

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ  
ЮЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
МОРСКОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ  
КЕРЧЕНСКИЙ ЭКОНОМИКО-ГУМАНИТАРНЫЙ ИНСТИТУТ  
ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В. И. ВЕРНАДСКОГО  
КЕРЧЕНСКИЙ ГОРОДСКОЙ СОВЕТ  
КРЫМСКАЯ РЕСПУБЛИКАНСКАЯ АССОЦИАЦИЯ «ЭКОЛОГИЯ И МИР»

# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ АЗОВО- ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА**

Материалы  
VI Международной конференции  
6 октября 2010 г.

Керчь — 2010

УДК 574.5(262.5+262.54)

Главный редактор:  
кандидат географических наук  
**О. А. Петренко**

Редакционная коллегия:  
доктор биологических наук **Е. П. Губанов**  
доктор биологических наук **А. П. Золотницкий**  
доктор географических наук **В. А. Брянцев**  
кандидат географических наук **Б. Г. Троценко**  
кандидат биологических наук **В. А. Шляхов**  
**А. А. Солодовников**  
**В. Н. Туркулова**  
**Н. А. Лебедева**

**Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона: Материалы VI Международной конференции, 6 октября 2010 г., Керчь, ЮГНИРО.** — Керчь: Изд-во ЮГНИРО, 2010. — 98 с.

Рассмотрены климатические изменения и антропогенное воздействие на экосистемы некоторых районов Азово-Черноморского бассейна, изменчивость и точность термических характеристик степного отделения Никитского ботанического сада. Приведено агроклиматическое обоснование проектов промышленных плодовых насаждений на юге Украины в эпоху глобального потепления.

Дана характеристика экологических проблем Опукского природного заповедника, рекреационного потенциала Южного берега Крыма и Керченского холмогорья.

**Current problems of the Azov-Black Sea Region ecology:** Materials of VI International Conference, 6 October 2010, Kerch, YugNIRO. — Kerch: YugNIRO Publishers', 2010. — 98 p.

Climate changes and anthropogenic impact on ecosystems of certain areas of the Azov-Black Sea basin, changeability and accuracy of thermal characteristics of Nikitsky Botanical Gardens steppe division were considered. Agrarian and climatic grounds of commercial fruit plantation in the Southern Ukraine in the epoch of global warming were given.

Ecological problems of the Opuk Nature Preserve, recreational potential of the Crimea Southern Coast and Kerch undulating ground were characterized.

© АВТОРСКОЕ ПРАВО

Исключительное право на копирование данной публикации или какой-либо её части любым способом принадлежит ЮГНИРО.

По вопросу возможности копирования для некоммерческих целей обращаться по адресу:  
ЮГНИРО, ул. Свердлова, 2, г. Керчь, 98300, Автономная Республика Крым, Украина.  
Тел.: (06561) 2-10-12, факс: (06561) 6-16-27, E-mail: yugniro@kerch.com.ua

## ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ ЧЕРНОГО МОРЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**М. И. Куманцов, В. В. Сапожников**

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГУП «ВНИРО»)

За последние десятилетия произошли значительные изменения экосистемы Черного моря. Усиление антропогенного влияния вызвало изменение экологической ситуации в Черном море, его интенсивную эвтрофикацию и изменение основных гидрохимических параметров в зонах шельфа и открытого моря. Наиболее сильное влияние испытывают его прибрежные зоны. Загрязненный сток рек, хозяйственно-бытовые и промышленные сбросы, смыв удобрений и пестицидов с полей и виноградников, интенсивное судоходство, береговое строительство, дампинг, добывача гравия, нефти и газа – все это привело к полной деградации экосистемы шельфа. Следует отметить, что для Черноморского бассейна отношение площади водосбора к площади зеркала моря на порядок больше, чем в среднем для Мирового океана. Это служит своеобразным показателем высокой интенсивности воздействия антропогенного фактора на экологическую ситуацию в Черном море. Совершенно очевидно, что антропогенное воздействие в последние десятилетия привело к глубоким изменениям структуры Черного моря.

Одной из основных причин негативных последствий явилось зарегулирование многочисленными плотинами и водохранилищами основных рек (на Дунае более 19 крупных водохранилищ, на Днепре – более 7 крупных и 250 тыс. небольших водохранилищ). К чему это привело?

После строительства многочисленных плотин в период весеннего паводка значительно сократился объем пресного стока – с 70 до 35 %. Для главных рек безвозвратное водопотребление достигло более 4 км<sup>3</sup>. В то же самое время водохранилища сбрасывают воду зимой, приводя к зимним паводкам, вызывающим зимнее цветение Ризосолении, которая не используется в пищу и опускается на дно.

Многолетние работы ВНИРО в Черном море позволили оценить изменение гидрохимической основы биопродуктивности, химического и биохимического состава всей толщи воды от поверхности до дна, особенно в прибрежной зоне. В образовавшихся водохранилищах в результате развития фитопланктона интенсивно потребляются минеральные формы биогенных элементов. Вследствие этого значительная часть фосфора теперь выносится в море не в форме фосфатов, а в составе органических соединений. Аналогичные изменения произошли с азотом. Сократился вынос нитратов, но возросло содержание органического и аммонийного азота в речной воде. В пределах водохранилищ большая часть взвешенного кремния оседает в донные осадки, в связи с чем резко сократился и вынос кремния в море. Установлено, что в поверхностном слое (0-50 м) средняя концентрация фосфатов уменьшилась приблизительно в 5 раз, кремния – 11, нитратов – 8-10 раз. В то же время возросли концентрации органического фосфора и органического азота. В зоне континентального шельфа резко увеличилось содержание аммонийного азота. Вследствие этого диатомеи после короткого цветения замещаются перидиние-

выми водорослями, биомасса которых быстро увеличивается, вплоть до уровня «красного прилива».

Очень важно, что резко возросло количество выносимого в море органического вещества. Например, содержание взвешенного органического углерода в стоке Дуная, Днепра и Днестра увеличилось в 5-12 раз. В результате содержание органического углерода в поверхностном слое моря за последние 50-60 лет увеличилось в 2-3 раза. Около устьев рек эти величины возрастают на порядок и более. Мы наблюдаем развитие процессов эвтрофикации, причем в худшем его проявлении, когда трофность водоема увеличивается за счет приноса готового органического вещества. При увеличении степени эвтрофикации водоема гетеротрофные процессы интенсифицируются, что выражается в преимущественном увеличении биомассы гетеротрофных микроорганизмов по сравнению с фитопланктоном. Изменения химического состава вод Черного моря, и особенно прибрежной зоны, привели к изменениям в составе биоты. На аллохтонном органическом веществе развилась бактериальная микрофлора, грибы и простейшие. Было нарушено устойчивое, стационарное состояние экосистемы Черного моря, особенно экосистемы континентального шельфа. Экосистема Черного моря приспосабливается к этой новой ситуации массовым гипертрофированным развитием микрогетеротрофов и короткоцикловых видов (медузы, ночесветки и гребневики), способных быстро преобразовывать избыточные количества аллохтонного органического вещества. Появление вселенцев подобно гребневику *Mnemiopsis* и затем *Beroe* можно рассматривать как «биологическое загрязнение», которое является последствием серьезных и глубоких изменений в химической основе биологической продуктивности. Изменение экосистемы Черного моря после вселения гребневика Мнемиопсиса, а затем и Берое направлено в настоящее время к возвращению в равновесное состояние при новых условиях – более высоком содержании растворенного и взвешенного органического вещества, при бурном развитии ризосолении, низких летних концентрациях минеральных форм биогенных элементов, но при повышенном содержании органических форм азота и фосфора. Экосистема стабилизировала потоки вещества и энергии на высшие трофические уровни, что должно оказаться на повышении рыбопродуктивности.

Ускорение оборота органического вещества и биогенных элементов в продукционно-деструкционном цикле прибрежных вод привело к появлению мощных цветений перидиниевых водорослей (*Exuviaella cordata*, *Goniaulax poliedra*, *Goniaulax poligrama*), а также массового развития инфузорий типа *Mezodinium rubrum*, достигающих силы «красного прилива» (около залива Варны, 1989). Эти явления вызваны эвтрофикацией и высокими скоростями первичной и вторичной продукции, а также процессами регенерации. Анализ причин «красного прилива» около болгарского побережья показал, что на шельфе, в поверхностных водах Основного Черноморского течения и в прибрежных водах около входа в Варнский залив, происходит накопление соединений низкомолекулярного органического вещества, что ведет к переходу некоторых разновидностей фитопланктона на гетеротрофное питание.

Следует заметить, что увеличение скорости поступления нефтяных углеводородов в связи с активизацией судоходства и нарастающей добычей нефти и газа вызовет дальнейшее увеличение численности микрогетеротрофов и дальнейший

сдвиг экосистемы Черного моря в сторону эвтрофикации за счет аллохтонного органического вещества.

Накопление органического вещества антропогенного происхождения происходит не только на шельфе, но и в пелагиали. Резкое увеличение поступления органики в глубинные воды привело к увеличению сероводорода и подъему верхней границы анаэробной зоны на 20-25 м ближе к поверхности. За последние 50 лет максимальная концентрация сероводорода на глубине 2000 м значительно увеличилась, и его запас во всем анаэробном слое возрос в 1,5 раза.

Заканчивая оценку современного состояния Черного моря и формулируя задачи исследований на ближайшие годы, можно утверждать следующее.

В настоящее время экосистема Черного моря приближается к новому положению равновесия. Поэтому в данный период очень важно проводить биогидрохимический мониторинг современного состояния экосистемы, чтобы фиксировать направленные изменения, которые позволяют предсказывать ее будущее состояние и делать быструю оценку влияния этих факторов на прибрежные экосистемы Черного моря.

Для поддержания нормального функционирования экосистемы Черного моря необходимо выполнять комплексный экологический мониторинг и некоторые элементы биомелиорации. Один из перспективных методов борьбы с эвтрофикацией – это искусственное культивирование беспозвоночных (мидий, устриц) в прибрежных водах. Мидии и устрицы в процессе питания отфильтровывают тонкую органическую взвесь и значительно ускоряют продукционно-деструкционные процессы в экосистеме.

Необходимость более полной характеристики состояния экосистем шельфа и пелагиали Черного моря в условиях мощного антропогенного прессинга, переосмысления оценки его ресурсов и их роли в экономике причерноморских стран требуют международного сотрудничества в области экологических исследований. В этом направлении ФГУП «ВНИРО» сделан первый шаг – в текущем году с Украиной подписан Меморандум о совместном исследовании в Черном и Азовском морях. В рамках этого Меморандума в июле-августе проведены совместные с сотрудниками ЮГНИРО исследования Керченского пролива, позволившие получить океанологические и биологические данные, охватывающие всю акваторию пролива.

Международное сотрудничество позволит в будущем контролировать негативные воздействия человека на экосистему моря, обеспечить условия сохранения естественных процессов в море и рационально использовать его биологические ресурсы.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЧЕРНОМОРСКОГО АПВЕЛЛИНГА В ПЕРИОД 2005-2009 ГГ.

**Р. В. Боровская, С. Н. Клапань, Л. А. Лексикова, С. Н. Аджиумеров**  
Южный НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО)

Апвеллинги в Черном море, наблюдаемые на различных участках побережья, заметно различаются по многим характеризующим их параметрам: ширине, протяженности, температуре, интенсивности, изучению которых посвящено множество трудов [1-5].

Целью настоящей работы является исследование характеристик прибрежного черноморского апвеллинга с мая по сентябрь 2005-2009 гг.

Необходимость проведенного исследования заключается в том, что районы действия апвеллинга относятся к наиболее рыбопродуктивным. Здесь ведется промысел рыб, в частности шпрота. У м. Тарханкут также добывают нефть, и детальное исследование мезомасштабной изменчивости апвеллинга необходимо для прогноза ареала загрязнения побережья при несанкционированном поступлении нефти в море, а также в случае аварий.

Явлению апвеллинга присущи существенные горизонтальные контрасты температуры поверхности моря, в связи с чем зоны подъема вод хорошо визуализируются на спутниковых снимках в инфракрасном (ИК) диапазоне, поэтому в качестве основных материалов для исследования апвеллинга использовались снимки с искусственных спутников Земли серии NOAA в формате АРТ в инфракрасном и телевизионном диапазонах. Эти данные были получены станцией приема и обработки спутниковой информации SU-8 (фирма «Furuno») в ЮгНИРО. Общее количество снимков, на которых отражены апвеллинги, составило 272. Их распределение по районам приведено в таблице. Дешифрирование зон подъема вод проводилось согласно принятым методикам [6, с. 59-100]. Обобщение и анализ материалов вы-

### Количество дней с апвеллингом в Черном море

Годы	Запад северо-западной части	Север северо-западной части	Восток северо-западной части	Район Ялты	Район Феодосии	Район Ново-российска	Район Турции	Сумма V-IX
2005	3	4	2	2	2	2	5	20
2006	3	11	12	6	6	7	4	49
2007	22	32	9	8	8	4	14	97
2008	4	13	13	0	5	1	14	50
2009	4	25	10	1	2	0	14	56
Сумма	36	85	46	17	23	14	51	272

полнены с учетом времени существования и степени развития апвеллингов по ранее выделенным [1] 7 районам Черного моря, имеющим рыбохозяйственное значение: западный, северный и восточный северо-западной части моря, а также феодосийский, ялтинский, новороссийский и турецкий районы.

