

ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ МОРЯ В ЭО МГИ НАН УКРАИНЫ

Ю.В. Симонова, В.В. Метик-Дилюнова,
А.С. Кузнецов, С.И. Казаков

Экспериментальное отделение Морского
гидрофизического института
НАУ Украины
п. Кацивели, ул. В.В. Шулейкина, 9
E-mail: edmhi@ukr.net

Дано описание проводимых с 1949 г. в
ЭО МГИ НАН Украины измерений уровня
моря. Приводится краткая характеристика
инструментов измерения уровня. Дано опи-
сание новой станции уровня моря, процесса
ее эксплуатации. Данные измерений уровня
заносятся в создаваемую базу данных.
Кратко дается описание этой процедуры, и
приводятся первые результаты обработки
данных.

Введение. Систематическое повы-
шение средней температуры атмосферы
и верхнего слоя океана, характерное для
второй половины прошлого и начала
нынешнего веков, сопровождается ростом
уровня Мирового океана и связанно-
го с ним Черного моря.

Наибольшие изменения уровня океана
в геологическом прошлом связаны с
тектонико-магматическими процессами.
За последние 500 млн. лет квазистацио-
нарная составляющая колебаний уровня
океана возросла почти на 300 м вследст-
вие сокращения площади океана при од-
новременном росте его глубины и увели-
чении толщины суши. Наибольший размах
колебаний периодической со-
ставляющей уровня океана соответствует
ордовику (максимум около 450 млн.
лет назад), когда уровень поднялся на
250 м и было затоплено около 72 млн.
 km^2 существующей в то время суши.
Второй по величине была меловая
трансгрессия (максимум 90-97 млн. лет
назад), когда уровень океана поднялся на
150 м и было затоплено 38 млн. km^2 су-
ши [1].

Основной причиной регрессий уров-
ня в четвертичном периоде являются
континентальные оледенения. Вторая
волна вюрмского оледенения достигла
максимума около 16 000 лет назад. При
этом уровень океана и Черного моря по-

нился на 80-100 м [1, 2]. Начавшееся
далее глобальное потепление вызвало
таяние материкового ледника. Около 6-7
тыс. лет назад уровень Мирового океана
достиг современного положения [1], а
уровень Черного моря приблизился к
современной отметке лишь 5 тыс. лет
назад (рис. 1).

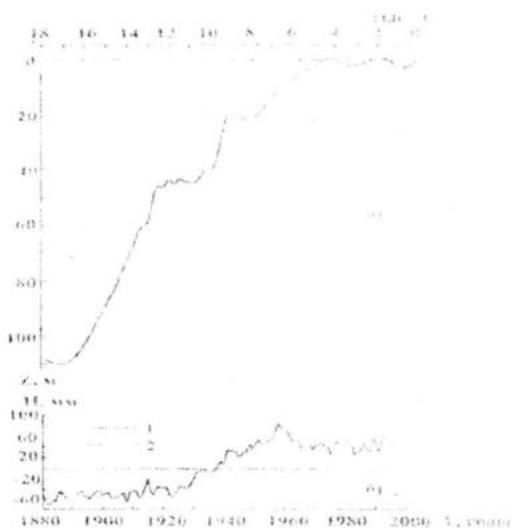


Рис. 1. Изменение уровня Черного моря
согласно [2] – (а); колебания современного
уровня океана – (б), 1 – фактические дан-
ные, 2 – возможные колебания по [1]

Для современных условий Черного
моря изменение уровня определяется
превышением суммы осадков и матери-
кового стока над испарением и связано с
водообменом через проливы. Избыточ-
ная вода вытекает через пролив в Мра-
морное море, средний уровень которого
на 15 см ниже черноморского [3]. Со-
гласно [4, 5] средняя, за период наблю-
дений, разница в продольном уровне в
Босфоре составляет порядка 43 см, и
связана она, прежде всего, с разницей
пресных составляющих водного баланса
Черного и Мраморного морей.

Составляющие водного бюджета моря
постоянно изменяются. Из-за этого
приход и расход воды чаще всего несба-
лансируирован. По этой причине уровень
моря постоянно колеблется около сред-
него положения. Годовые колебания яв-
ляются самыми большими. Они наблю-
даются вдоль всего побережья моря.
Максимальные величины отмечаются в
мае–июне, а минимальные – в октябре–
ноябре, местами – в январе–феврале. Го-

довые колебания обусловлены изменением в течение года составляющих водного бюджета моря, локального атмосферного давления, сгонно-нагонных явлений, поля плотности. Доминирующая роль принадлежит материиковому стоку [3, 6].

