений формы и размеров нашей планеты.

Введение. Изменение уровня Мирового океана в эпоху глобального потепления представляет собой одну из наибольших опасностей для нашей цивилизации. В научных публикациях постулируется тезис о повышении уровня Мирового океана в условиях увеличения концентрации углекислого газа. Нами показано, что увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере ведет к увеличению уровня океана за счет таяния льдов и понижения его уровня за счет растворения карбонатного материала донных отложений, т.е. увеличения ёмкости океана. Существуют и другие факторы, способные влиять на уровень Мирового океана.

Изложение основного материала. Исходя из современных представлений о причинах изменения уровня Мирового океана, можно выделить пять наиболее вероятных факторов.

Первый фактор – это изменение объема воды в жидкой фазе при изменениях объема воды в твердой фазе (формирование и таяние ледников).

Второй фактор – глобальные морфометрические изменения объема океанских впадин при растворении или выве-

дении из раствора карбонатного материала.

Третий фактор – изменение объема вод гидросферы в связи с процессами подземного водообмена.

Четвертый фактор – изменение объема и/или формы Земли при неизменном объеме воды в жидкой фазе.

Пятый фактор – это изменение положения земной коры по отношению к оси вращения Земли и соответствующее глобальное изменение контуров Мирового океана.

Рассмотрим современный уровень знаний об изменениях уровня Мирового океана в связи с температурными изменениями. В докладе ООН, посвященном борьбе с глобальным изменением климата, было озвучено, что из-за катастрофически быстрого таяния ледников на планете уровень Мирового океана к 2050 году может подняться в среднем на 90 сантиметров. Эти прогнозы основываются, в том числе, на данных о сокращении площади льдов Арктического бассейна. Площадь льдов Арктики значительно изменялась в последнее время как в сторону увеличения (1995–1996 гг.), так и в сторону уменьшения (1996–1999 гг.; 2006–2007 гг.) За лето 2006 года площадь арктических льдов сократилась примерно на 1,5 млн. км², однако, несмотря на это в 2006 году катастрофического увеличения уровня Мирового океана не зафиксировано. Наряду с этим, приводятся также данные о том, что во время глобального потепления толщина ледников Антарктиды и Гренландии увеличивается (http://climate.nasa.gov/keyIndicators/index.cfm#keyIndicator_sealce.)

Другими учеными обосновывается тенденция грядущего глобального похолодания, что влечет за собой падение уровня Мирового океана.

В последние годы развитие спутниковых методов позволило выявить интересные свойства пространственно-временной изменчивости уровня Мирового океана. Оказывается, в условиях глобального потепления в одних географических районах Мирового океана уровень воды повышается, но в других с такой же скоростью – понижается (http://www.avisio.oceanobs.com/en/applications/ocean/mean-sea-level_greenhouseeffect/regional-trends/index.html).

Как видим, оценки изменения уровня Мирового океана при существующих изменениях климата противоречивы и даже могут быть диаметрально противоположными.

Рассмотрим второй фактор – морфометрические изменения объема океанских впадин, при растворении или выведении из раствора карбонатного материала [1]. Направленность этого процесса регулируется кислотностью вод Мирового океана, которая в свою очередь зависит от соотношения парциального давления углекислого газа в атмосфере и поверхностном слое океана и от интенсивности выделения из литосферы кислых флюидов в придонных слоях Мирового океана. Международная океанографическая комиссия ЮНЕСКО опубликовала данные о современных опасных тенденциях увеличения кислотности вод Мирового океана. По оценкам Управления океаническими и атмосферными исследованиями США, за последние два столетия кислотность Мирового океана возросла на 0,1 ед. рН, достигнув отметок, соответствующих историческому периоду, существовавшему 25 млн. лет назад.

Важно отметить, что углекислый газ, растворяясь в воде, повышает ее кислотность, а кислые воды растворяют карбонаты, содержащиеся в донных отложениях, что сопровождается выделением из океанских вод в атмосферу углекислого газа, что приводит к лавинообразному типу протекания процесса растворения карбонатов. За счет углекислого газа атмосферы будет происходить и растворение карбонатных отложений прибрежной зоны

В условиях поступления углекислого газа из литосферы в придонные слои Мирового океана будет происходить поднятие к поверхности уровня карбонатной компенсации и растворение карбонатов. Растворение карбонатов будет сопровождаться увеличением объема Мирового океана и падением его уровня. Установлено, что за последние 230 лет количество арагонита в донных отложениях существенно снизилось (<http://earthtrends.wri.org/updates/node/245>), а значит и морфометрические характеристики Мирового океана изменились – объем океанских впадин – увеличивается «таяния и выпадения карбонатного снега» имеют определенные

географические особенности. Снижение рН океанских вод смещают карбонатное равновесие в сторону растворения карбонатного материала в Тихом, Индийском и экваториальной части Атлантического океана. Не происходит растворения карбонатов на севере и юге Атлантики. Анализ изменений рН поверхностных вод Мирового океана позволяет с определенной вероятностью прогнозировать в дальнейшем наиболее высокие темпы растворения карбонатов в Южном, Атлантическом и северной части Тихого океанов.

