

УДК911

**А. В. ХОЛОПЦЕВ**, д-р геогр. наук, проф., **Т. А. ЖУКОВА**  
*Севастопольский национальный технический университет*  
ул. Университетская, 33, 99033, Севастополь, Украина  
kholoptsev@mail.ru

## **ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ЧЁРНОГО МОРЯ КАК СЛЕДСТВИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В г. ЕВПАТОРИЯ**

Выявлены значимые статистические связи изменений уровня поверхности Черного моря в г. Евпатория от предыстории вариаций солнечной активности, опережающей этот процесс на 180-200 лет. С их учетом разработан прогноз изменений среднегодовых значений уровня моря в данном пункте на период до 2140 года, из которого следует, что данный процесс носит циклический характер, а в его спектре присутствует составляющая с периодом близким к 100 годам.

**Ключевые слова:** Уровень поверхности Черного моря, солнечная активность, корреляция, прогноз, изменения береговых ландшафтов

## **Холопец О. В., Жукова Т. А. ПРОГНОЗ ЗМІНИ РІВНЯ ЧОРНОГО МОРЯ ЯК НАСЛІДОК ВПЛИВУ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ У м. ЄВПАТОРІЯ**

Виявлено значні статистичні зв'язки змін рівня Чорного моря в м. Євпаторія від передісторії варіацій сонячної активності, що випереджає цей процес на 180-200 років. З їх урахуванням розроблено прогноз змін середньорічних значень рівня моря в даному пункті на період до 2140, з якого впливає, що даний процес носить циклічний характер, а в його спектрі присутня складова з періодом близьким до 100 років.

**Ключові слова:** Рівень поверхні Чорного моря, сонячна активність, кореляція, прогноз, зміни берегових ландшафтів

## **Holoptsev A. V., Zhukova T. A. FORECAST OF THE BLACK SEA LEVEL CHANGES AS A RESULT OF IMPACT OF SOLAR ACTIVITY IN YEVPATORIYA**

Found a significant statistical relationship changes in the level surface of the Black Sea in the section on the history of Evpatoria variations in solar activity, ahead of the process at 180-200 years. Taking them into account a forecast of changes mean annual sea level rise in this item up to 2140, which shows that the process is cyclical in nature and is present in the spectrum of component with a period close to 100 years.

**Keywords:** Level the surface of the Black Sea, solar activity, correlation, prediction, changing coastal landscape

### **Вступление**

Вариации уровня поверхности водных объектов являются одним из важнейших факторов изменчивости береговой черты и ландшафтов их побережий. Поэтому совершенствование методов их прогнозирования является актуальной проблемой физической географии и геофизики ландшафтов.

Наибольший интерес решение данной проблемы представляет для низменных участков их побережий, которые традиционно используются в целях рекреации. К ним относятся и многие участки западного побережья Крымского полуострова, располагающиеся прекрасными песчаными пляжами, которые ежегодно привлекают сюда сотни тысяч отдыхающих.

Наблюдения за изменениями уровня поверхности Черного моря в рассматриваемом районе впервые проводились А. В. Клоссовским в 1890г [1] и Ф. Ф. Врангелем [12]. В первой половине XX века наиболее активные исследования этого процесса проводились Н.В. Малиновским [2], а также Н.М. Книповичем [3].

На рубеже 50-60х гг. исследования по изменению уровня Чёрного моря на различных участках его побережья активизируются. Их результаты, полученные на юго-западных побережьях Крымского полуострова за весь предшествующий период обобщены в работе Н. С. Благоволина и А. Н. Щеглова (1968 г.) [4].

В 70-х годах XX века изменения уровня Черного моря изучали П.В. Феодо-

ров [5, 6], Д. В. Церепели [7, 8], Л. А. Фомичева [9-11], Д. Р. Костичкова и Кириухин И. Г. [13] и многие другие.

Современные представления об этом процессе изложены в работах Горячкина Ю. Н. и Иванова В. А. [14-21].

