



УДК 551.49

© 2008

Ю. Н. Горячкин, член-корреспондент НАН Украины В. А. Иванов

### Изменения климата и динамика берегов Украины

*The influence of climate changes on the coast dynamics of the Western Crimea is considered. It is shown that the natural reasons of the modern abrasion of coasts are an increase of the Black Sea level and changes of the wind-wave mode, which results in an increase of the wind speed and the recurrence of storms from the most wind-dangerous directions.*

Морские берега относятся к уязвимым ландшафтам нашей планеты. В пограничной зоне между сушей и морем многие процессы протекают необычайно быстро. Так, аккумулятивный берег может быть срезан волнами на десятки метров за один шторм, но спустя какое-то время может восстановиться и приобрести прежний вид. Следует отметить, что море подтачивает берег внешне незаметно, однако с течением времени полоса суши вместе с постройками и различными объектами оказывается под водой.

В наши дни естественному размыву подвержена большая часть береговой линии Мирового океана, не является исключением и Черное море. В пределах побережья Украины значительный размыв берега наблюдается вблизи Одессы, в западной части Крыма в районе Евпатории, между мысом Лукулл и Севастополем и в других районах. Продолжается размыв уникальных азовских кос, которые представляют большую ценность с точки зрения использования их рекреационных возможностей.

Береговая зона морей и океанов является зоной стока энергии, поэтому естественно, что климатические изменения зримо проявляются здесь в первую очередь. Среди главных природных причин, которые приводят к изменениям в береговой зоне, можно отнести изменения уровня моря (связанные как с вертикальными движениями земной коры, так и с эвстатическими факторами), а также направлений преобладающих ветров и штормовой активности. Все эти факторы действуют на украинском побережье Черного моря. Приведем их на примере берегов Западного Крыма.

**Изменения уровня моря.** Естественной причиной абразии берегов является современная трансгрессия моря. Уровень Черного моря за последние 60 лет повысился на величину около 15 см и продолжает повышаться (рис. 1). Среднюю скорость повышения относительного уровня Черного моря, происходящего в настоящее время, можно оценить величиной 0,25 см/год [1]. В районе Одессы, где наблюдается интенсивное опускание суши, она достигает 0,5 см/год. Колебания уровня моря и вертикальные тектонические движения побережий оказывают значительное влияние на интенсивность основных рельефообразующих

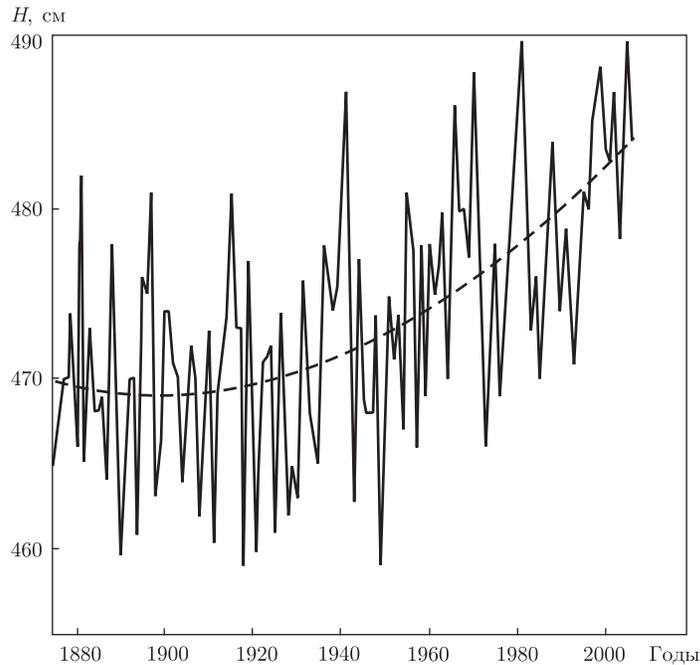


Рис. 1

процессов в береговой зоне (условия питания берегов наносами, общий бюджет осадочного материала и эволюция контура береговой линии). Устойчивое продолжительное повышение относительного уровня моря нарушает установившееся взаимодействие суши и моря и приводит к приспособлению действующих гидродинамических факторов к условиям меняющихся глубин, и, как следствие, к интенсивному преобразованию рельефа.