На некоторых участках северо-западного побережья изменения уровня могут достигнуть 2 м, а в устьях некоторых рек – 4 м. У приглубых берегов Крыма и Кавказа величина сгонно-нагонных колебаний уровня достигает 50 см, а у мелководного северо-западного прибрежного района – до 2 м. Сейшевые колебания уровня не превышают 60 см, а приливные – 10 см [3].

Повышение уровня океана и связанного с ним Черного моря в последние десятилетия обусловлено, главным образом, климатическим фактором и связано с ростом средней температуры атмосферы и верхнего слоя океана (<http://www.wunderground.com/climate/>).

Развитие методов и средств измерения уровня в ЭО МГИ. Первые сведения о начале регистрации колебаний уровня Черного моря в п. Кацивели относятся к 1934 г. Регулярные записи колебаний уровня моря у мыса Кикинеиз с помощью самописца уровня моря (СУМ) возобновлены в послевоенный период, начиная с 1949 года.

Действие СУМ основано на механическом преобразовании вертикальных перемещений поплавка, всегда находящегося на поверхности воды независимо от ее уровня и повторяющего колебания водной поверхности, в пропорциональные перемещения пера, записывающего эти перемещения на бумажной ленте. Приемная часть прибора помещается в специальный колодец с будкой, который построен на берегу моря и соединяется с морем прямой трубой (рис. 2).

Высота уровня в море и в колодце по закону сообщающихся сосудов устанавливается одна и та же. Отсчет уровня моря производится по водомерной рейке – футштоку.

Футшток привязан к геодезическим реперам на берегу. Геодезическая съемка и уточнение привязки футштока к береговым реперам проводились в 1994 и 2004 годах.

По данным последней геодезической съемки 2004 года нулевое значение уровня моря в Балтийской системе отсчета высот оказалось равным 50-му делению футштока.



Рис. 2. Место установки метеографа

При сопоставлении результатов геодезических съемок 1994 и 2004 гг. выявилась разница в измерениях в пределах 4 см, что вполне может быть связано с перемещением грунта в исследуемом районе. В связи с этим с 1994 г. в результате измерения уровня вносится соответствующая поправка. За время эксплуатации поплавкового самописца уровня моря его узлы и механизмы постоянно совершенствовались. В 2004 г. был выполнен капитальный ремонт будки метеографа и футштока, кабельных сетей связи, ограждений и путей подхода к метеографу. Квазинепрерывная регистрация уровня моря производится наряду с трехразовыми ежедневными наблюдениями за изменениями уровня по показаниям метеографа и водомерной рейки.

Сигналы о колебаниях уровня моря по кабельной линии связи поступают в центральный береговой гидрометеорологический пост, где регистрируются в реальном масштабе времени на бумажном носителе самописца. Далее производится регулярная оцифровка первичной информации с лент самописца уровня моря, в том числе, и ревизия архивных данных с целью формирования и ведения компьютерной базы данных уровня моря в районе мыса Кикинеиз.

Автоматическая станция уровня моря установлена на причале ЭО МГИ (п. Кацивели) с целью мониторинга уровня Черного моря в 2003 г.

Используется стандартное оборудование поста уровня моря, принятое в проекте MedGLOSS (Monitoring Network of Systematic Sea Level Measurements in the Mediterranean and Black Seas), которое применяется в программе CIESM/IOC (Scientific Exploration of the Mediterranean Sea/Intergovernmental Oceanographic Commission) сети новых станций, предоставленных CIESM [7]. Станция установлена при помощи специалистов IOLR (ISRAEL Oceanographic and Limnological Research Ltd, г. Хайфа). За нулевую поверхность принята поверхность геоида.

В 2009 г. станция уровня моря была модернизирована. Новый аппаратно-программный комплекс создан для мониторинга уровня моря в режиме реального времени (RT), установлен специалистами ЭО МГИ при поддержке CIESM и IOLR. Станция уровня моря "Kaciveli" [7] интегрирована в единую европейскую систему раннего выявления катастрофических поверхностных волн в Средиземноморском бассейне и Северо-Восточной Атлантике.

Так как используется подводный датчик, то возможно использование станции для выявления событий цунами без повреждения оборудования.

Потребность в данных RT уровня моря относится к процессу раннего выявления и оповещения о цунами, и дискретность наблюдений была определена с интервалом в 1 минуту.

Атмосферное давление фиксируется каждые 15 секунд и используется в качестве постоянной величины в течение 15-секундного периода измерения давления воды. Температура морской воды измеряется каждые 20 минут. Данные направляются в региональные цunami центры предупреждения, которые находятся в стадии разработки [7].