Установлено [ 22 ], что причинами вариаций уровня поверхности водных объектов могут являться многочисленные физико-географические процессы, которые относятся к двум классам. К первому относятся эндогенные геологические процессы, приводящие к изменению объемов впадин, заполненных их водами [23]. Ко второму классу относятся метеорологические процессы, влияющие на различные составляющие их водного баланса, среднюю плотность их вод, а также деформирующие их водную поверхность [24]. На состояния упомянутых метеорологических процессов над регионами Восточной Европы, расположенными в бассейне Черного моря, существенно влияют различные крупномасштабные процессы в системе Океан – Атмосфера. Среди них наибольшее влияние оказывают процессы, протекающие в Атлантическом регионе: атлантическая мультидекадная осцилляция, атлантическая меридиональная мода, изменения аномалий среднемесячных поверхностных температур Карибского моря, акваторий, по которым проходят воды Северо-пассатного и Южно-пассатного течений, североатлантическое колебание и другие [22].

Установлено [25], что изменения состояний всех перечисленных процессов существенно зависят от предыстории вариаций солнечной активности, опережающей их на 170-200 лет. Последнее обусловлено продолжительностью распространения субантарктических промежуточных вод Атлантики, из очага их формирования в ее регионы, где происходит апвеллинг. Соленость и плотность этих вод изменяются в непосредственной и обратной зависимости от вариаций потоков солнечной радиации, поглощаемых акваториями Субантарктической зоны конвергенции Атлантики. Поэтому в периоды, когда значение средней плотности этих вод, достигших некоторого района апвеллинга, повышено, расход холодных вод, поднимающихся из глубин океана к его по-

верхности уменьшается, создаваемый ими охлаждающий эффект ослабевает, а его поверхностные температуры повышаются. Противоположные явления возникают в периоды, когда значения средней плотности этих вод понижено.

Несмотря на то, что изменения уровня поверхности Черного моря у западного побережья Крымского полуострова зависят и от других факторов, указанные факты позволяют предполагать, что предыстория вариаций солнечной активности, опережающая их на 170-200 лет, также способна оказывать на них значимое влияние. Подтверждение адекватности данного предположения позволило бы использовать результаты производившихся в прошлом наблюдений за вариациями солнечной активности, для прогнозирования изменений состояния изучаемого процесса. Поэтому его проверка представляет существенный теоретический и практический интерес.

Наблюдения за изменениями уровня поверхности Черного моря у западного побережья Крымского полуострова продолжаются уже много десятилетий. Наиболее продолжительный их непрерывный ряд получен в г. Евпатория [26]. Его анализ свидетельствует о том, что за последние 60 лет значения рассматриваемой характеристики повышались, что явилось одной из причин ухудшения состояния пляжей данного курорта, а также изменения солености вод озера Мойнаки.

Систематический мониторинг вариаций солнечной активности осуществляется с 1749 года, а его результаты представлены в Интернете [27]. Тем не менее, ранее проверка адекватности выдвинутого предположения не производилась.

Учитывая это, как объект данного исследования выбраны изменения среднегодовых значений уровня поверхности Черного моря у западного побережья Крымского полуострова, на примере г. Евпатория.

Предметом исследования являлся сверхдолгосрочный прогноз рассматриваемого процесса с учетом предыстории вариаций солнечной активности.

Целью работы являлось подтверждение адекватности выдвинутого предположения, а также разработка прогноза данно-

го процесса с учетом предыстории вариаций солнечной активности.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

- выявление условий, при которых статистическая связь предыстории вариаций солнечной активности, а также современных изменений уровня поверхности

**Фактический материал и методика исследования**

Как фактический материал использованы временные ряды среднегодовых значений уровня поверхности Черного моря у г. Евпатория (далее УМ) [26]. Указанные ряды за период с января 1946г. по декабрь 2005г. являются практически сплошными, что позволяет по ним рассчитать члены соответствующих временных рядов среднегодовых значений рассматриваемой характеристики.