Поиск апвеллингов осуществлялся круглогодично, но в связи с тем, что в температурном поле поверхности моря они проявлялись наиболее ярко с мая по сентябрь, особое внимание было уделено именно этому периоду.

Наличие апвеллинга определялось (условно) по картам температуры поверхности моря по разнице между минимальной температурой воды в прибрежной зоне и температурой окружающих вод. Если эта разница превышала 1 °C и сохранялась на 2-3 снимках, то явление рассматривалось как результат прибрежного апвеллинга. Зоной апвеллинга считалась акватория с относительно низкими значениями температуры поверхности моря, ограниченная внешней границей температурного фронта.

По каждому району апвеллинга определялась наименьшая ( $Ш_{min}$ ) и наибольшая ( $Ш_{max}$ ) его ширина, протяженность (Папв.), минимальная температура ( $T_{min}$ ) и температура окружающих его вод (Токр.). Выделялись также районы, где отмечались выходы вод апвеллинга далеко в море. Для каждого случая апвеллинга рассчитывались площади (Sапв.) и условный показатель – «холодозапас» апвеллинга ( $X_{зап.}$ ) по формулам:

$$S_{апв.} = Ш_{ср.} \times П_{апв.},$$

где  $Ш_{ср.}$  – средняя ширина зоны апвеллинга.

$$Ш_{ср} = (Ш_{min} + Ш_{max})/2$$

$$X_{зап.} = (Токр. - T_{min}) \times S_{апв.}.$$

Затем для каждого из семи районов рассчитывались среднемесячные величины условного показателя «холодозапаса» апвеллингов, а для каждого параметра по всей совокупности исследуемой по району пятилетней информации определялись минимальные, средние и максимальные значения.

В результате анализа были выявлены следующие особенности черноморского апвеллинга.

В 2005 г. развитие апвеллингов началось 15 июня вдоль западного побережья и в северной части северо-западного района моря. 16 июня они стали наблюдаться вдоль восточного побережья северо-западной части Черного моря, в районе Феодосии и Ялты и прослеживались в течение 2 дней. Повторное образование зон подъема вод началось с 1 июля в северной и восточной частях на северо-западе моря. Со 2 июля образование зоны апвеллинга отмечалось в районе Ялты, Новороссийска, Феодосии, а 6 июля – вдоль западного и турецкого побережья. Практически регулярно зоны апвеллингов удавалось прослеживать в течение июля. В этот же период отмечалось максимальное развитие их интенсивности. Минимальные значения температуры воды в зонах апвеллингов составляли 13 °C в районе Турции, 14,8-15,5 °C – на северо-западе моря и 16,0-17,5 °C на остальной акватории, занятой апвеллингами. Перепад температур между зоной апвеллингов и окружающими водами составлял 5-10°. Наибольшее удаление холодных вод от берега (на 80-90 миль) прослеживалось на востоке северо-западной части Черного моря. С 14 по 17 сентября образование апвеллингов отмечалось на севере, а с 16 по 17 сентября в восточной части северо-западного района.

В 2006 г. развитие апвеллингов началось 6 июня в районе м. Сарыч-Ялта. 7 июня они стали наблюдаться вдоль западного побережья моря, на севере Каркинитского залива, в районе м. Тарханкут-Евпатория. В середине июня апвеллинги были зафиксированы у берегов Турции и в районе Феодосии. Зоны подъема холодных вод наблюдались также на снимках со спутника 20 и 21 июня. Минимальные значения температуры воды в зонах апвеллингов составляли 10,5 °C в районе Евпатории, 11,0 °C – на севере Каркинитского залива, 14,0 °C – на западе моря, 15,8-16,0 °C соответственно в районе Ялты и м. Тарханкут и 17,0-18,0 °C – в районе Турции и Феодосии. Наибольшие перепады температур между зоной апвеллингов и окружающими водами составляли 12,5 °C (район Евпатории). В районе м. Тарханкут 7 июня отмечалось локальное распределение холодных вод на 60 миль от берега. Нехарактерное распространение холодных вод вдоль восточного побережья моря от 43 до 44° с.ш. шириной 25-30 миль наблюдалось 20 июня. Минимальная температура воды составляла 19 °C, температура окружающих вод – 22-23 °C. Возможно это связано со стоком более холодных речных вод.

Повторное образование зон подъема вод началось 3 июля в северной и восточной части на северо-западе моря, а также в районе Анапы. На северо-западе моря апвеллинги наблюдались по 6 июля. Минимальные температуры составляли 14,5-14,8 °C, максимальная протяженность – 40-60 миль. В районе Анапы апвеллинг прослеживался по 11 июля и занимал большую акваторию. Минимальные температуры отмечались в виде 3-х ядер и составляли 14,8 °C, 15,3 и 16,5 °C. Максимальная протяженность зоны подъема вод составляла 140 миль. На картах за 6 и 11 июля прослеживалось смещение этой зоны апвеллинга в район Феодосии.

Развитие апвеллингов характерно также для сентября. 4 сентября апвеллинги отслеживались в районе мыс Сарыч-Ялта, 7 сентября образовались также вдоль западного берега моря в районе Одессы, Тендровской косы и южнее м. Тарханкут. 13 сентября апвеллинг от м. Сарыч распространился в сторону Севастополя, а от м. Тарханкут до Евпатории. Через двое суток он достиг своего максимального развития, в результате чего 15 сентября вся восточная часть северо-западного района была занята холодными водами. В это же время образовалась зона подъема холодных вод в районе Феодосии, которая 16 сентября распространилась до южной части Керченского пролива. Минимальные температуры воды в зонах апвеллинга составляли 12 °C (район Одессы), 12,3 °C (м. Тарханкут), 13,8 °C (м. Сарыч), 15,3 °C (на западе моря), 15,8 °C (Феодосия). Локальный выброс холодных вод на 40 миль в северо-западном направлении 12 сентября и на 25 миль в юго-западном направлении 13 и 16 сентября отмечался в районе м. Сарыч. 15 сентября локальный выброс в том же направлении на 70 миль отмечался в районе м. Тарханкут. Наибольшие перепады температур между зоной апвеллингов и окружающими водами составляли 7 °C. Максимальная протяженность апвеллинга в этот период составляла 70-100 миль.

В 2007 г. подъем холодных вод зафиксирован 30 мая вдоль западного побережья Черного моря. Минимальные значения температуры воды в зонах апвеллинга составляли 15,8 °C (температура окружающих вод 20-21 °C). 4 июня они стали наблюдаться по северу северо-западного района и в Каркинитском заливе. 8 июня зоны подъема вод были зафиксированы в районе мыса Тарханкут, Евпатории и Феодосии. Минимальные температуры соответственно составляли 16,3 °C, 17,5 и 16,0 °C. Протяженность апвеллингов составляла 10-40 миль. В середине июня ап-

веллинги были зарегистрированы у берегов Турции. В III декаде июня зоны подъема холодных вод прослеживались вдоль западного побережья, на севере северо-западного района, в Каркинитском заливе, вдоль м. Сарыч, у берегов Феодосии. Протяженность «западного» апвеллинга составляла 30-70 миль. Наибольшие перепады температур между зоной апвеллингов и окружающими водами составляли 5-6 °С. В июле зоны подъема вод практически регулярно отмечались вдоль западного побережья, по северу и востоку северо-западной части моря, у берегов Судака, Феодосии и Турции. С 16 по 23 июля подъем вод отмечался в районе Новороссийска. Наиболее протяженными были «турецкий» и «западный» апвеллинги: соответственно 260 и 180 миль. Следует отметить также, что 18 июля на юго-востоке моря вдоль широты 42°35' с.ш. шириной 60-65 миль протяженностью 30 миль отмечался участок пониженных температур (минимальная температура 21 °С, температура окружающих вод 25-27 °С). Вероятно это сток речных вод. Для августа характерными районами образования апвеллинга являлись два района: западный и северный (север северо-западной части и Каркинитский залив). Наибольшие перепады температур между зоной апвеллингов и окружающими водами составляли 7,5 °С (север Каркинитского залива), максимальная протяженность – 60-120 миль.

Развитие апвеллингов характерно также для сентября. Основными районами, где наблюдалась апвеллинги, являлись: западная и северо-западная части моря (от Одессы до Каркинитского залива, м. Тарханкут-Севастополь), м. Сарыч-Новороссийск. Минимальная температура в центре апвеллингов равнялась 11,8-13,5 °С, максимальные градиенты между зоной апвеллинга и окружающими водами составляли 8,7 °С – м. Сарыч-Судак, 7,2 °С – западный апвеллинг и район Керченского предпроливья. Протяженность апвеллингов изменялась от 10 до 180 миль. Наибольшей протяженности в этот период достигал западный апвеллинг. Локальный выброс холодных вод на 50 миль в юго-западном направлении прослеживался в районе Евпатории 19 сентября. В это же время в прибрежной части м. Сарыч отмечалась зона подъема холодных вод шириной 10-25 миль протяженностью 30 миль. Минимальная температура составляла 13 °С, температура окружающих вод 18,8 °С. На юге и юго-западе от зоны апвеллинга наблюдались 4 пятна холодных вод. Температура в центре пятен составляла 13,3-16,0 °С, диаметр пятен – 15-25 миль. Локальный выброс холодных вод на 25 миль в юго-западном направлении 13 и 16 сентября отмечался в районе м. Сарыч, 15 сентября – в том же направлении на 70 миль – в районе м. Тарханкут. Наибольшие перепады температур между зоной апвеллингов и окружающими водами достигали 7 °С. Максимальная протяженность апвеллинга в этот период составляла 70-100 миль.

Для 2008 г. характерно наиболее раннее появление апвеллингов – 23 апреля вдоль западного побережья Черного моря. Ширина зоны составляла 20-25 миль, протяженность 80 миль. Минимальные значения температуры воды в зонах апвеллинга равнялись 7,5 °С (температура окружающих вод 11-12 °С). Интенсивное развитие апвеллинга отмечено с середины мая. 15 мая апвеллинг образовался в районе Феодосии (минимальная температура 12-13 °С), 19 мая – в районе западного побережья (минимальная температура 12,8 °С), 21 мая – в районе м. Сарыч и Евпатории (минимальная температура 13,5-14 °С). В районе м. Сарыч отмечался локальный «выброс» холодных вод на 70 миль в море.

В начале июня апвеллинги были зафиксированы у берегов Турции (протяженность 190 миль, минимальная температура 14 °С, температура окружающих вод

19 °C). В середине июня подъемы вод малой интенсивности прослеживались по северу Каркинитского залива. В конце июня формирование апвеллинга отмечалось в районе Одессы и Анапы-Геленджика. Разница температур в центре апвеллинга и окружающих вод составляла 3-4 °C. Протяженность зон подъема холодных вод достигала у побережья Одессы 50 миль, в районе Анапы-Геленджика – 20 миль. В течение июля практически регулярно отмечались апвеллинги в северо-восточной части моря (от Судака до Керченского пролива), а также у берегов Турции. Эпизодически подъем вод наблюдался вдоль западного побережья. Наиболее протяженным в этот период был «турецкий» (150 миль) апвеллинг. В районе м. Сарыч 3, 4, 7, 15, 18 и 31 июля отмечались локальные выбросы холодных вод от берега в открытую часть моря на расстояние 35-75 миль. Для августа характерными районами образования апвеллинга являлись северная и восточная части северо-западного района Черного моря, а также побережье Турции. Наибольшие перепады температур между зоной апвеллингов и окружающими водами наблюдались в июле и составляли 8,2 °C вдоль западного берега и 8,7 °C – в районе Одессы и Черноморско-Евпатории.

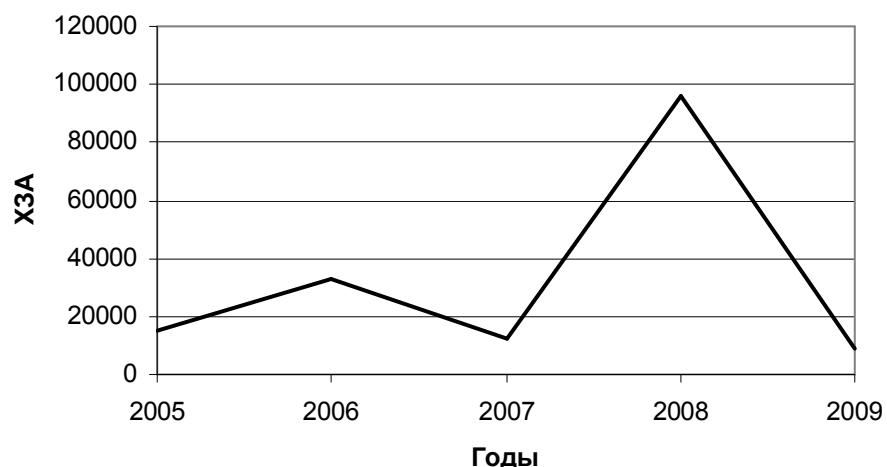
В сентябре апвеллингов не было. Единичный случай образования апвеллинга у побережья Феодосии отмечался 17 октября.