К основным процессам, происходящим на морских берегах в условиях повышения уровня моря, можно отнести простое затопление берегов без существенных изменений рельефа; перестройку аккумулятивных форм (пляжей полного и неполного профиля, баров, пересыпей, кос); изменение берегов с ярко выраженным уступом размыва в рыхлых породах или с абразионным уступом в коренных [2]. Обычно при повышении уровня на 1 см песчаные берега отступают на 1–2 м. Например, повышение уровня Черного моря в XX веке (наряду с другими факторами) привело к резкому уменьшению пляжей в Каламитском заливе и, в частности, в Евпатории. При среднем повышении уровня моря за период с 1983 по 2002 гг. на 12 см ширина пляжей в среднем сократилась на 13 м. Хотя период наблюдений небольшой и на уменьшение пляжей действуют и другие факторы, тенденция прослеживается достаточно отчетливо. В Каламитском заливе в настоящее время идет интенсивная деградация пляжей. Так, в районе Сакской пересыпи среднегодовая скорость абразии составляет 2,1 м/год [3], а в ее южной части за период с 1984 по 1998 гг. средняя скорость абразии составляла 3–4 м/год [4]. Разгрузка оползней, развивающихся в береговой зоне в условиях подмыва береговых уступов, приводит к травмам и даже к гибели людей, как это случилось в 2005 г. в Севастополе. В Балаклаве при штормовых нагонах морская вода частично затапливает набережную. Нетрудно предугадать, что для защиты береговых сооружений в случае дальнейшего повышения уровня потребуются значительные средства.

Предполагаемое ускорение подъема уровня моря в ближайшие десятилетия приведет к резкому усилению переформирования аккумулятивных берегов, которые характерны для

западного побережья Крыма. Наиболее существенные изменения могут произойти при этом на косах и пересыях. Наряду с размывом морского склона будет происходить перемещение этих форм к берегу. Согласно законам развития равновесных береговых форм рельефа, они перемещаются при этом параллельно самим себе. Однако резкое ускорение подъема уровня моря не будет способствовать их развитию в равновесном режиме. Развитие песчаных береговых аккумулятивных форм чаще всего прекращается при экстремальном ускорении подъема уровня моря. Вполне вероятно быстрое разрушение многих песчаных береговых аккумулятивных форм. Если уровень моря повышается быстро, а запасы песка на подводном склоне невелики (что характерно для побережья Западного Крыма), то барьерная форма постепенно уменьшается в ширину. После уменьшения ширины такой формы до критической величины она становится крайне неустойчивой [5]. Следовательно, могут происходить прорывы барьерной формы на отдельных участках, распадение ее на отдельные острова и даже полное разрушение. Собственно, что и произошло на Бакальской косе (Западный Крым) после катастрофического шторма 11 ноября 2007 г.