Как индекс солнечной активности, рассматривалось среднегодовое значение чисел Вольфа (далее СВ), поскольку временной ряд их значений за период 1749-2011гг. [25] является наиболее продолжительным.

При решении первой задачи использован метод корреляционного анализа. С его помощью изучались связи изменений УМ в период 1946-2005гг., а также вариаций СВ, опережающих их по времени на 0-198 лет.

Связи между рассматриваемыми фрагментами временных рядов изучаемых процессов признавались значимыми, если соответствующее значение коэффициента их парной корреляции по модулю превосходило уровень 0.33 (при соответствующем числе степеней свободы временных рядов 99% порог достоверной корреляции по критерию Стьюдента). Это позволило определить фрагменты временного ряда СВ, наиболее существенно связанные с изменениями УМ.

При решении второй задачи использован метод линейной множественной регрессии [28]. Как прогностическая модель изучаемого процесса  $y(t)$  рассматривалось соответствующее линейное уравнение множественной регрессии.

Черного моря в п. Евпатория, является значимой.

- разработка прогноза среднегодовых значений уровня Черного моря в г. Евпатория, с учетом выявленных статистических связей с предысторией вариаций солнечной активности.

$$Y(t) = c_0 + c_1x_1(t) + c_2x_2(t) + \dots + c_nx_n(t), \tag{1}$$

где  $c_i$  – действительные константы, выбираемые так, чтобы сумма квадратов отклонений  $z(t) = Y(t) - y(t)$  для всех моментов времени  $t$ , в которые проводились наблюдения, являлась минимальной,

$x_i(t)$  – состояния в те же моменты времени  $t$  процессов, значимо статистически связанных с  $y(t)$ .

Если число этих аргументов не превышает длину временных рядов рассматриваемого процесса, коэффициенты уравнения линейной регрессии  $c_i$  находят с помощью метода наименьших квадратов. При этом  $N$ -мерный вектор их значений  $\underline{C}$  находится путем решения векторно-матричного уравнения:

$$\underline{B} = A * \underline{C}, \tag{2}$$

где  $\underline{C}$  –  $N$ -мерный вектор;

$$B = \left\{ \begin{matrix} \sum_{i=1}^M y_i \\ \sum_{i=1}^M y_i x_{i,1} \\ \dots \\ \sum_{i=1}^M y_i x_{i,N} \end{matrix} \right\}; A - \text{матрица } N \times N:$$

$$A = \left\{ \begin{matrix} M & \sum_{i=1}^M x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} \\ \sum_{i=1}^M x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,1} x_{i,1} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} x_{i,1} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} x_{i,1} \\ \sum_{i=1}^M x_{i,2} & \sum_{i=1}^M x_{i,1} x_{i,2} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} x_{i,2} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} x_{i,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{i=1}^M x_{i,N} & \sum_{i=1}^M x_{i,1} x_{i,N} & \sum_{i=1}^M x_{i,2} x_{i,N} & \dots & \sum_{i=1}^M x_{i,N} x_{i,N} \end{matrix} \right\}$$

Это решение имеет вид:

$$\underline{C} = A^{-1} * \underline{B}, \quad (3)$$

где  $A^{-1}$  матрица обратная по отношению к  $A$ .

Описанная процедура может быть осуществлена, если среди факторов моделируемого процесса отсутствуют линейно зависимые.

Точность моделирования изучаемого процесса с помощью (1) тем выше, чем сильнее он связан с факторами, учитываемыми в качестве ее аргументов. Поэтому в