В 2009 г. развитие апвеллингов началось вдоль северного побережья северо-западной части Черного моря 27 мая. Ширина зоны составляла 20-40 миль, протяженность 80 миль. Минимальные значения температуры воды в зонах апвеллинга составляли 13 °C (температура окружающих вод 17-18 °C). В начале II декады июня развитие апвеллинга отмечено в районе Ялты (минимальная температура 19 °C), в районе Судак-Феодосия-Керченский пролив (минимальная температура 16 °C), 19 июня – в районе западного побережья (минимальная температура 18 °C), м. Тарханкут (минимальная температура 17,3 °C), м. Сарыч-Ялта (17 °C). Характерной особенностью апвеллинга последнего района являлся локальный «выброс» холодных вод на 50-60 миль в море. 24 июня апвеллинг сохранился вдоль западного побережья и образовался в районе турецкого побережья. Минимальная температура составляла 20,8 °C, температура окружающих вод была на 4,5° выше. Прослеживался локальный выброс в море на 60 миль. Зоны подъема холодных вод прослеживались в этом районе 7, 8 и 9 июля, с максимальной их протяженностью 140 миль (7.07.2009 г.).

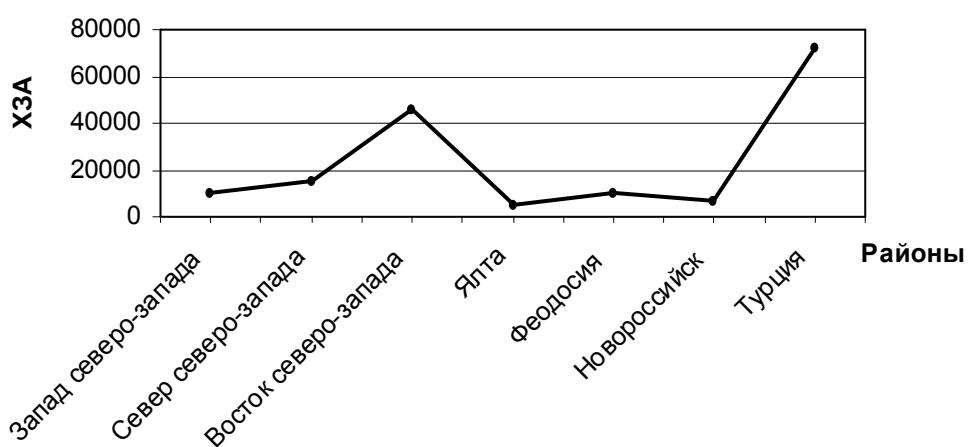
Интенсивное развитие апвеллинга фиксировалось со второй половины июля по 11 сентября. С 20 июля по 12 августа зоны подъема холодных вод отмечались на западе и северо-западе моря. Минимальные температуры (15,5 °C) прослеживались 21 июля вдоль западного побережья. Температура окружающих вод была на 6,5 °C выше. 20 июля, а также с 29 по 30 июля формирование апвеллинга отмечалось в районе Феодосии. Самая низкая температура в зоне апвеллинга этого региона прослеживалась 20 июля и составляла 17,3 °C. Разница температур в центре апвеллинга и окружающих вод составляла 7,7 °C. Эпизодически (20, 31 июля, с 25 по 27 августа) подъем вод наблюдался в районе Анапы-Новороссийска. С 17 августа по 11 сентября апвеллинги отмечались в северо-западной части моря и у берегов Турции. В турецком апвеллинге наблюдались самые низкие температуры, которые составляли 12,3 °C (18 августа). В этом же районе отмечалась максимальная их протяженность, составляющая 180 и 160 миль соответственно 17 и 28 августа. В районе Турции (18 августа) и на запад, юго-запад от м. Тарханкут (19 августа) отмечались

локальные выбросы холодных вод от берега в открытую часть моря на расстояние соответственно 80 и 40 миль. Наибольшие перепады температур между зоной апвеллингов и окружающими водами наблюдались в августе у берегов Турции и составляли 9,7 °С. 24 и 25 сентября апвеллинги малой интенсивности прослеживались по северу северо-западной части моря.

В интенсивности апвеллинга наблюдалась значительная межгодовая изменчивость. Наибольшие значения условного показателя холодозапаса отмечались в 2008 г. Особенно интенсивным был апвеллинг в восточной части северо-западного района и турецкий. Холодозапас составил соответственно 34930 и 48870 град./миля<sup>-2</sup>, при этом в районе Ялты подъема воды не было вообще (рис. 1, 2). Наименьшее развитие апвеллингов прослеживалось в 2009 г. Общий холодозапас составил 8705 град./миля<sup>-2</sup>. В целом распределение холодозапаса апвеллинга за исследуемый период представлено следующим образом: максимальный – в районе Турции (72506 град./миля<sup>-2</sup>), затем восточный северо-западного района (45812 град./миля<sup>-2</sup>), минимальный – в районе Ялты (5116 град./миля<sup>-2</sup>) и Новороссийска (6564 град./миля<sup>-2</sup>).

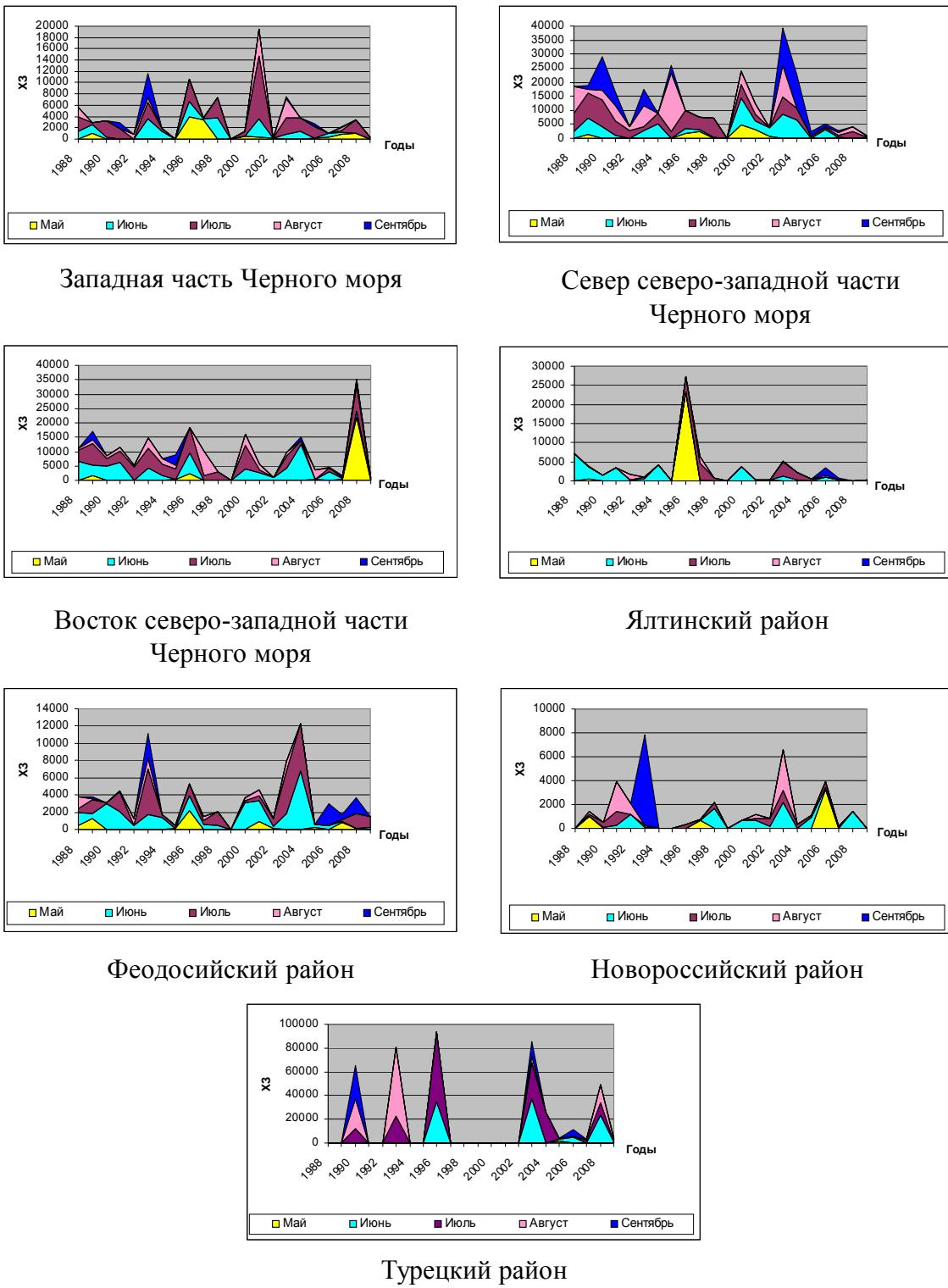


**Рисунок 1 – Характеристика условного показателя холода запаса апвеллингов Черного моря за период с 2005 по 2009 г.**



**Рисунок 2 – Характеристика условного показателя холода запаса апвеллингов по районам Черного моря за период с 2005 по 2009 г.**

Среднее положение занимали северный и западный апвеллинги. Следует также отметить, что максимальные величины 2-х первых районов дают общую повышенную интенсивность в 2008 г. В целом в межгодовой изменчивости условного показателя холодозапаса подтверждается выявленная ранее [1] 2-летняя цикличность, рис. 3. Исключение составил апвеллинг в районе Ялты, где 2-3-летняя цикличность



**Рисунок 3 – Графики межгодовой изменчивости условного показателя «холодозапаса» апвеллингов**

нарушена. Особо следует остановиться на восточном апвеллинге северо-западного района. За весь ряд наблюдений (с 1988 по 2009 г.) в 2008 г. наблюдалась аномально высокая величина холодозапаса (рис. 3).

В каждом из выделенных районов апвеллинг возникал практически независимо друг от друга. Однако были случаи, когда наблюдалось одновременное его появление по всему исследуемому району. Такие явления отмечались 12-14 июня 2005 г., 19 сентября 2007 г. (за исключением турецкого) и 6-7 августа 2008 г. Детальное описание первого из них и причин возникновения приведено в работе [7].

### **Выводы**

1. Прослеживалась межгодовая изменчивость повторяемости апвеллинга. Минимальное число случаев отмечалось в 2005 г. (20), максимальное (97) – в 2007 г. Наиболее часто подъем вод наблюдался по северу северо-западной части моря и у берегов Турции, реже – в районе Новороссийска.

2. Наибольшие градиенты температуры между центром подъема вод и окружающими водами составили 11,2 и 12,5 °С соответственно в сентябре и августе.

3. Практически ежегодно (за исключением 2005 г.) для структуры апвеллинга на более поздних стадиях его развития характерно наличие прибрежного очага холодных вод и дальнейшее их распространение в открытое море. На струях апвеллинга, имеющих фронтальные признаки, формируются промысловые скопления шпрота. Чаще эти очаги прослеживались в районе м. Тарханкут, м. Сарыч, Феодосии и у побережья Турции. Их протяженность составляла 25-80 миль.

4. На фоне межгодовой изменчивости для восточного апвеллинга в 2008 г. характерна аномально высокая интенсивность (холодозапас – 34930 град./миля<sup>2</sup>).

5. В межгодовой изменчивости условного показателя холодозапаса подтверждена ранее выявленная до 2005 г. 2-летняя цикличность. Исключение составил ялтинский апвеллинг.

### **Литература**

1. Боровская Р. В., Панов Б. Н., Спиридоноva Е. О. и др. Прибрежный черноморский апвеллинг и межгодовая изменчивость его интенсивности // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексные исследования ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2005. – Вып. 12. – С. 42-48.
2. Гинзбург А. И., Костяной А. Т., Соловьев Д. М., Станичный С. В. Прибрежный апвеллинг в северо-западной части Черного моря // Исследование Земли из Космоса. – 1997. – № 6. – С. 66-72.
3. Гинзбург А. И., Костяной А. Т., Соловьев Д. М., Шеремет Н. В. Структура апвеллинга у западного побережья среднего Каспия (по спутниковым наблюдениям) // Исследование Земли из Космоса. – 2005. – № 4. – С. 76-85.
4. Иванов В. А., Лисиченок А. Д., Серебряный А. Н. Внутренний апвеллинг в прибрежной зоне Черного моря // Современное состояние экосистем Черного и Азовского морей : тез. докл. Международной научной конференции (Крым, Донузлав, 13-16 сентября 2005 г.). – Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2005. – С. 28.
5. Ловенкова Е. А., Полонский А. Б. Климатические характеристики апвеллинга у побережья Крыма и их изменчивость // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 5. – С. 44-52.