Третий фактор изменения уровня – это вариации объема вод гидросферы в связи с процессами подземного водообмена, осуществляющегося как за счет глубинных (мантийных) вод, так и за счет вод осадочного чехла и воды, связанной в кристаллической решетке минералов земной коры. Согласно представлениям академика В.И. Вернадского, из земной мантии выделяются ювенильные водные растворы. Продолжатель учения В.И. Вернадского в области геохимии академик А.П. Виноградов создал стройную теорию образования воды на Земле путем выделения легкоплавкой составляющей магмы и отделения от нее паров и газов. Благодаря этому процессу в свое время и образовался Мировой океан. Таким образом, увеличение количества воды на Земле и повышение за счет этого уровня Мирового океана может происходить и как следствие непрерывного образования новых масс водных растворов в недрах нашей планеты. В работе [2] приведены данные о том, что только в Атлантический океан ежегодно поступает до $4 \cdot 10^{13}$ м³ подземных вод. Установлено, что за счет подземного водообмена уровень Мирового океана за один год может измениться на 20 см [1]. Водообмен литосферы и гидросферы тесно связан с геодинамикой Земли. В работе [1] показано, что выделения подземных вод могут начаться неожиданно быстро, охватывая территории, размеры которых соизмеримы с континентами. Приведен пример неожиданно быстрого (за одни сутки) подъема уровня грунтовых вод на территории Африканского континента, Аравийского полуострова и Ближневосточного региона. Обводнение грунтов фиксировалось непрерывно на протяжении трех месяцев и также быстро прекратилось. Установлено, что в ре-

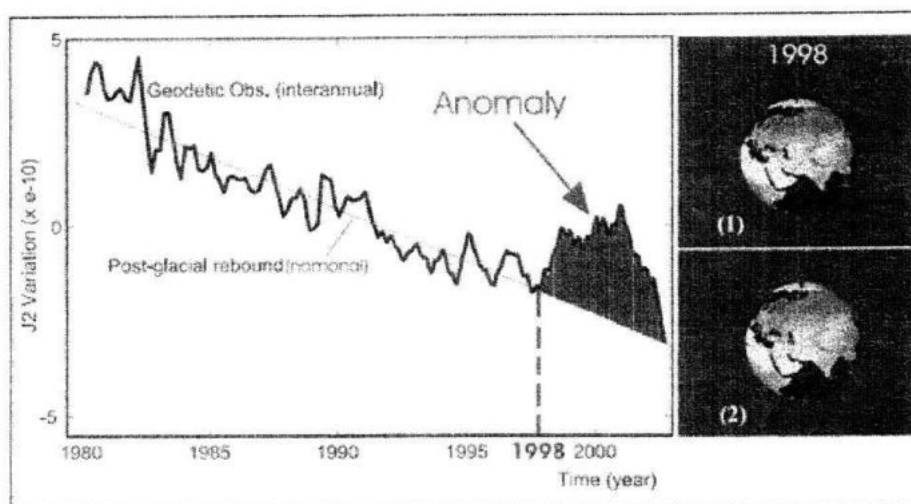
зультате тектонического растяжения могут происходить изъятия воды литосферой. Например, перед сильными землетрясениями уровень подземных вод может понижаться на 20 см [1].

Четвертый фактор – это изменение объема Земли при неизменном объеме воды в жидкой фазе. Этот процесс также сопровождается изменением уровня Мирового океана. Кроме медленных изменений объема Земли существуют и быстротекающие изменения объема нашей планеты. Академик П.Н. Кропоткин писал о том, что ежегодные июньские всплески вулканической активности приходятся на то время, когда Земля наиболее сильно тормозится гравитационными полями и изменяет свой объем.