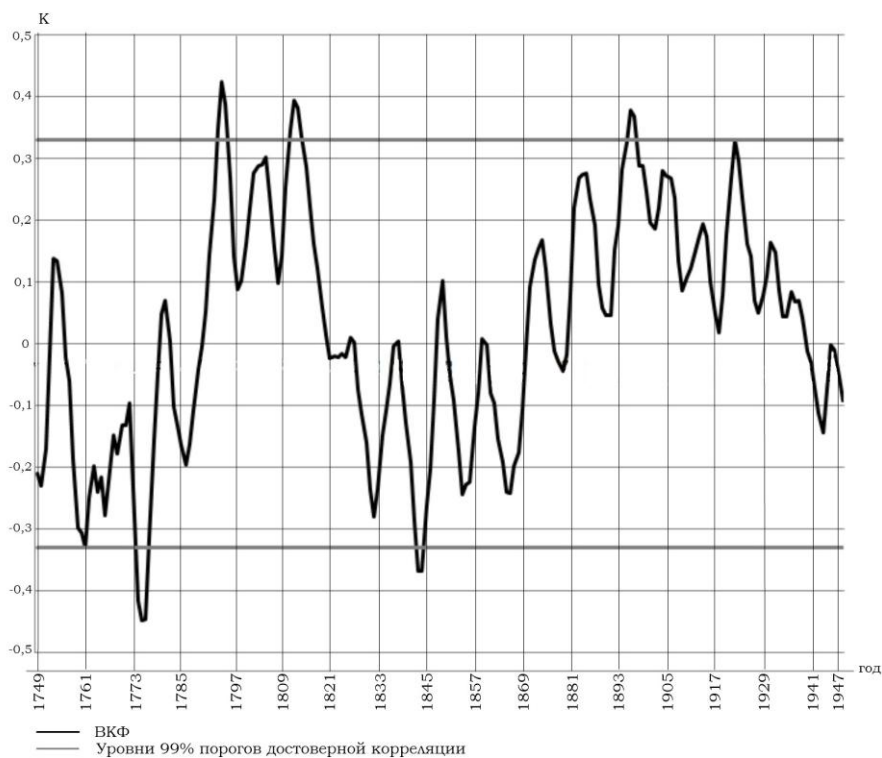
### Результаты и их анализ

С использованием описанной методики осуществлен корреляционный анализ связей ряда УМ с различными фрагментами ряда СВ. Его результаты, в виде зависимо-

качестве аргументов модели (1) изменений УМ рассматривались отрезки ряда СВ, которые начинались с его фрагментов, значительно коррелированных с изучаемым рядом УМ.

Данная модель (.1) может быть использована и для его прогнозирования, если имеются основания полагать, что существенных изменений в будущем закономерностей, обуславливающих выявленные связи, не произойдет.

стей коэффициента парной корреляции рассматриваемых процессов от года начала фрагмента ряда СВ, приведены на рис. 1.



**Рис. 1** – Зависимость от года начала фрагмента ряда СВ коэффициента его парной корреляции с рядом УМ за период 1946- 2005гг.

Из анализа полученной зависимости (рис. 1) определено, что при отсутствии временных сдвигов между рядами УМ и СВ значимые статистические связи между этими процессами отсутствуют. В то же время подобные связи ряда УМ выявлены с многими фрагментами предыстории СВ.

Выявленные закономерности использованы при идентификации математической модели изменений УМ. Годы начала отрезков ряда СВ, рассматриваемых как аргументы (1), а также соответствующие значения коэффициентов  $c_i$  представлены в таблице

Таблиця

Годы начала отрезков ряда СВ, рассматриваемых как аргументы (1), а также соответствующие значения коэффициентов  $c_i$

$i$	Год	$c_i$	$i$	Год	$c_i$	$i$	Год	$c_i$
0		470.6323	5	1776	-0.05129	10	1812	0.105194
1	1760	0.031615	6	1777	0.04744	11	1813	-0.01857
2	1761	-0.03097	7	1794	-0.06354	12	1814	0.014119
3	1774	-0.01749	8	1795	0.105145	13	1815	0.07511
4	1775	0.017339	9	1796	0.061873			

В качестве аргументов модели (1) рассматриваются отрезки ряда СВ, опережающие ряд УМ на 186-131 лет (табл.).

С использованием описанной модели осуществлено моделирование изменений

УМ в 1946-2005гг. и их прогнозирование на период 2006- 2140гг.