6. *Методические указания по комплексному использованию спутниковой информации для изучения морей* : Госкомгидромет. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 144 с.
7. *Михайлова Э. Н., Музылева М. А., Полонский А. Б. и др.* Пространственно-временная изменчивость характеристик апвеллинга в северо-западной части Черного моря и у побережья Крыма в 2005-2008 гг. // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2009. – С. 318-321.

# ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ФУНКЦИИ ПОЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОЛЁНОСТИ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

**Ю. И. Попов, А. С. Матыгин, Г. А. Ерофеев**

Украинский научный центр экологии моря (УкрНЦЭМ)

Восстановление значений океанологических полей в узлах регулярной сетки при обеспечении максимальной точности в условиях редкой нерегулярной сети станций, выработка оптимальной сети станций для проведения мониторинга, ассимиляция наблюденных данных при моделировании океанологических процессов в определенной мере обеспечивает метод оптимальной интерполяции [2]. Необходимым условием применения этого метода является предварительный анализ статистической структуры исследуемых полей. Анализ должен обеспечить физически обоснованную селекцию данных, которые могут иметь значимый вес для определения оптимально приближенного значения параметра гидрофизического поля в назначенней точке акватории моря. В этом аспекте и требуется вычисление оценки пространственных корреляционных функций исследуемых полей.

В настоящей работе представлены оценки по четырем направлениям пространственных одномерных автокорреляционных функций полей температуры и солености по данным крупномасштабной съемки северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) научно-исследовательским судном «Эрнст Кренкель» УкрНЦЭМ в период 09.07-17.07.1992 г. Следует отметить, что сеть станций, по которым выполнена съемка, позволяет разрешать не только крупномасштабные и суббассейновые образования, но и достаточно большие полевые неоднородности синоптического масштаба.

Корреляционные функции вычислялись для горизонтов 0, 10, 20, 30 м с горизонтальными градациями 25 км. За радиус корреляции ( $R_k$ ) принималось расстояние, при котором корреляционная функция равна нулю. В этом случае  $R_k$  соответствует пространственному масштабу существования внутренней связности поля, а также указывает границы, до которых возможна экстраполяция данных наблюдений конкретного гидрофизического параметра.

Для указанной съемки на всех горизонтах были выделены детерминированные компоненты полей температуры и солености ( $Pg$ ), которые аппроксимировались по методике, предложенной в работе [3] по формуле:

$$Pg = a + bL + cW,$$

где  $L$  – долгота,  $W$  – широта;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – числовые коэффициенты.

Случайная компонента  $Pv$  определяется как разность наблюденного значения  $P$  и детерминированной компоненты:

$$Pv = P - Pg.$$

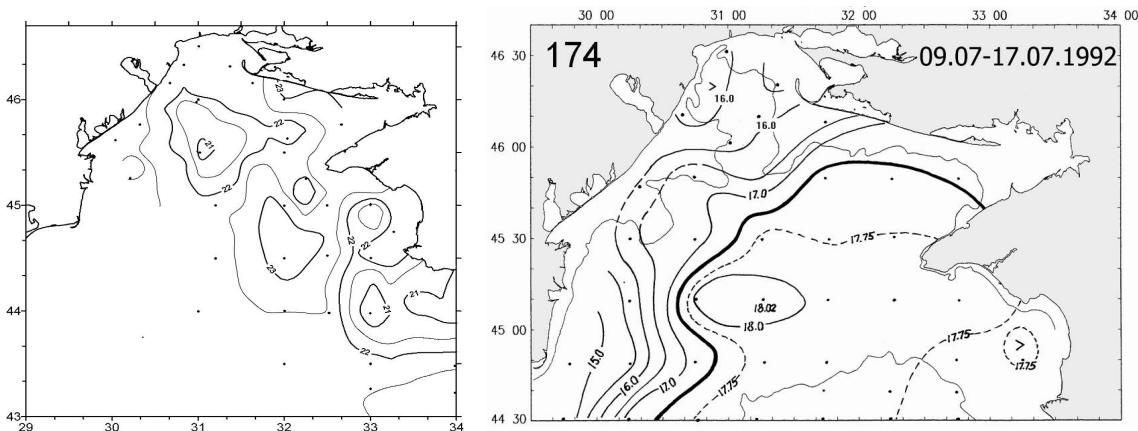
Пространственная корреляционная функция (ПКФ) рассчитывалась для случайной компоненты  $Pv$  по методике, изложенной в [1]. Если при расчете ПКФ однородного и изотропного поля пары точек группируются только по градациям расстояния между ними, то в данном случае необходимо предварительно группировать их по градациям направлений, предполагая однородность и изотропность случайной составляющей по отношению оцениваемого направления.

Весь диапазон направлений ( $0\dots2\pi$ ) разбивается на  $2m$  непересекающихся направлений ( $\varphi_q - \Delta\varphi/2; \varphi_q + \Delta\varphi/2$ ,  $q = 1\dots2m$ ), центрами которых являются вершины углов  $\varphi_q$  между заданным направлением и направлением на восток. Для каждой пары точек  $(Mi, Mj)$  ( $i = 1\dots N-1; j = i+1\dots N$ ) (всего их  $-N$ ) вычисляется соответствующий угол  $\psi_{ij}$  и определяется значение  $q$ , для которого  $\psi_{ij} \in (\varphi_q - \Delta\varphi/2; \varphi_q + \Delta\varphi/2)$ .

В зависимости от углов  $\psi_{ij}$  все пары точек разбиваются по интервалам направлений на  $2m$  групп. Поскольку поле предполагается однородным в рассматриваемой области направления по отношению к ковариационной функции, то  $K(\rho, \varphi) = K(\rho, \varphi + \pi)$ . Поэтому две группы пар точек, соответствующие интервалам направлений с центрами  $\varphi_q$  и  $\varphi_{q+\pi}$  можно объединить. Таким образом, пары точек  $(Mi, Mj)$  разбиваются на  $m$  групп и по каждой из них рассчитывается значение ПКФ для заданного направления. В данном случае статистически обоснованно было выделить 4 направления по румбам: восточному (направление  $0^\circ$ ), северо-восточному ( $45^\circ$ ), северному ( $90^\circ$ ) и северо-западному ( $135^\circ$ ).

Поскольку допущения о статистической однородности океанографических полей нельзя считать оправданным одновременно и в центральных, и в окраинных областях моря, то оценка ПКФ проводилась только для центральной акватории СЗЧМ.

Рассмотрим особенности пространственной структуры полей температуры и солености СЗЧМ для различных масштабов усреднения. На рис. 1 показаны поверхностные поля этих параметров вод в июле 1992 г. Из-за влияния внешних факторов, таких как сток рек, потоки тепла через поверхность моря и других, а также разной временной инерции полей температуры и солености, они имеют различную структуру. В интервале времени съёмки поле температуры можно считать изотроп-



**Рисунок 1 – Поля температуры(слева) и солености(справа) на поверхности СЗЧМ в июле 1992 г.**

ным, а вот расположение изохалин указывает на определенную структурную упорядоченность поля солености на поверхности СЗЧМ.

Аналогичная структура прослеживается и для полей среднемесячной и среднесезонной температуры (рис. 2 а) – достаточно однородное поле в центре СЗЧМ и вдольбереговые аномалии, вызванные стоком рек и сгонно-нагонными процессами. Среднемесячное поле солености для июля (рис. 2 б) имеет вид упорядоченной структуры, особенностью которой является практически равномерное по акватории

рии центральной части СЗЧМ увеличение значений солености в сторону открытого моря, причем изохалины вытянуты вдоль склона шельфа.

Сравнивая общую структуру полей солености (рис. 2) следует отметить, что при увеличении масштаба усреднения происходит естественное «сглаживание» изохалин, которые, однако, сохраняют отмеченное выше направление. Устранение мелкомасштабных структур, а при более глубоком усреднении и волнового характера изохалин, свидетельствует об отсутствии в центральных районах СЗЧМ стационарных динамических образований, которые могли бы проявиться в термохалинной структуре вод.

В этом аспекте также необходимо отметить, что на горизонте 20 м, который находится в этот период года непосредственно под термоклином (рис. 3), среднесезонные поля температуры и солености имеют отличный от поверхностных вид.

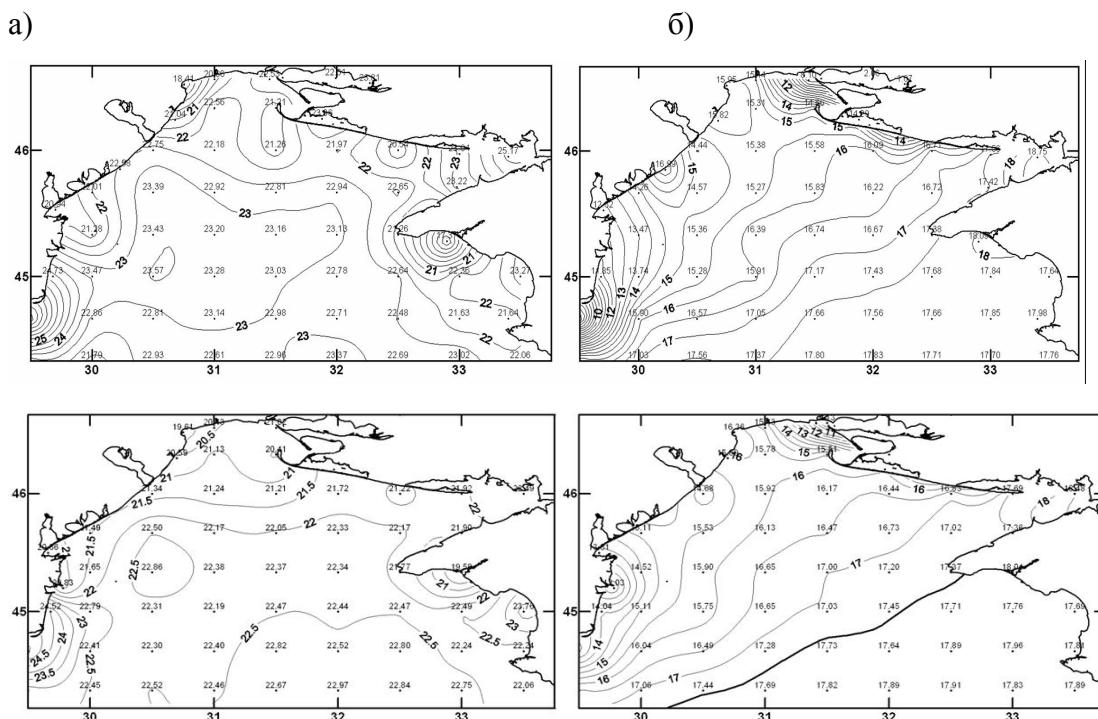


Рисунок 2 – Поля среднемноголетней за июль (вверху) и за летний сезон (внизу) температуры (а) и солености (б) воды на поверхности СЗЧМ

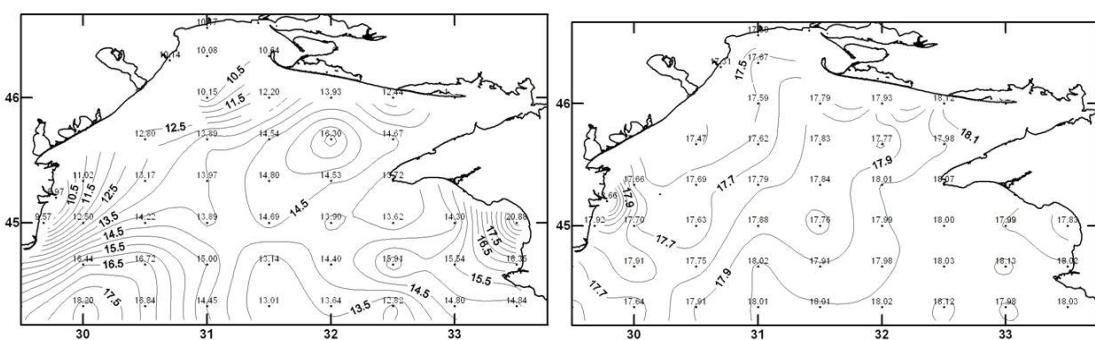


Рисунок 3 – Распределение среднесезонной летней температуры (слева) и солености (справа) на горизонте 20 м

Следует отметить также изменение ориентации изохалин и более сложный рельеф изотерм.

Описанные выше особенности структуры термохалинных полей СЗЧМ вполне определенным образом будут отражаться в статистических характеристиках. Вид корреляционной функции определяется спектральным составом пространственно-го рельефа гидрофизических характеристик, поэтому сглаживание, в данном случае посредством простого усреднения, будет способствовать увеличению радиуса корреляции. В работе [4] еще отмечено, что корреляционные функции, вычисленные по климатическим данным, могут использоваться, в первую очередь, именно для анализа климата. При изучении изменчивости синоптического пространственно-временного масштаба их применение будет вносить погрешность, обусловленную преобладанием низкочастотной спектральной составляющей.