Представление информации. Работа метеорографа в течение многолетнего периода привела к накоплению большого количества информации об уровне моря, которая хранится на бумажных лентах самописца. Эта информация, в

отличие от данных современных приборов, в частности станции уровня типа Medgloss, малопригодна для современной компьютерной обработки. Обработка таких данных, а так же данных других аналогичных старых приборов, крайне затруднена ввиду хранения ее на «неэлектронных» носителях. Кроме того, с течением времени все актуальнее становится вопрос сохранности бумажных носителей информации.

Разработанная программа оцифровки бумажных лент СУМ подробно описана в [8]. Здесь отметим лишь основные результаты работы с этой программой. На сегодняшний момент произведена оцифровка лент СУМ за период с 2005 по 2010 гг. Это составляет более 7000 «кадров» сканера обрабатываемых лент самописца. Основное время при обработке занимает именно сканирование отрезков лент СУМ. Перевод изображения в цифру с дискретностью в одну минуту занимает несколько секунд. Следует отметить, что до разработки описанной программы обработка лент выполнялась вручную с оцифровкой данных метеографа с дискретностью 1 час. Проводить съем информации вручную с дискретностью 1 мин практически невозможно. Разработанная программа предоставляет такую возможность при сохранении необходимой точности снятия данных и многократно ускоряет этот процесс. Таким образом, общий процесс оцифровки можно квалифицировать как чрезвычайно эффективный.

Для хранения и оперативного доступа к информации в ЭО МГИ создана база данных [7]. Указанная база представляет следующие возможности:

- организация раздельных баз данных для хранения:
 - результатов измерения уровня, полученных с использованием поплавкового метеографа;
 - параметров, измеряемых системой MedGloss;
 - возможность подключения других параметров;
- периодическая автоматическая проверка наличия подготовленной, но неусвоенной информации с подключением к существующей базе данных и ведение архива усвоенных данных;

- ведение журнала событий с записью всех действий, выполняемых базой данных в автоматическом режиме с отметкой времени;
- обеспечение первичного входного контроля данных с возможностью автоматической корректировки и записью нарушений и внесенных исправлений в журнал событий;
- автоматическое сохранение журнала событий за каждый день работы с архивированием по результатам месяца; База данных предоставляет такие виды сервиса:
 - просмотр содержимого базы;
 - просмотр характеристик базы с элементами статистики;
 - выборка заданных параметров за указанный промежуток времени;

- анализ временных рядов.

На данный момент база данных включает две базы: данные наблюдений метеографа (уровень моря с дискретностью 1 мин.), результаты работы Medgloss- станции (уровень моря, атмосферное давление и температура воды на горизонте 3 м с дискретностью 1 час). Данные метеографа обработаны и загружены в базу за период 2005-2010 гг., данные станции – 2003-2011 гг. На рис. 3, 4 представлен временной ход этих значений и рассчитанные среднемесячные величины уровня, а в табл. 1 статистические данные измерений разными приборами.

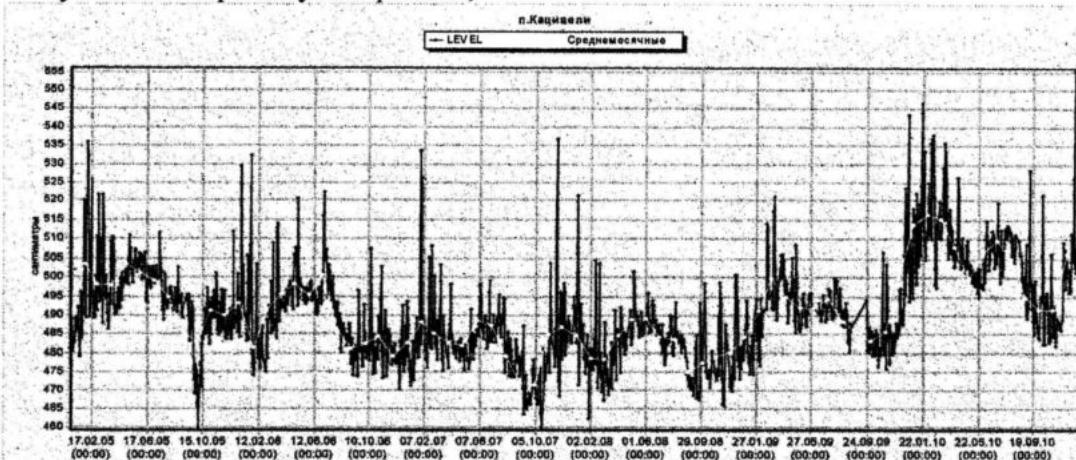


Рис. 3. Уровень моря с дискретностью 1 мин и его среднемесячные значения по данным метеографа