**Изменения ветрового режима.** В течение года в районе Западного Крыма преобладают северные и северо-восточные ветры, которые в силу конфигурации берега не возбуждают штормов, значительно влияющих на побережье. Основное их влияние на пляжи — это выдувание песка в море под действием ветра, которое тоже является существенным фактором в динамике берегов [6]. Анализ межгодовой изменчивости ветроволновых условий для Западного Крыма показывает, что в течение последних 30 лет наблюдается увеличение скорости ветра. При этом характерно, что скорости ветров от преобладающих северных и северо-восточных ветров в целом уменьшаются, а от наиболее опасных для побережья западных и юго-западных ветров возрастают. Такая тенденция может быть следствием активизации западного и южного переносов атлантических и средиземноморских воздушных масс, что косвенно подтверждается положительными трендами температуры воздуха. Особенно важно то, что возрастает количество штормов и их интенсивность от наиболее волноопасных направлений. Так, например, в Евпатории в течение последних 15 лет зафиксировано увеличение количества случаев ( $N$ ) штормового ветра от южного и юго-западного направления более чем в два раза (рис. 2), а 2007 г. оказался рекордным по силе катастрофических штормов. Так, в Черноморском и Евпатории штормовой ветер южного и юго-западного направлений продолжался непрерывно на протяжении двух суток 24–25 января 2007 г. В результате столь продолжительного сильного ветра в центре западной части Черного моря высота волн достигала 5 м, а в Каркинитском заливе, прилегающем к Западному Крыму, распространялось волнение высотой более 4 м. Сильный продолжительный шторм привел к интенсивному размыву берега западной части Бакальской косы, при этом берег отступил на величину около 50 м, уничтожив часть существовавшей дороги; железобетонные столбы линии электропередачи были повалены в море. Кроме того, на перешейке между морем и Бакальским озером в западной части косы образовалась промоина, что создало угрозу лечебным грязям Бакальского озера. В Евпатории шторм разрушил часть набережной, что потребовало значительных затрат на ее восстановление.

В связи с этим последовало обращение Постоянной комиссии по аграрным и земельным вопросам, экологии и рациональному природопользованию Верховного совета Крыма в Морской гидрофизический институт НАН Украины с просьбой изучить создавшуюся ситуацию и выработать соответствующие рекомендации. Проведенные в течение 2007 г. экспедиционные работы, анализ архивной метеорологической информации и численное мо-

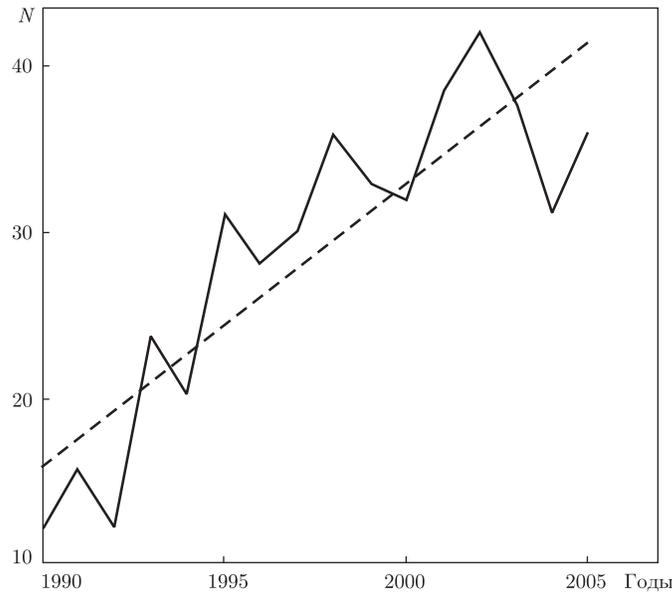


Рис. 2

делирование гидро- и литодинамики в районе Бакальской косы показали, что определяющими факторами в динамике берега являются климатические изменения режима ветра и уровня моря.

Этот вывод подтвердил и второй катастрофический шторм 11 ноября 2007 г. Шторм действовал менее суток, но сила ветра достигала 30 м/с. Характерно, что сила ветра перпендикулярна направлению простираения береговой линии, что создало значительный подъем уровня моря (штормовой нагон), а это в сочетании с аномально большой высотой волн привело к размыву косы и отделению ее дистальной (наиболее удаленной от берега) части от основного тела. Ширина промоины между косой и превратившейся в остров ее дистальной части составила 300 м. Проведенной топографической съемкой зафиксировано смещение тела косы к востоку и существенное уменьшение ее ширины в рекреационной зоне. На теле косы был явно заметен процесс дефляции (развевания) и сноса песчаных отложений в море. В теле пересыпи образовалось несколько сплошных промоин, в результате чего Бакальское озеро соединилось с морем. Поверхность пересыпи была выровнена, а существовавшая на ней растительность погребена под слоем песка. На прибрежной низменности, севернее Бакальского озера, образовались языки песчаных потоков.