Рассмотрим, как изменяется  $R_k$  термохалинных полей СЗЧМ по съемкам июля 1992 г. На рис. 4 приведены фигуры, описывающие вид  $R_k$  по указанным направлениям для четырех горизонтов.

*Поверхность СЗЧМ.* Структурные особенности термохалинных полей, показанные на рис. 1, в статистическом аспекте должны проявляться в значениях  $R_k$  (рис. 4). Для поля температуры – как относительно одинаковый по всем направлениям  $R_k$  (около 75 км), а проекция ПКФ поля солености на плоскость  $R_k = 0$  представляет собой вытянутую фигуру с максимальным значением около 175 км в СЗ-ЮВ направлении, и минимальным – 40 км в направлении С-Ю.

*Горизонт 10 м.* Для поля солености радиусы корреляции образуют эллипсо-видную фигуру с ориентацией большой оси по направлению ЮЗ-СВ,  $R_k = 150$  км, малая ось имеет размер около 75 км.  $R_k$  поля температуры представлены сложной фигурой, свидетельствующей, что по всем четырем направлениям значения радиусов корреляции различны; большее из них равно 100 км, а меньшее – 50 км.

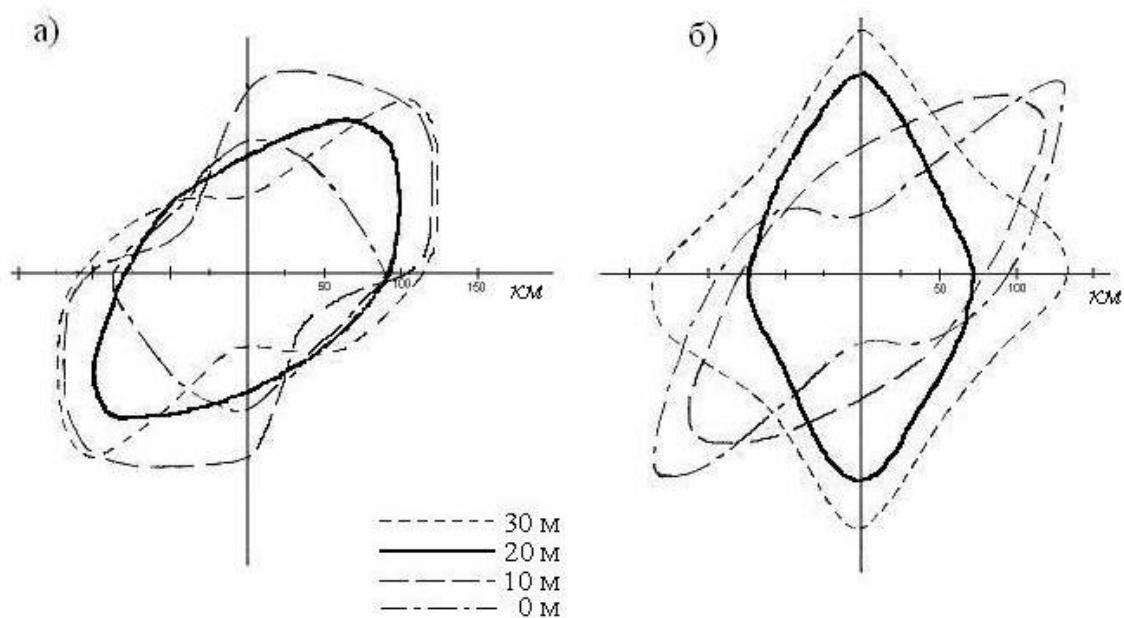


Рисунок 4 – Значения радиусов корреляции, рассчитанные по четырем направлениям для различных горизонтов полей: а) температуры; б) солености

*Горизонт 20 м.* Статистическая структура термохалинных полей изменилась по отношению к поверхностным, так как этот горизонт находится непосредственно под термоклином. В период проведения съемки у полей была достаточно упорядоченная структура, но изолинии температуры и солености имели различие в генеральном направлении примерно на  $45^{\circ}$ , причем изохалины были направлены вдоль линии С-Ю, а изотермы по линии ЮЗ-СВ. На рис. 4 отмечается почти правильная эллипсовидная форма  $R_k$  как для температуры, так и для солености, но с различной ориентацией больших осей; значения радиусов корреляции для температуры находились в диапазоне 125-75 км, а для солености – 150-75 км.

*Горизонт 30 м.* Поле солености малоградиентно и однородно, поэтому  $R_k$  имеет большие значения (100-175 км), а поле температуры – некоторую степень упорядоченности, но также малоградиентно, поэтому экстремальные размеры  $R_k$  находятся в диапазоне 50-150 км.

Начиная с горизонтов 20-30 м, на воды СЗЧМ оказывают влияние динамические процессы открытой части Черного моря, в то время как в поверхностных слоях в основном процессами управляют ветровой и термический режимы.

### Выводы

1. Расчеты двумерных ПКФ по данным съемки в июле 1992 г. показали, что статистическая структура полей температуры и солености на акватории СЗЧМ в основном является анизотропной. Анизотропность проявляется в разной степени в зависимости от горизонта расчета ПКФ.
2. Радиус корреляции ПКФ существенно различен для полей температуры и солености СЗЧМ в летний период.
3. В основном значения  $R_k$  поля солености выше значений этого статистического параметра поля температуры.

### Литература

1. *Андрющенко А. А., Беляев В. И.* Математическое обеспечение расчетов океанографических полей по данным наблюдений. – К.: Наукова думка, 1978. – 135 с.
2. *Беляев В. Н.* Обработка и теоретический анализ океанологических наблюдений. – К.: Наукова думка, 1973. – 295 с.
3. *Колинко А. В., Суховей В. Ф., Жечев А. Д.* Вопросы объективного анализа океанологических полей на Ньюфаундлендском энергетическом полигоне // Метеорология и гидрология. – 1983. – № 12. – С. 69-75.
4. *Палонский А. Б., Шокурова И. Г.* Статистическая структура крупномасштабных полей температуры и солености в Черном море // Морской гидрофизический журнал. – 2008. – № 1. – С. 51-64.

## БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ЭКОСИСТЕМЕ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА

Л. К. Себах, С. С. Жугайло, С. М. Шепелева,  
Н. Б. Заремба, А. П. Иванюта

ЮгНИРО

Керченский пролив имеет важное рыбохозяйственное значение в Азово-Черноморском бассейне для многих массовых видов рыб, совершающих нагульные, нерестовые и зимовальные миграции из Азовского моря в Черное и обратно. Однако в последние годы формирование условий среды в Керченском проливе происходит в условиях увеличения антропогенных нагрузок, к которым в первую очередь относятся: интенсификация судоходства, увеличение грузоперевозок, включая транзитные, работа рейдовых перегрузочных комплексов как в украинской, так и в российской зонах пролива, возведение гидросооружений и др.

Обсуждая вопросы влияния хозяйственной деятельности на морские экосистемы, как правило, в первую очередь обращают внимание на нефтяное и химическое загрязнения. Однако основными гидрохимическими показателями состояния морских экосистем, определяющими условия их функционирования, являются биогенные вещества. Это соединения азота, фосфора и кремния. Они наиболее часто выступают в роли элементов, лимитирующих биологическую продуктивность экосистем. Изменение во времени концентраций биогенных веществ определяется не только динамическими процессами в море (течения, конвекция, турбулентная диффузия и др.), но и всем комплексом продукционно-деструкционных процессов.

В связи с этим цель настоящей работы – исследование тенденций и закономерностей формирования качества вод Керченского пролива в условиях увеличения антропогенной нагрузки и в частности – перегрузки минеральных удобрений.

Исходными материалами для обобщения послужили результаты более 20 комплексных океанологических съемок, выполненных на акватории Керченского пролива в 1997-2010 гг. Определение биогенных элементов проводилось согласно методикам, изложенным в [3] в Лаборатории охраны морских экосистем ЮгНИРО, аккредитованной в системе Госстандарта Украины [2].

Минеральные удобрения относят к опасным грузам, так как их попадание в воду создает неблагоприятные условия для обитания гидробионтов.

Ассортимент минеральных удобрений, перегружаемых на внешнем рейде Керченского пролива, включал нитроаммофос, карбамид, сульфат аммония, селитру и сульфат калия.

Первая партия минеральных удобрений (аммофоса) в объеме 36 тыс. т была перегружена в 1997 г. К 2003 г. объем перегрузок достиг максимума – 256 тыс. т в год. В последующие годы он снизился, а с 2008 г. перегрузка минеральных удобрений не производится (рис. 1).

В морской воде соединения азота и фосфора представлены органическими и неорганическими формами. Обмен между ними, а также живыми организмами является основным фактором, определяющим жизнь водоема.

**Органический азот** является превалирующим компонентом в валовом содержании азота – в среднем на его долю приходится до 97 % (рис. 2).

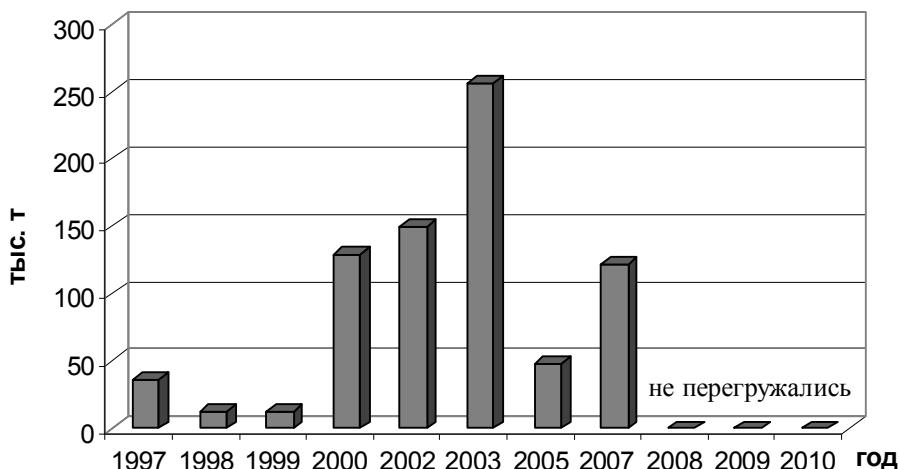


Рисунок 1 – Количество перегружаемых минеральных удобрений на рейдовой стоянке КМТП № 471

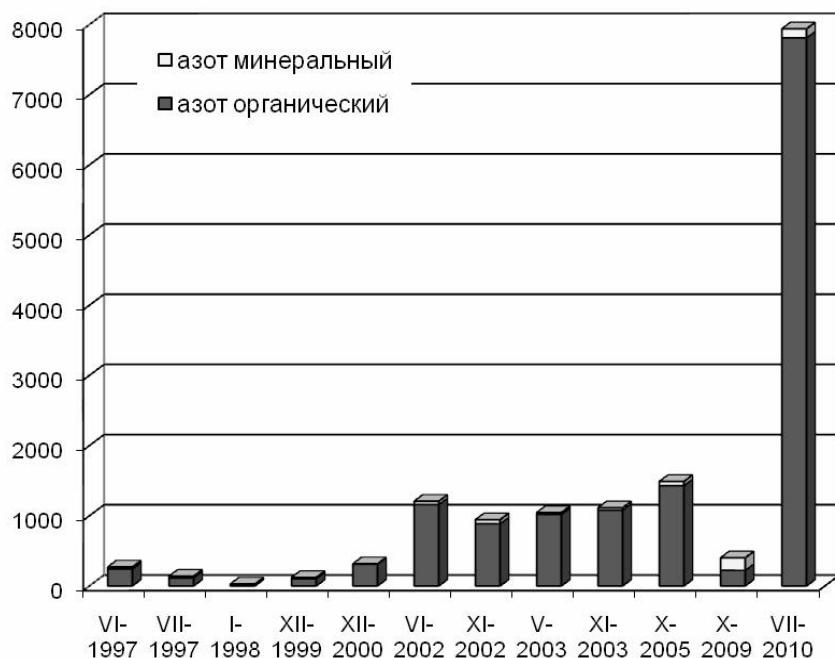


Рисунок 2 – Динамика соединений азота в воде Керченского пролива (мкг/л)