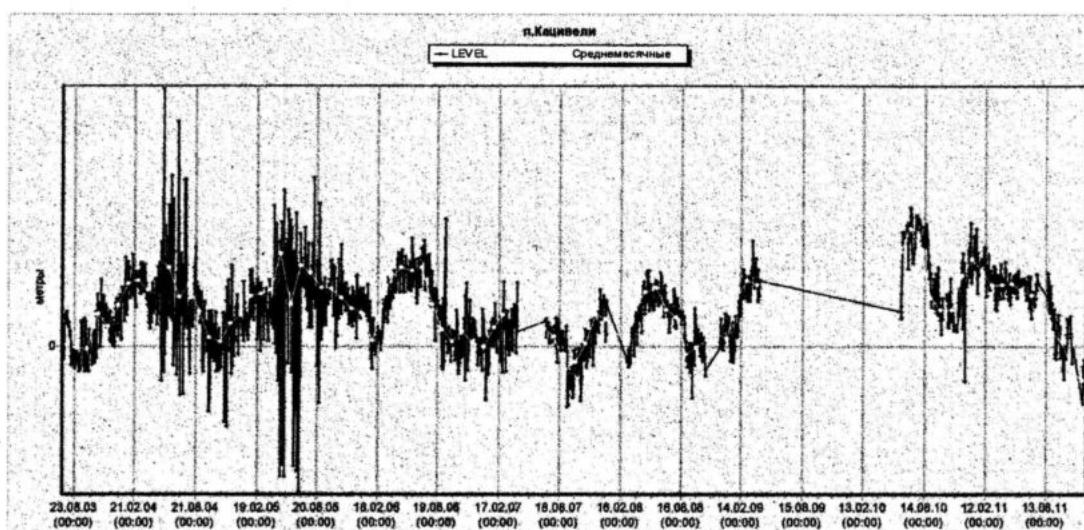


Рис. 4. Уровень моря с дискретностью 1 час и его среднемесячные значения по данным Medgloss- станции

Статистика измерений уровня моря метеографом и Medgloss- станцией уровня

Прибор, ед. изм.	Период измерений, дискретность	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Диапазон изменения
Метеограф (СУМ), см	2005-2010, 1 мин.	450,6	569,0	490,8	118,4
Medgloss- станция, м	2003-2011, 1 час	-0,9329	0,8202	0,1143	1,7531

Заключение. В ЭО МГИ разработана и введена в эксплуатацию система, позволяющая усваивать данные геоэкологического мониторинга окружающей среды, преобразовывать данные наблюдений в необходимый формат представления, осуществлять первичный контроль и автоматически импортировать гидрометеорологическую и гидрологическую информацию в специально разработанную базу данных с обеспечением ее входного и выходного контроля при возможности выборочного анализа.

Разрабатываются программные блоки для представления в базе данных, кроме уже занесенных уровня моря (Medgloss-станция, метеограф), атмосферного давления, температуры воды, других параметров, в частности, данных о динамике вод исследуемой акватории

Разработанная программа оцифровки данных показала большую эффективность, что позволит в ближайшие годы представить многолетний массив наблюдений в электронном виде и исключит потерю исторических данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клиг Р.К. Изменение уровня океана в истории Земли // Колебания уровней морей и океанов за 15 000 лет. – М.: Наука, 1982. – С. 11 – 51.
2. Серебрянный А.Р. Колебания уровня Черного моря в послеледниковое время и их сопоставление с историей оледенения высокогорного Кавказа. // Там же. С. 161 – 167.
3. С.Г. Богуславский, Л.А. Ковешников, С.И. Казаков, А.И. Кубряков. Возможные экологические последствия повышения уровня Мирового океана и Черного моря в предстоящем столетии. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2002. – С. 30 – 39.
4. Макаров С.О. Об обмене вод Черного и Средиземного моря. – С.-Петербург, 1885. – 56 с.
5. Горячkin Ю.Н., Иванов В.А. Гидрометеорологический режим южного побережья Черного моря. Севастополь, МГИ, 1999г. – 46с.
6. А.Д. Добровольский, Б.С. Залогин. Моря СССР. М., Изд-во МГУ, 1982г. – 192с.
7. Иванов В.А., Долотов В.В., Казаков С.И., Кузнецов А.С. Развитие субрегиональной информационно-аналитической системы научного центра междисциплинарных исследований НАН Украины на базе Черноморского экспериментального полигона «Кацивели». Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2010. – вып. 21. – С. 10 – 24.
8. Долотов В.В., Казаков С.И., Кузнецов А.С. Разработка специализированных алгоритмов пакетного усвоения данных самопищащих измерительных приборов. Системы контроля окружающей среды. Сб. научных трудов. МГИ НАНУ г. Севастополь, 2012.– вып. 15 – С. 77 – 82.