Фактические изменения УМ, а также результат ее моделирования и прогнозирования представлены на рисунке 2.

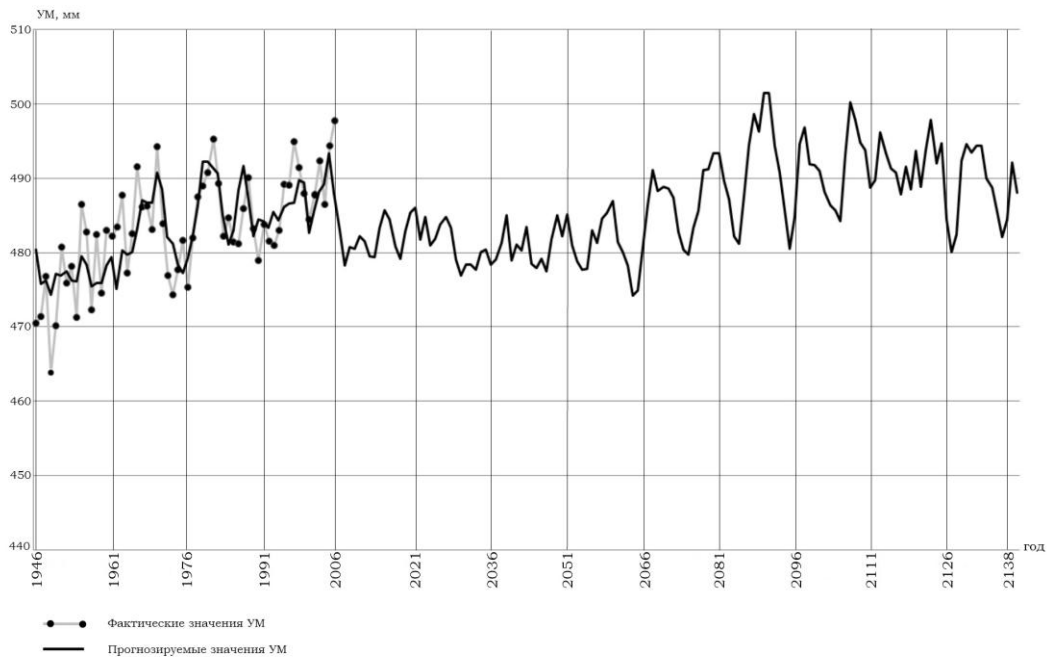


Рис. 2 – Зависимости от времени фактических значений УМ (ряд 1), а также результатов их моделирования и прогнозирования (ряд 2)

Между фактическими изменениями УМ в период 1946-2005гг, а также результатом их моделирования (рис.2) имеет место удовлетворительное соответствие (коэффициент парной корреляции равен  $+0.757$ ). Это позволяет предполагать, что если основные закономерности, обуславливающие связи между рассматриваемыми процессами, не изменятся, адекватным может быть и представленный прогноз.

Из данного прогноза следует, что в ближайшие 60 лет существенных изменений уровня поверхности Черного моря у г. Евпатория не произойдет. К концу XXI века прогнозируется ощутимое повышение значений рассматриваемой характеристики до уровня, который заметно превышает современный. Далее прогнозируется их снижение до середины XXII века.

Разработанный прогноз качественно соответствует прогнозам изменений среднегодового расхода реки Днепр, среднегодовых и максимальных скоростей приземного ветра, а также среднегодовых температур на юге Украины, представленным в [ 26 ], что свидетельствует в пользу его адекватности. Данный прогноз разработан с использованием временного ряда УМ, соответствующего периоду, когда концентрации в атмосфере парниковых газов устойчиво увеличивались. Это позволяет утверждать, что разработанный прогноз соответствует сценарию будущего, при котором накопление в атмосфере диоксида углерода и других парниковых газов будет происходить теми же темпами, что и в период с 1946 по 2005гг..