Необходимо отметить, что район Бакальской косы носит статус ландшафтно-природного заповедника и имеет большое рекреационное значение, что делает изучение происходящих здесь процессов особенно актуальными. Катастрофические шторма января и ноября 2007 г. обнажили проблему сохранения этого природного памятника. Усилиями Морского гидрофизического института НАН Украины создан постоянно действующий полигон наблюдений за динамикой берега в районе Бакальской косы, кроме этого проводятся систематические наблюдения в Каламитском заливе (в том числе с использованием спутниковых методов), что позволит определить основные тенденции развития берегов и дать научно обоснованный прогноз на будущее.

В настоящем сообщении мы коснулись воздействия только климатических изменений на динамику побережья Украины. Вместе с тем значителен, а в ряде случаев и преобладает

вклад деятельности человека в деградацию морских берегов. Самодетельная защита береговой линии на отдельных ее участках, вне учета общей схемы динамики наносов, ведет к деградации соседних участков побережья, при этом огромные материальные средства расходуются нерационально. Поэтому, на наш взгляд, назрел вопрос о разработке и принятии на государственном уровне научно обоснованной программы “Морские берега Украины”.

1. *Горячкин Ю. Н., Иванов В. А.* Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – 210 с.
2. *Coastal Evolution: Late Quaternary shoreline and morphodynamics* / R. W. G. Carter, C. D. Woodroffe (eds.). – Cambridge, UK: Cambridge univ. press, 1997. – 517 p.
3. *Иванов В. А., Ястреб В. П., Горячкин Ю. Н., Зима В. В., Прусов А. В., Фомин В. В.* Природопользование на Черноморском побережье Западного Крыма: современное состояние и перспектива развития. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – 324 с.
4. *Романюк О. С., Луцик А. В., Морозов В. И.* Условия формирования и динамика морского побережья в районе Сакской курортной зоны // Гос. ин-т минер. ресурсов. – 1992. – 1. – С. 12–17. – [Сб.].
5. *Каплин П. А., Селиванов А. О.* Глобальное потепление климата и его влияние на уровень морей и береговые процессы // Современные глобальные изменения природной среды. Т. 2. – Москва: Науч. мир, 2006. – 776 с.
6. *Выхованец Г. В.* Эоловый процесс на морском берегу. – Одесса: Астропринт, 2003. – 368 с.

*Морской гидрофизический институт  
НАН Украины, Севастополь*

*Поступило в редакцию 26.02.2008*

УДК 550.835

© 2008

**А. Ю. Кетов, С. Т. Звольський**

## **Сукупне визначення вологості та засоленості ґрунтів зрошувального землеробства за допомогою нейтронних методів**

*(Представлено членом-кореспондентом НАН України В. І. Ляльком)*

*A way to determine the moisture of salted soil and the content of NaCl in it by means of neutron methods is developed and tested.*

Гідромеліоративні та екологічні дослідження ґрунтів зрошувального землеробства потребують масових вимірювань їх вологості й засоленості. Визначення вологості незасолених ґрунтів в умовах *in situ* ефективно та оперативно виконуються нейтрон-нейтронними методами з реєстрацією повільних нейтронів (ННМ-П) [1, 2]. Поширеною апаратурою, за допомогою якої реалізується метод ННМ-П у гідрогеологічних та інженерно-геологічних дослідженнях на теренах бувшого СРСР, є прилади типу ВПГР-1 (вологомір поверхнево-глибинний радіоізотопний), виготовлений у м. Полтава.

В аридних районах, зокрема на півдні України, де поширене зрошувальне землеробство, ґрунти здебільшого характеризуються підвищеною NaCl мінералізацією, зазнають вторинне засолення. Застосування ННМ-П на основі однозондового приладу тут утруднене. Зв'язано