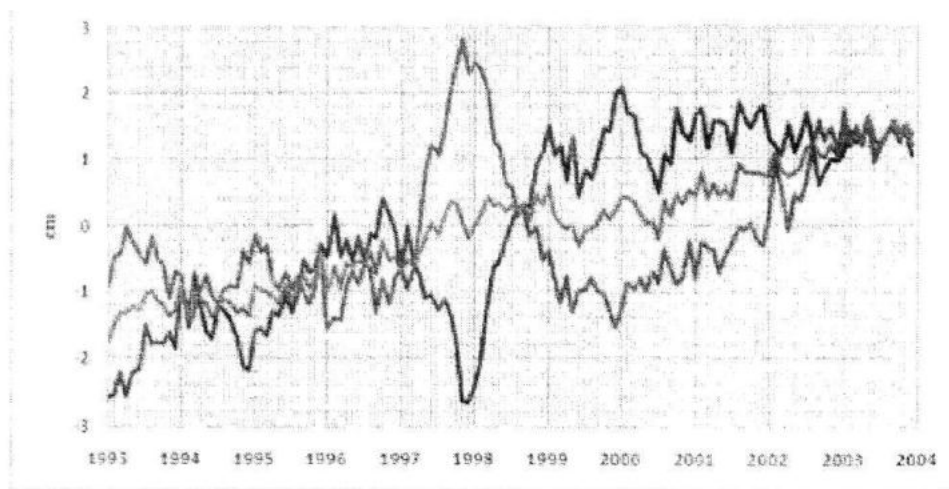
Июньские изменения диаметра Земли оцениваются в 10–20 см, что должно приводить к соответствующим изменениям уровня Мирового океана.

На рис. 1 приведены данные изменения формы Земли в 1998 году. Произшедшие изменения (увеличение сплюснутости) были согласованы с изменениями скорости вращения Земли, что привело к комплексным изменениям глобального характера, в том числе и к увеличению среднеглобального уровня океана.

На рис. 2 показано, что изменения уровня Мирового океана произошли в разных зонах с разными тенденциями. Это свидетельствует об изменении формы геоида в указанный период.



Р и с. 1. Изменения значений коэффициента J_2 по данным С. Сох, и В.Ф. Чао, 2002



Р и с. 2. Сравнение графиков изменения уровня Индийского океана, Западного и Центрального Тихого океана с изменениями уровня Восточного Тихого и Атлантического океана, а также общий график колебаний уровня Мирового океана <http://i29.tinypic.com/71oabq.png>

Пятый фактор – это изменение положения земной коры по отношению к оси вращения Земли и соответствующее глобальное изменение контуров Мирового океана. Такой процесс возможен в результате смещения всей земной коры по жидкой астеносфере. Этот фактор реализуется практически одновременно, поэтому изучение динамики процесса изменения уровня Мирового океана формально сводится к анализу новой карты Мирового океана.

Перейдем к методическим вопросам измерения уровня Мирового океана, как критерия качества диагноза и прогноза изменений его уровня.

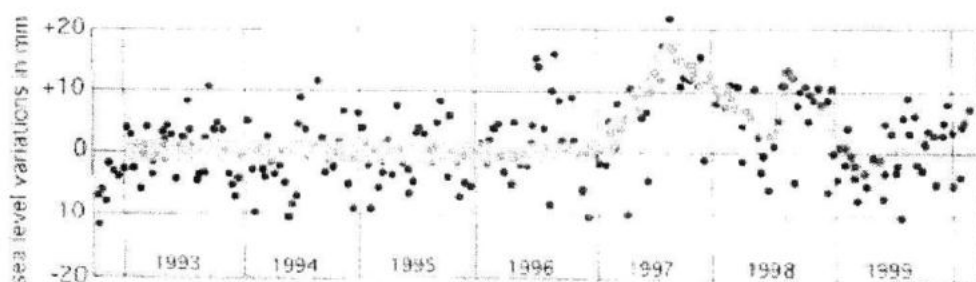
Измерения уровня океанов и морей в настоящее время ведется двумя различными методами. Первый основан на измерениях положения уровенной поверхности относительно геодезических реперов, установленных на берегу или на морском дне. По сути – это измерения уровня моря относительно подвижной системы координат, так как и берег, и морское дно испытывают вертикальные движения в широком диапазоне частот. Второе методическое решение базируется на сканировании топографии поверхности Мирового океана с использованием дальномеров, размещенных на ИСЗ. Осуществляется пересчет измерений расстояний положения спутника на орбите до морской поверхности по отношению к форме геоида. Однако, форма геоида также подвержена изменениям.

Спутниковые альтиметрические измерения подвергаются пересчету в значения аномалий уровня. Пересчитанные значения уровня Мирового океана характеризуются величинами аномалии высоты морской поверхности Ssh относительно средней высоты поверхности океана в данной точке mss:

$$Ssh = orbit - mss + p,$$

где orbit – расстояние между спутником и поверхностью, p – поправки, обусловленные различными искажающими факторами. Орбитальное расстояние измеряется с большой точностью, а вот средняя высота морской поверхности – параметр с неопределенной точностью. Отдельно будет рассмотрена проблема формирования поправок.

На рисунке 3 приведены данные о фактических изменениях уровня Мирового океана, оцениваемых по данным альтиметрических измерений в 1992–2000 гг. Приведенные данные существенно отличаются от данных, вычисление которых выполнено с поправкой «р». Данные отличаются тем, что в первичных данных поправка на линейный тренд роста уровня Мирового океана ещё не была введена [3]. В публикации [3] указывается, что фактические изменения уровня по данным спутников TOPEX/Poseidon не показывают его роста.