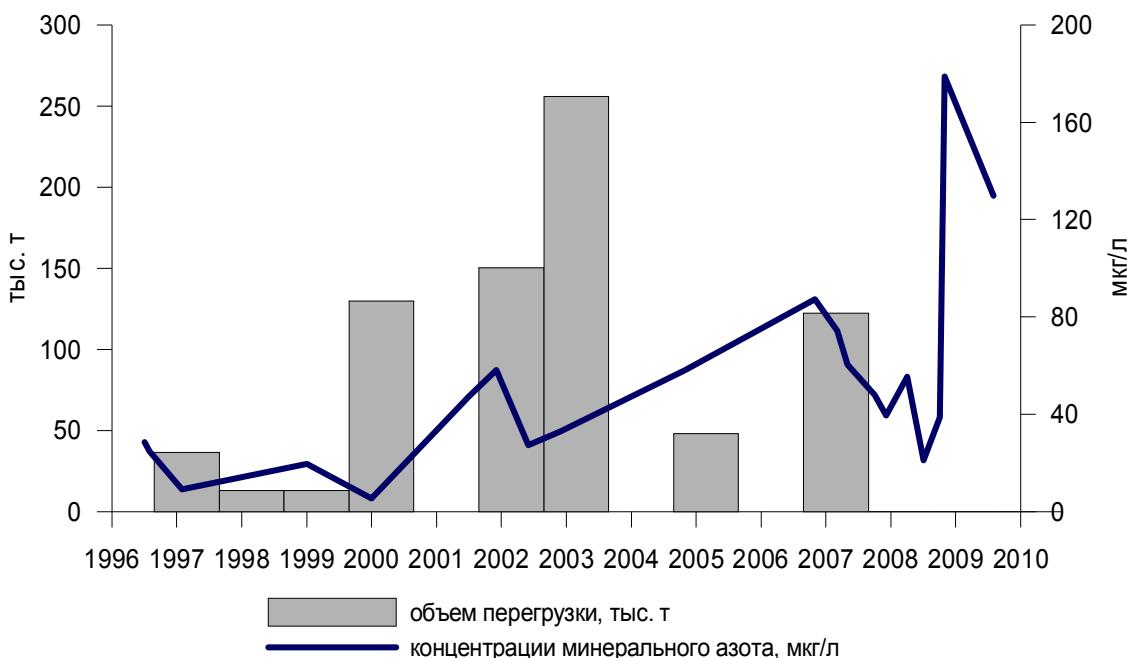
Минеральный азот в воде присутствует в трех формах: аммонийной, нитритной и нитратной.

**Аммонийный азот** может поступать в морскую среду при растворении соединений, содержащих аммоний-ион, во время перегрузочных работ. Небольшая часть его образуется в процессе денитрификации. Он является первой минеральной формой азота, образующейся в воде при разложении органического вещества. Аммонийный азот потребляется фитопланктоном, поэтому содержание этой формы увеличивается осенью и зимой и уменьшается летом и весной.

**Нитритный азот** – промежуточная форма при переходе от аммонийного азота к нитратному, она неустойчива, в связи с чем в морской воде концентрации нитритов невысоки. Зимой концентрации его в верхнем продукционном слое выше, чем летом.

Основной формой существования в воде минерального азота, в которой азот имеет максимальную степень окисления, является *нитратная*.

При попадании минеральных удобрений в морскую среду в процессе перегрузки на рейде Керченского пролива происходит их быстрое растворение и обогащение воды соединениями азота (преимущественно аммонийного) (рис. 3).



**Рисунок 3 – Концентрации минерального азота в воде Керченского пролива (мкг/л) в зависимости от объема перегрузки удобрений**

В результате за счет антропогенного подтока биогенных элементов в морскую среду интенсифицируются процессы фотосинтеза, что может привести к неблагоприятным для экосистемы последствиям – повышению трофности водоема и, как следствие, в условиях пониженного вертикального водообмена – к интенсификации заморных явлений и массовой гибели гидробионтов.

Влияние интенсивной перегрузки в Керченском проливе (период 1998-2005 гг.) минеральных удобрений, содержащих соединения азота, выразилось в увеличении вклада аммонийного азота, концентрации которого с увеличением объемов перегрузок также значительно возросли. В последние два года, когда перегрузка минеральных удобрений прекратилась, восстановилось естественное соотношение минеральных форм азота - преобладающей формой стал азот нитратов (рис. 4).

Учитывая аномально высокий тепловой фон в весенне-летний период 2010 г., когда температура воды в Керченском проливе достигала 31 °С, что способствовало интенсификации всех продукциино-деструкционных процессов, повышенное содержание биогенных элементов является их естественным результатом.

**Органический фосфор**, так же, как и органический азот, входит в состав живого вещества. Однако его доля в воде Керченского пролива по сравнению с азотом значительно меньше.

Как и минеральные формы азота, минеральный фосфор (фосфаты) при нормальном функционировании морских экосистем высвобождается в результате дес-

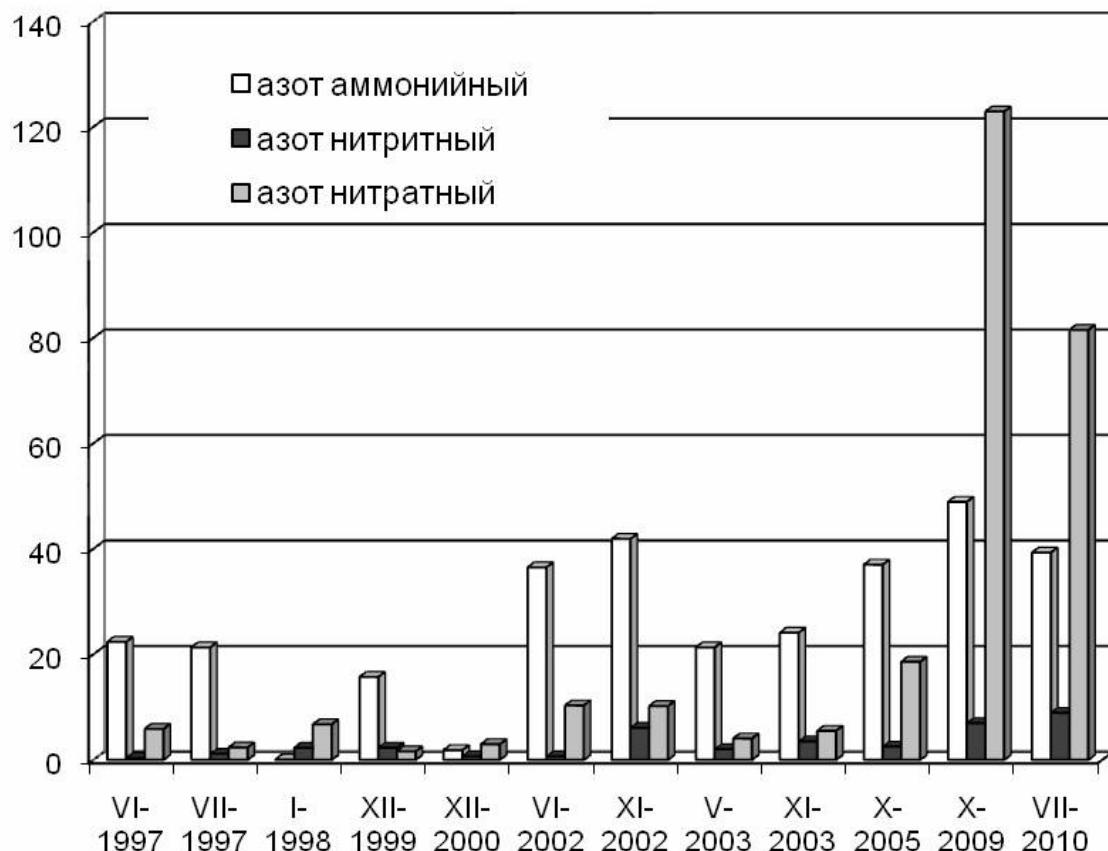


Рисунок 4 – Динамика минерального азота в воде Керченского пролива (мкг/л)

струкции органического вещества, но может быть привнесен извне (например, с фосфорсодержащими минеральными удобрениями), а также из глубинных горизонтов в результате вертикального обмена.

Кроме того в зоне перегрузки минеральных удобрений отмечается рост концентраций органического фосфора: с 6,01 мкг/л (январь 1998 г.) до 73,6 мкг/л (октябрь 2009 г.), т. е. в 12 раз, хотя в количественном выражении концентрации органического фосфора на порядок ниже концентраций органического азота (рис. 5).

Несмотря на интенсивное изъятие фосфатов фитопланктоном в летний период, содержание минерального фосфора в отдельные годы больше, чем органического. Такое сочетание высоких значений органики и минеральных форм фосфора в летний период одновременно свидетельствует о привнесении биогенов извне. По всей видимости, потребление питательных солей фитопланктоном восполняется в районе перегрузки минеральных удобрений не только за счет разложения органики, но и за счет попадания в воду перегружаемых удобрений, содержащих азот и фосфор.

Уровень антропогенной составляющей эвтрофикации определяется на основе соотношения органической и минеральной форм биогенных веществ. Несмотря на то, что полученные нами концентрации биогенных веществ не превышали величин ПДК, рассчитанные отношения  $N_{\text{орг}}/N_{\text{минер}}$  и  $R_{\text{орг}}/R_{\text{минер}}$  свидетельствуют о значительном антропогенном влиянии на экосистему пролива (рис. 6).

В многолетнем плане прослеживается тенденция увеличения уровня антропогенной составляющей эвтрофикации вод Керченского пролива.

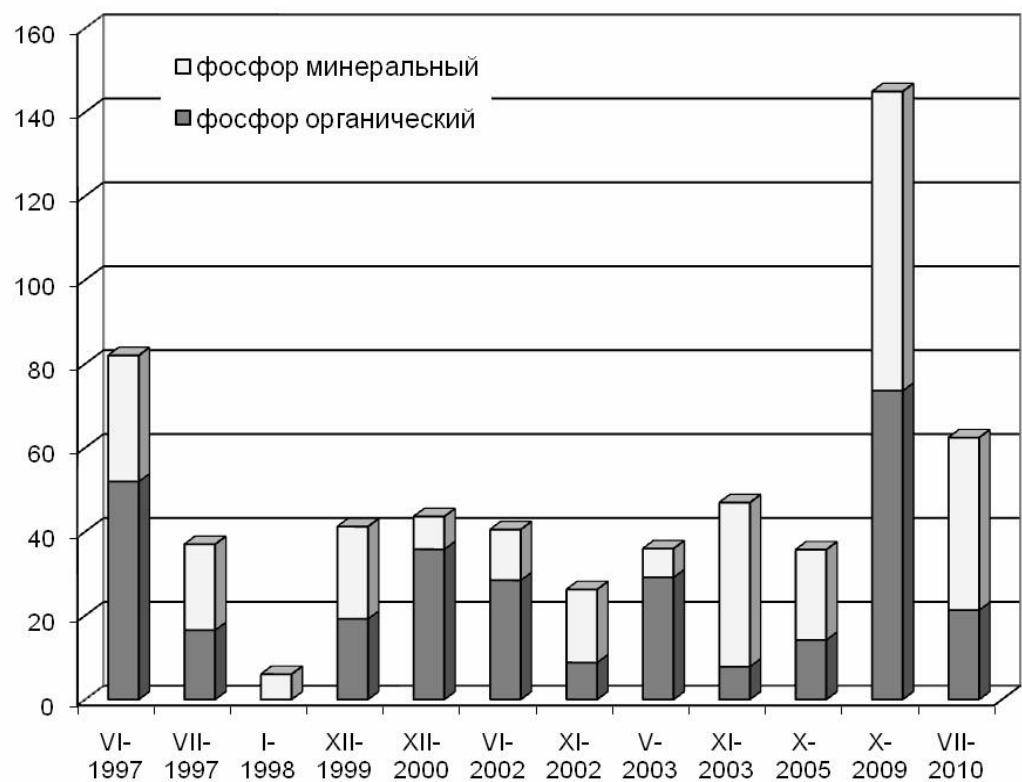


Рисунок 5 – Динамика соединений фосфора в воде Керченского пролива (мкг/л)

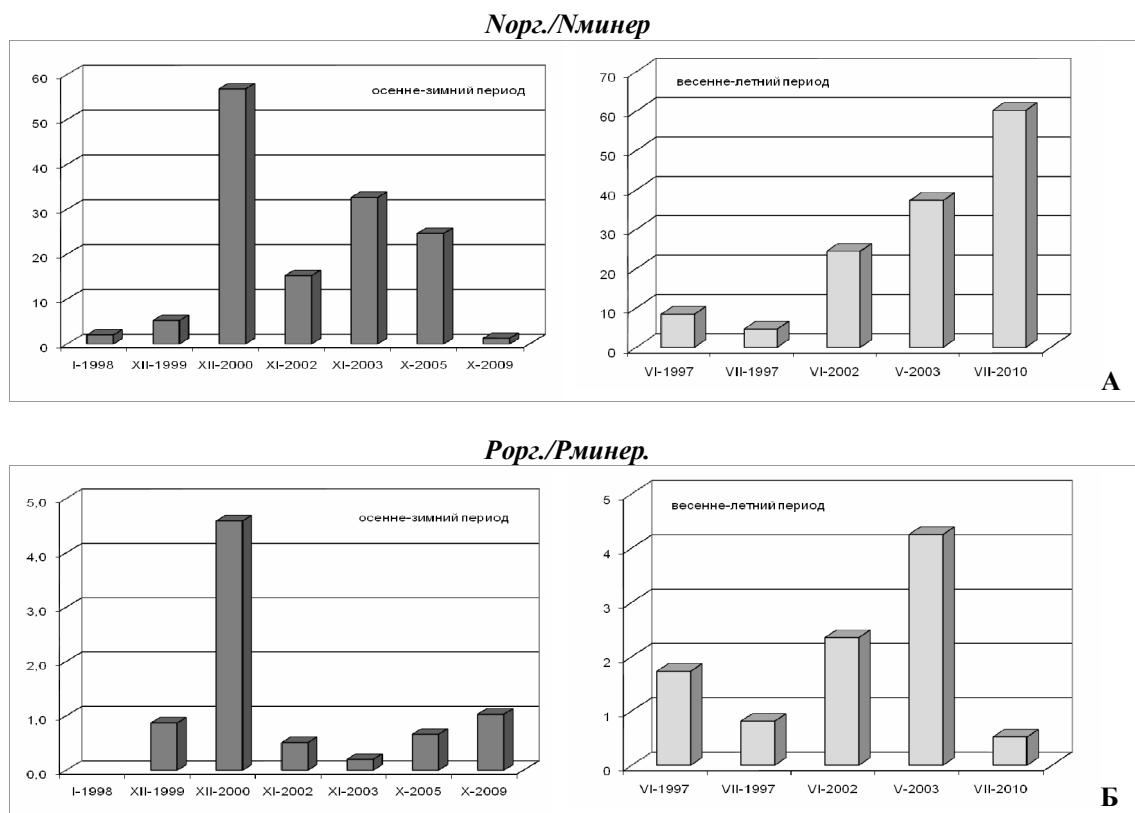


Рисунок 6 – Уровень антропогенной составляющей эвтрофикации вод Керченского пролива: А – соотношение Nорг./Nминер.; Б – соотношение Pорг./Pминер.