Из рассмотренного прогноза следует, что в период до 2065 года произойдет стабилизация положения береговой полосы Черного моря на западном побережье Крымского полуострова, что будет способствовать улучшению состояния его пляжей и береговых ландшафтов. В дальнейшем начнется новая волна существенного повышения уровня моря. Если не принять мер по противодействию разрушения пляжей, на осуществление которых имеется 60 лет, это вызовет ощутимое ухудшение их состояния.

Согласно современным представлениям о геологическом строении Западного Крыма, на его побережье можно условно выделить два участка. Первый включает побережье Крымского полуострова между мысами Гераклеийский и Евпаторийский. Здесь побережье сложено мягкими горными породами, которые при действии прибойных сил легко поддаются разрушению, вследствие чего на нем активны абразионные процессы. В некоторых пунктах данного участка побережья его разрушение происходит столь быстро, что береговые ландшафты не успевают изменяться в компонентном составе.

Подобное, по данным [ 29], характерно для южной части Сакской пересыпи, где в период с 1984-1998гг среднегодовая скорость абразии составила 3-4 м/год. В таких пунктах побережья повышение уровня моря, как правило, вызывает еще боль-

шее увеличение скорости абразии, а его понижение приводит к замедлению этого процесса.

Рельеф побережья между пгт Николаевка и г. Евпатория не содержит высоких клифов. При повышении уровня моря здесь возможно подтопление и заболачивание территорий, что приведет к соответствующему изменению их фитоценозов.

В районах впадения в море рек Альма, Бельбек, Кача повышение уровня моря вызовет замедление их стока, повышение их уровня, усиление загрязнения их вод, увеличение минерализации эстуариев, а также засоление верхних водоносных горизонтов. Последнее повлечет за собой засоление почв и сокращение ресурсов питьевой воды в соответствующих районах Крыма, что ухудшит условия жизни населения и осложнит их экономическое развитие.

На территориях, прилегающих к устьям рек данный процесс может привести к появлению новых уровней ландшафта и трансформации биоценозов.

Так может произойти сокращение пляжных ресурсов. Берег района от Севастополя до Евпатории наиболее уязвим для воздействия новоднений и штормов. Уже сейчас в районе г. Саки наблюдается подземное затопление селитебных участков ландшафта ( можно выявить при изучение космических снимков ).

Второй участок западного побережья Крымского полуострова включает его районы расположенные между мысом Тарханкут и Крымским перешейком. Здесь береговая линия сложена преимущественно более прочными горными породами - известняками. Поэтому колебания уровня моря оказывают на его ландшафты менее сильное воздействие.

При прогнозируемом на вторую половину XXI века повышении уровня моря в зоне воздействия прибрежных водных сил окажутся первые метры ( от уреза воды ) береговых склонов. Это будет способствовать образованию в них гротов и пещер, а также сокращению территории мыса Тарханкут.

Указанный процесс будет способствовать возникновению обвалов, суще-

ственно изменяющих ландшафты как наземные, так и аквальные.

Район побережья от мыса Евпаторийский до мыса Тараханкут можно считать «переходным» побережьем от береговой зоны с оползнями к устойчивым берегам сложенными известняками. Частично береговая линия сложена сарматскими глинами легко поддающимися абразии. По мере удаления от мыса Евпаторийский на север высота берегов увеличивается, также происходит и постепенная смена геологических отложений, а, значит, изменяется и тип берегов. Повышение уровня моря может привести к засолению и повышению минерализации прибрежных ландшафтов,

исчезновению озер, продвижению моря вглубь суши и изменения климата над сушей. В районе п.Знаменское выделяются балки и овраги, при затоплении которых возможно образование лиманов.

Прогнозируемое на вторую половину XXI века повышение уровня Черного моря у западного побережья Крымского полуострова вызовет активизацию многих опасных процессов, происходящих здесь и ныне. Период относительной стабильности уровня моря, который, как следует из прогноза, будет включать в себя не одно десятилетие, необходимо эффективно использовать для осуществления мероприятий по инженерной защите побережий.