Р и с. 3. Временная изменчивость фактических альтиметрических спутниковых измерений отклонений среднеглобального уровня Мирового океана от поверхности геоида.

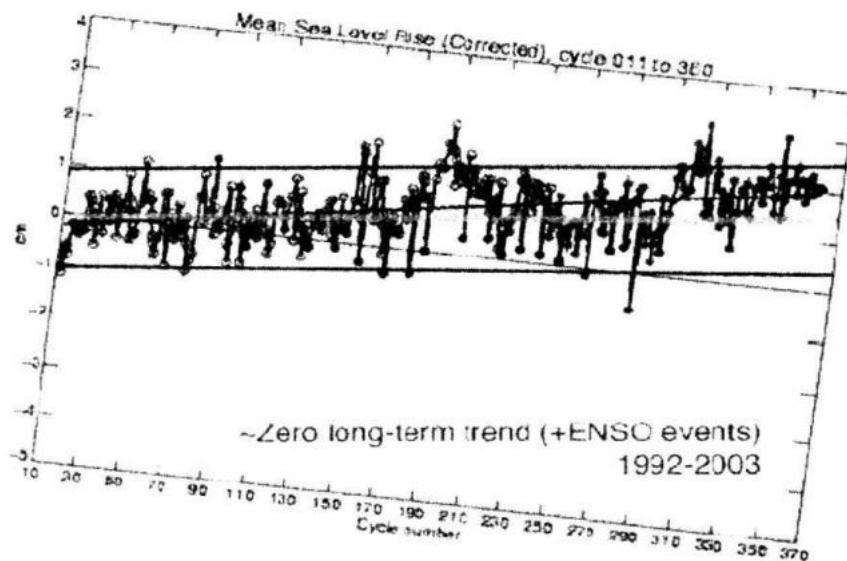
<http://www.publications.parliament.uk/pa/d200506/ldselect/ldconaf/12/12we18.htm>

В 2000 г. в расчеты аномалий среднеглобального уровня Мирового океана был введен поправочный коэффициент. Этот "поправочный коэффициент" был

введен для того чтобы согласовать спутниковые измерения уровня океана с мареографными. В виде поправок введен тренд роста уровня со скоростью 2.3

мм/год. Важно отметить, что методика измерения уровня моря спутниковыми альтиметрическими методами, по определению, не допускает «привязки» к береговым пунктам, так как измеряется в другой системе координат. Допустимость введения таких поправок сомнительна и Мӧгнер Н.А. утверждает, что "это является фальсификацией данных". Данные спутниковой альтиметрии обрабатываются в Университете Колорадо. Поправка вводится для того, чтобы скорректировать данные измерений, по-

лученные с помощью спутниковой альтиметрии с данными 64 мареографов, расположенных в разных точках Мирового океана, причем по данным тех пунктов, которые погружаются результате тектонических движений [3]. Для того чтобы вернуться к истинным результатам спутниковых измерений, необходимо удалить введенную поправку. В этом случае данные изменения среднегоlobalного уровня Мирового океана приобретут следующий вид рис. 4.



Р и с. 4. Временная изменчивость расчетных значений альтиметрических спутниковых измерений отклонений среднегоlobalного уровня Мирового океана от поверхности геоида без учета поправки на линейный рост уровня.

<http://www.publications.parliament.uk/pa/ld200506/ldselect/ldconaf/12/12we18.htm>

Заключение. Изменение уровня Мирового океана формируются многими факторами. В результате эндогенных процессов изменяется фигура Земли и происходит увеличение объема воды в гидросфере. Климатические изменения представляют собой саморегулирующуюся систему, когда изменение концентраций углекислого газа в атмосфере, как в результате естественных факторов, так и в результате антропогенного влияния провоцирует разнонаправленные процессы – таяние ледников (повышение уровня океана) и растворение донных отложений (понижение уровня).

Существующие методы измерения уровня океана по объективным и субъективным факторам несовершенны, что существенно усложняет проблему диаг-

ноза и прогноза изменений уровня Мирового океана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов В.И., Капочкина А.Б., Капочкин Б.Б. Взаимодействие в системе литосфера-гидросфера, Одесса, Астропринт, 2010, 175 с.
2. Willard S. Moore, Jorge L. Sarmiento, Robert M. Key "Submarine groundwater discharge revealed by 228RA distribution in the upper Atlantic ocean ", Letters, Nature Publishing Group, 2008.
3. Mӧrner, N-A, 2005. Sea level changes and crustal movements with special aspects on the eastern Mediterranean. Z Geomorph. NF, Suppl Vol 137, p 91-102.