Среднее за рассматриваемый период соотношение форм азота органического и минерального составило в поверхностном горизонте 27,0, в придонном – 28,4, что сопоставимо с данными УкрНЦЭМ, рассчитанными для Керченского пролива [1].

Для фосфора характерно иное соотношение органической и минеральной форм: в весенне-летний период в воде поверхностного горизонта оно составляет 2,21, придонного – 0,80. Подток их из нижележащих слоев вод невелик, о чем свидетельствуют величины концентраций минеральных форм азота и фосфора в придонном слое вод.

При этом необходимо отметить, что в районе перегрузки минеральных удобрений весьма интенсивно для зимнего периода идут процессы фотосинтеза, что подтверждается не только высокими концентрациями органического азота и фосфора, которые значительно превышают литературные данные, но и данными о состоянии фитоценоза исследуемого района в зимний период. Например, в декабре 1999 г. в планктоне вегитировало 40 видов водорослей, а в декабре 2000 г. – 48 видов. Уровень развития альгоценоза был высоким. Средняя численность равнялась 101,0 млн. кл./м<sup>3</sup>, а средняя биомасса – 327,7 мг/м<sup>3</sup>. Биомассу фитопланктона формировали преимущественно диатомовые водоросли (96 % суммарной биомассы). Из мелких диатомовых наиболее интенсивно развивалась *Skeletonema costatum* (65 %), из крупных – *Cerataulina Bergonii* (20 %), типичный представитель второй стадии сукцессии. В ноябре 2005 г., средняя численность фитопланктона составила 69,2 млн. кл./м<sup>3</sup>, а средняя биомасса – 351,1 мг/м<sup>3</sup>. Непосредственно в зоне перегрузки эти показатели были выше и составили, соответственно, 120,0 млн. кл./м<sup>3</sup>, а биомасса – 561,8 мг/м<sup>3</sup>. Основу фитоценоза определяли также диатомовые водоросли (92-94 % суммарной численности и биомассы).

## Выводы

Отмечаемый нами с 1999 г. рост концентраций биогенных веществ свидетельствует об увеличении эвтрофированности вод Керченского пролива.

Если для периода 1997-2003 гг. можно было говорить о влиянии перегрузки минеральных удобрений на функционирование морской экосистемы в Керченском проливе, выражавшемся в искусственной интенсификации производственных процессов в поверхностном слое вод, то в последние годы, когда этот фактор отсутствует, причиной увеличения содержания биогенных веществ в экосистеме Керченского пролива являются природные факторы, в частности повышенный тепловой фон в 2009 и 2010 гг.

Сравнение концентраций общего азота и фосфора с концентрациями их минеральных форм показало преобладание органической компоненты практически за весь исследуемый период, что свидетельствует о преобладании производственных процессов над деструкционными, а, следовательно, о значительном уровне эвтрофикации вод пролива.

## Литература

1. Борулько В. I., Деньга Ю. М. Екологічний стан Чорного та Азовського морів у 2009 р. // Проблемы экологической безопасности и развития морехозяйственного и нефтегазового комплексов : материалы VII Международной научно-практической конференции. УО МАНЭБ. – Херсон-Одесса: Пассаж, 2010. – С. 38-46.

2. Петренко О. А., Аведеева Т. М., Жугайло С. С. Природоохранная деятельность в Азово-Черноморском бассейне лаборатории охраны морских экосистем ЮгНИРО // Рыбное хозяйство. – 2007. – № 3/4 (50, 51). – С. 21-22.
3. РД 52.10.243-92. Руководство по химическому анализу морских вод. – Л.: Гидрометеоиздат, 1993. – 264 с.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ АЗОВСКОГО МОРЯ**

**О. А. Петренко, С. С. Жугайло, Т. М. Авдеева, Л. К. Себах,  
С. М. Шепелева, А. П. Иванюта**

ЮгНИРО

### **Введение**

Бассейн Азовского моря сегодня – это высокоразвитый промышленно-аграрный регион. Формирование народно-хозяйственного комплекса в бассейне связано с зарегулированием русел рек, частичным или полным использованием их стока, интенсивным промышленным и гражданским строительством, созданием на водосборной площади бассейна оросительных систем, больших и малых водохранилищ, развитием судоходства и в последние годы – разработкой подводных полезных ископаемых.

Как показали исследования, до 1968 г. Азовское море было относительно чистым водоемом [2]. Особенность формирования экосистемы Азовского моря как среды жизни в 80-е гг. в значительной мере определялась ростом антропогенного химического загрязнения водной толщи и донных отложений и вследствие этого – ухудшением условий жизнедеятельности гидробионтов. К концу 80-х гг., в результате интенсивной хозяйственной деятельности на водосборной площади бассейна, в азовоморских водах стало аномально высоким содержание пестицидов, нефтепродуктов и тяжелых металлов [9]. В начале 90-х гг. из-за резкого спада производства сократился объем сброса загрязняющих веществ, и уже к 1993 г. тенденция снижения антропогенного загрязнения стала очевидной [7]. Однако это обстоятельство не должно вселять чрезмерного оптимизма по причине интенсификации судоходства и погрузочно-разгрузочных работ, осуществляемых в многочисленных портах Азовского моря, а также разработки и эксплуатации газоносных структур.

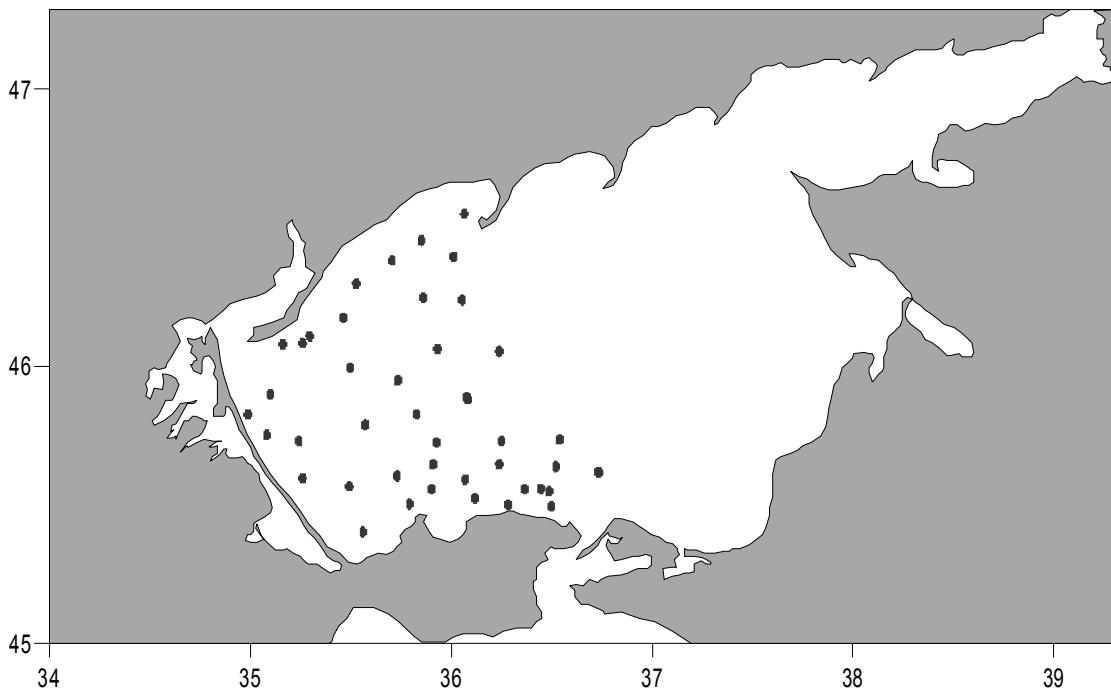
Процесс разработки морских месторождений углеводородов включает в себя геолого-геофизические изыскания, разведочное бурение, обустройство месторождения, промышленную эксплуатацию, транспортировку углеводородов и ликвидацию промысла. На каждом из этих этапов морская экосистема испытывает определенные виды воздействия, сопровождающиеся физическими (отчуждение акваторий для трасс трубопроводов, повышение содержания взвеси, упругие колебания при сейсморазведке), химическими (загрязнение воды и донных отложений компонентами буровых растворов, буровым шламом и др.) и биологическими нарушениями [1]. На заключительном этапе строительства скважин в результате их апробации в окружающую среду могут попасть компоненты разрабатываемого месторождения - газ и газовый конденсат.

В этой связи проанализировано химико-токсикологическое состояние западной части Азовского моря в условиях разработки и эксплуатации газоносных структур.

### **Методика исследований**

По результатам мониторинга условий среды в период 2001-2009 гг. сотрудниками лаборатории охраны морских экосистем ЮгНИРО в западной части Азовско-

го моря показаны особенности загрязнения водной среды и донных отложений тяжелыми металлами, нефтепродуктами и хлороганическими соединениями по схеме станций, представленной на рис. 1.



**Рисунок 1 – Карта-схема мониторинговых исследований в западной части Азовского моря в период 2001-2009 гг.**

Определение содержания тяжелых металлов (ртуть, медь, свинец, кадмий, хром и мышьяк) проводилось методом атомно-адсорбционной спектрометрии, компонентов нефти – методом ИК-спектрометрии и флуоресценции, хлороганических соединений (ДДТ и его метаболиты, ГХЦГ и полихлорбифенилы) – методом газожидкостной хроматографии.

Оценка уровня загрязнения вод тяжелыми металлами проводилась на основе расчетных индексов качества вод (ИКВ) [3], всех рассматриваемых токсикантов – в сравнении с величинами предельно-допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов (ПДК) [6] и геохимического фона (ГХФ) для донных осадков [5].

### **Результаты исследований**

Анализ временной динамики концентраций тяжелых металлов в водной среде западной части Азовского моря в период 2001-2009 гг. показал, что содержания мышьяка, свинца и кадмия не превышали ПДК для рыбохозяйственных водоемов.

Содержание ртути и меди в начальный период исследований зачастую превышало ПДК. Так, в течение 2001-2002 гг. средняя концентрация ртути в воде увеличилась от 1 до 1,4 ПДК. В 2002 г. превышение нормы для ртути наблюдалось практически на всей исследуемой акватории, где в это время был зафиксирован абсолютный максимум – 2,1 ПДК. В последующий период превышений ПДК не отмечено.

Максимальная концентрация меди в воде, составляющая в среднем 4,3 ПДК, определена в 2001 г. Диапазон содержания металла в этом году в воде исследуемой

акватории составил 5,82-39,5 мкг/л при ПДК, равном 5 мкг/л. Далее количество меди в воде резко снизилось, и только на отдельных участках акватории фиксировалось превышение нормативной величины в 2 раза.

Как и для большинства определяемых тяжелых металлов, наибольшая концентрация (в среднем 3,89 мкг/л) хрома в водных массах наблюдалась в 2001 г. (табл. 1).