### Выводы

Установлено, что происходящий в современный период изменения среднегодовых значений уровня Черного моря у западного побережья Крыма значимо статистически связаны с предысторией вариаций солнечной активности, которая опережает их на 186-131 лет.

Учет выявленных закономерностей позволяет разработать сверхдолгосрочный прогноз УМ, который качественно соответствует прогнозам изменений наиболее су-

щественных факторов водного баланса Черного моря, разработанным в [ 25].

Из предложенного прогноза следует, что в период до 2065 года существенных изменений УМ, а также положения береговой полосы Черного моря у западного побережья Крыма происходить не будет, но в дальнейшем процессы, происходившие здесь в период 1946-2005гг. вновь заметны активизируются.

### Литература

1. Клоссовский А. В. Колебания уровня и температуры вод в береговой полосе Чёрного моря. / А. В. Клоссовский. – Одесса: Экономич. типограф., 189. – 37с.
2. Малиновский Н. В. Колебания уровня в Понтийском порту / Н. В. Малиновский // Записки по гидрографии. – 1923. – т.47. – С.163-196.
3. Книпович Н. М. Гидрологические исследования в Чёрном море / Н. М. Книпович. // Труды АзЧерпромэкспедиции. – 1932. – Вып. 10 – С.32-38.
4. Благоволин Н. С. Колебания уровня Чёрного моря в историческое время по данным археолого- геоморфологических исследований в юго-западном Крыму/ Н. С. Благоволин, А. Н. Щеглов // Изв. АН СССР, Сер. Географическая. – 1968. – №2. – С.49-58.
5. Федоров Е. Н. О колебаниях уровня Чёрного моря в послеледниковое время / Е. Н. Федоров // Докл. АН СССР. – 1957. – т.116, – №3.
6. Федоров Е.Н. О колебаниях уровня Чёрного моря в послеледниковое время / Е. Н. Федоров. // Докл. АН СССР. – 1959. – т.124. – С.1127-1129.

7. Церетели Д. В. Связь колебаний уровня Чёрного моря с ледниковым и межледниковыми эпохами четвертичного периода/ Д. В. Церетели. // Сообщ. АН Груз.ССР – 1962. – т.38, №6. – С.673-378.
8. Церетели Д. В. Колебания уровня Чёрного моря в послеледниковое время / Д. В. Церетели. // Сообщ. АН Груз.ССР – 1965. – 39, №2. – С.337-341.
9. Фомичева Л.А. Сезонный и годовой ход уровня Чёрного моря // Тр. Гос. океаногр. ин-та. – 1986. – № 168. – С. 19-26.
10. Фомичева Л. А. Многолетние колебания среднего уровня Чёрного моря/ Л. А. Фомичева. // Тр. Гос. океаногр. ин-та. – 1986. – № 176. – С. 25-30.
11. Фомичева Л. А. Сгоны, нагоны, суточные колебания уровня и сейши Чёрного моря / Л. А. Фомичева. // Тр. Гос. океаногр. ин-та. – 1975. – № 125. – С. 48-58.
12. Врангель Ф. Ф. О колебаниях уровня Чёрного моря // Речи проток. VI съезда русск. естеств. и врачей в СПб в 1879.- отд.1.- СПб, 1880.

13. Костичкова Д. Р. Структура и статистические характеристики колебаний уровня в открытой бухте западного побережья Чёрного моря / Д. Р. Костичкова, И. Г. Кирюхина. // Исследования по динамике вод и гидрохимии Чёрного моря. – 1978. – С.30-308.

14. Горячкин Ю. Н. Современное изменение уровня Чёрного моря // Ю. Н. Горячкин, В. А. Иванов. // Водные ресурсы.–1996.– 23, №2. – С.246-248.

15. Горячкин Ю. Н. Колебания уровня в северной части побережья Чёрного моря // Ю. Н. Горячкин, В. А. Иванов, Ю. А. Степанянц. // Морской гидрофизический журнал. – 1998. – №2. – С. 23-29.

16. Иванов В. В. О колебаниях уровня Чёрного моря / В. В. Иванов, В. П. Ястреб // Водные ресурсы. – 1989. – С.97-104.

17. Горячкин Ю. Н. Особенности изменчивости уровня моря в прибрежной зоне юго-западной части Крыма // Ю. Н. Горячкин, Л. Н. Репетин, Л. А. Фомичева // Труды УкрНИГМИ.- вып.249.- Киев, 2001.- С.236-245.

18. Горячкин Ю. Н. Межгодовая изменчивость уровня в северо-западной части Чёрного моря // Ю. Н. Горячкин, В. А. Иванов. // Исследования шельфовой зоны Азово-Черноморского бассейна. – Севастополь: МГИ НАНУ, 1995. – С. 18-21.

19. Горячкин Ю. Н. Пространственно-временное распределение экстремальных значений уровня в Чёрном море // Ю. Н. Горячкин, В. А. Иванов. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2000. – С. 72-79.

20. Иванов В. А., Блатов А. С. Натурные характеристики колебаний уровня / Гидрология и гидродинамика шельфовой зоны Чёрного мо-

ря (на примере Южного берега Крыма).– К.: Наук.думка, 1992. – С.77-87.

21. Горячкин Ю. Н. А. Вклад баланса пресных вод и его компонентов в изменение уровня Чёрного моря / Ю. Н. Горячкин, В. А. Иванов. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001. – С.101-113.

22. Полонский А. Б. Роль океана в изменениях климата: монография / А. Б. Полонский; НАН Украины. Мор. гидрофиз. ин-т. – К. : Наук. думка, 2008. – 182 с.

23. Горячкин Ю. Н. Современные вертикальные движения земной коры на побережье Чёрного моря / Ю. Н. Горячкин // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2008.

24. Каплин П. А. Изменения береговой зоны при быстром подъеме уровня Мирового океана в результате парникового эффекта / П. А. Каплин, А. В. Поротов, А. О. Селиванов // Геоморфология. – 1992. – № 2. – С.3-24.

25. Холопцев А. В. Изменения солнечной активности и сверхдолгосрочные прогнозы физико-географических процессов / А. В. Холопцев, М. П. Никифорова // LAP Saarbrücken, Germany. 280p. ISBN:978-3-659-21607-7

26. Компьютерный атлас «Гидрометеорология Чёрного и Азовского морей» МГИ НАНУ.

27. [www.gao.spb.ru/database/esai](http://www.gao.spb.ru/database/esai)

28. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия. – 3-е изд. / *Норман Дрейпер*, Гарри Смит. // – М.: «Диалектика», 2007. – 912С.

29. Романюк О.С., Лущик А.В., Морозов В.И. Условия формирования и динамика морского побережья в районе Сакской курортной зоны. – Симферополь: ГИМП, 1992. – С. 12-17.

Надійшла до редколегії 19.03.2013

УДК 551.79:551

**О. П. МИРОШНИЧЕНКО**

*Український науково-дослідний інститут екологічних проблем*  
вул. Бакуліна, 6, м. Харків, Україна  
[elena.miroshnich@bk.ru](mailto:elena.miroshnich@bk.ru)

## **ГЕОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ДОННИХ ВІДКЛАДІВ В БАСЕЙНІ Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ**

Проаналізовані умови формування донних відкладів в залежності від природних особливостей. Виявлені джерела надходження важких металів у систему «водне середовище – донні відклади», найбільший вплив мають ерозійні процеси водозбірної території річок. Підтверджено, що донні відклади є концентраторами основної маси забруднюючих речовин, зокрема біогенних та важких металів, що обумовлено надходженням у водні об'єкти значних обсягів твердих домішок внаслідок змиву ґрунтів з водозборів басейну.

**Ключеві слова:** донні відклади, важки метали, природні умови, ґрунти, ерозія