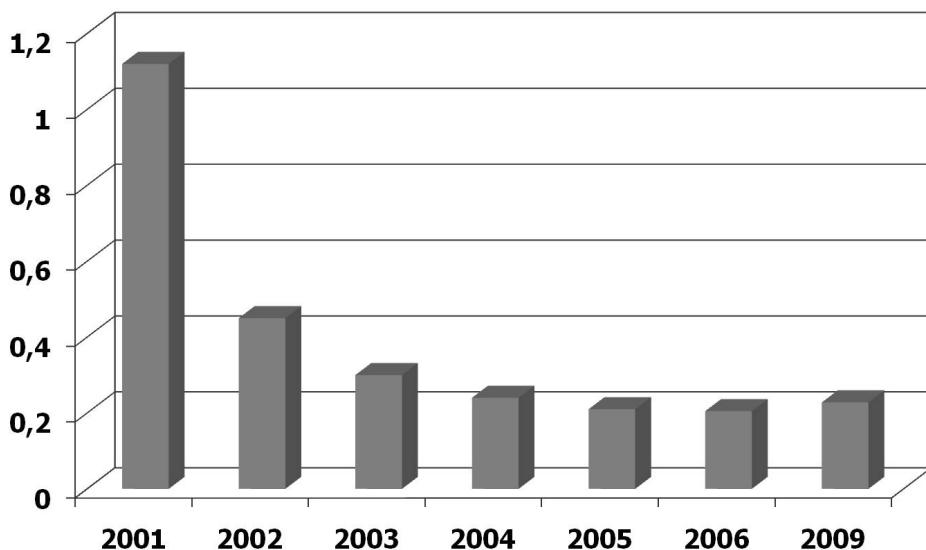
**Таблица 1 – Средние концентрации тяжелых металлов в водной среде западной части Азовского моря**

Го- ды	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Cr	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Cr
	Вода, мкг/л						Донные отложения, мкг/г с.в.					
2001	0,10	1,69	21,5	1,35	0,1	3,89	0,08	62	18,7	7,51	0,45	29,8
2002	0,14	1,69	2,89	0,62	0,27	1,61	0,11	27,2	18,4	8,21	0,15	32,8
2003	0,07	0,12	3,58	0,47	0,15	0,54	0,04	10,9	18,2	11,3	0,14	21,7
2004	0,06	0,74	2,27	0,66	0,05	1,02	0,04	27,4	19,0	10,0	0,07	43,4
2005	0,05	0,40	2,48	0,34	0,07	0,93	0,05	8,69	12,6	5,68	0,05	41,7
2006	0,03	-	2,44	0,29	0,05	1,29	0,05	-	14,5	8,43	0,06	26,2
2009	0,09	-	2,86	0,80	0,02	-	0,14	-	14,5	4,92	0,06	27,1

В целом после существенного роста содержания тяжелых металлов в период начального освоения месторождений последние годы характеризуются снижением уровня загрязнения водных масс, что наглядно отражают величины ИКВ (рис. 2). Согласно классификации по величине ИКВ [3] в 2001 г. водные массы отнесены к 3 классу – умеренно загрязненные, 2002-2003 гг. – 2 классу – чистая вода, в последующие годы – 1 классу – очень чистая вода.

В течение всего периода исследований концентрации ртути, меди, свинца и хрома в донных отложениях не превышали геохимический фон (ГХФ).

Мышьяк и кадмий выявлены в максимальных количествах в 2001 г. В это время диапазон их содержания превысил нормативную величину в 2-10 раз и в 2-6 раз, соответственно. В последующие годы концентрации кадмия были существенно ниже, и превышений нормативной величины не наблюдалось. Что касается мыш-



**Рисунок 2 – Динамика индекса качества вод западной части Азовского моря**

яка, то до 2005 г. его содержание практически повсеместно превышало нормативную величину. После 2005 г. мышьяк не определялся.

Анализ фракционного состава нефтепродуктов показал, что в водной среде они представлены в основном углеводородной фракцией (НУ). Содержание смолистых компонентов в течение всего периода исследований было достаточно низким и приблизительно постоянным – 0,02-0,03 мг/л. Анализ временной динамики их концентраций представлен на рис. 3.

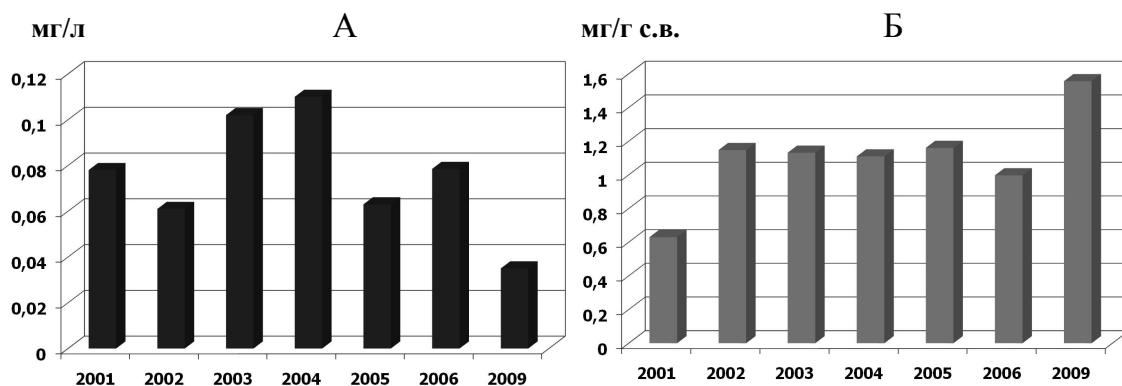


Рисунок 3 – Динамика концентраций нефтепродуктов в водной толще (А) и донных отложениях (Б) западной части Азовского моря

Превышение ПДК фиксировалось в период 2001-2006 гг. Максимальное содержание НУ, равное 2-2,2 ПДК, определено в 2003-2004 гг., минимальное 0,7 ПДК в 2009 г.

В донных отложениях наименьшая концентрация НП, составляющая в среднем 0,63 мг/г с.в., зафиксирована в начальный период освоения газовых месторождений – в 2001 г. В 2002 г. она увеличилась в среднем в 1,8 раза и до 2006 г. варьировалась в небольшом диапазоне – 1,11-1,15 мг/г с.в., что обусловлено, по всей видимости, незначительным влиянием разработки и эксплуатации газоносных структур. В 2009 г. содержание НП увеличилось в среднем в 1,4 раза за счет тяжелой фракции, при этом количество мало трансформированной фракции (НУ) осталось на уровне предшествующих лет.

Следует отметить, что, начиная с 2002 г., согласно классификации, основанной на состоянии донных организмов [4], донные отложения западной части Азовского моря по уровню загрязнения нефтепродуктами отнесены к III уровню, при котором начинается деградация донных биоценозов.

В 2001 и 2003 гг. основной вклад в загрязнение водной среды ХОС вносили ПХБ. В 2004 и 2005 гг. содержание соединений группы ДДТ увеличилось по сравнению с предшествующим периодом в среднем в 40 раз, что может быть вызвано размывом могильников пестицидов в Украине [8]. Так, если в 2003 г. концентрация соединений группы ДДТ составляла в среднем 5 нг/л, то 2004-2005 г. – 210 нг/л. Начиная с 2006 г., значение этих соединений в загрязнение воды снизилось.

На протяжении всего периода исследований основной вклад в загрязнение донных отложений вносили ПХБ, содержание которых изменялось в большом диапазоне – 1,8-53 нг/г. Что касается ДДТ, то их минимальное содержание 0,5 нг/г определено в 2001 и 2009 г., а максимальное 20 нг/г – в 2005 г., что, по-видимому,

явилось следствием высокого уровня загрязнения водных масс в 2004-2005 гг. (рис. 4).

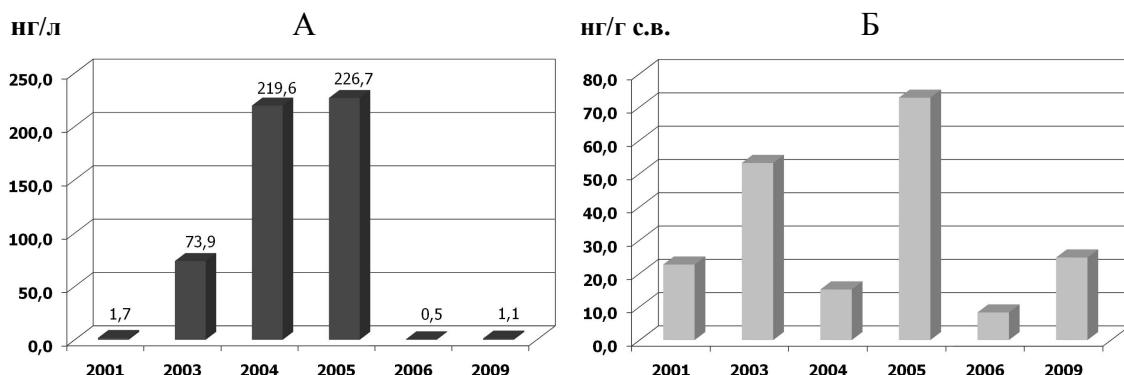


Рисунок 4 – Динамика концентраций хлорорганических соединений в водной толще (А) и донных отложениях (Б) западной части Азовского моря

### Заключение

Таким образом, начальный период освоения газовых месторождений в западной части Азовского моря характеризуется снижением уровня загрязнения водных масс тяжелыми металлами. Начиная с 2002 г., согласно классификации, основанной на состоянии донных организмов, донные отложения юго-западной части Азовского моря по уровню загрязнения нефтепродуктами отнесены к III уровню, при котором начинается деградация донных биоценозов. Основной вклад в загрязнение морской среды ХОС вносят ПХБ, исключение составил 2004-2005 г., когда в водной среде резко возросла роль соединений группы ДДТ, что могло быть результатом размывание могильников пестицидов.

### Литература

1. Жугайло С. С., Петренко О. А., Себах Л. К., Литвиненко Н. М. Природоохраные исследования ЮГНИРО на северо-западном шельфе Черного моря // Рыбное хозяйство. – 2008. – № 1 (54). – С. 18-21.
2. Макарова Г. Д., Спичак М. К. Основные черты современного гидрологического и гидрохимического режима Азовского моря // Исследования по теоретической и прикладной химии. – М., 1972. – С. 57-64.
3. Мандыч А. Ф., Шапоренко С. И. Прибрежные воды – индикатор хозяйственной деятельности на побережье Черного моря // Природа. – 1992. – № 6. – С. 17-24.
4. Миронов О. Г., Миловидова Н. Ю., Кирюхина Л. Н. О предельно допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках прибрежной зоны Черного моря // Гидробиологический журнал. – 1986. – Т. 22, № 6. – С. 76-78.
5. Митропольский А. Ю., Безбородов А. А., Овсяный Е. И. Геохимия Черного моря. – К.: Наукова думка, 1982. – 142 с.
6. Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: Минрыбхоз, 1992.

7. Петренко О. А., Авдеева Т. М., Литвиненко Н. М., Заремба Н. Б., Жугайло С. С. Трансформация современного состояния экосистемы западной части Азовского моря за период 1996-2004 гг. // Системы контроля окружающей среды : сб. науч. тр. НАН Украины. – Севастополь: МГИ, 2005. – С. 313-319.
8. Петренко О. А., Шепелева С. М., Жугайло С. С. К вопросу об уровне загрязнения ДДТ экосистем Черного и Азовского морей в современных условиях // Рыбное хозяйство. – 2006. – № 2(43). – С. 28-30.
9. Volovik S. P., Dubinina V. G., Semenov A. D. Hydrobiology and dynamics fishing in the Sea of Azov // Studies and Reviews. – GECM, FAO UN, 1993. – No 64. – P 1-60.

## ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ЭКОСИСТЕМЫ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА

**Г. Ю. Коломейченко<sup>1</sup>, О. А. Семенова<sup>1</sup>, Ю. И. Касилов<sup>2</sup>, В. Д. Каштаков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова (ОНУ)

<sup>2</sup>Одесская национальная морская академия (ОНМА)

Проведение различного рода работ непосредственно на открытых акваториях и в прибрежной части моря оказывается на гидробионтах в виде прямого воздействия или опосредованно через ухудшение качества среды обитания. Сюда относится деятельность, связанная с гидростроительством, дноуглублением, строительством портовых сооружений, забор и дампинг грунтов, буровые работы и т. д. [1].

В наиболее явной форме негативное воздействие на водные экосистемы проявляется в результате зарегулирования стока рек и увеличения безвозвратных потерь воды на орошение. Это приводит к изменению гидрологического и гидрохимического режимов не только рек, но и морей (например Азовского и Аральского) либо их отдельных частей (например северо-западные и северо-восточные шельфовые районы Черного моря).

По данным кафедры гидробиологии Одесского Национального Университета [1] еще в середине XIX века малые реки юга Украины были значительно полноводнее, а Когильник и Сарата использовались даже для перевозки грузов. Однако в результате увеличения потерь на орошение, интенсивного распахивания склонов долин, выпаса скота произошло заселение их русел и постепенное обмеление. Серьезные изменения, часто влекущие за собой огромные экономические убытки, отмечены и на крупных реках Причерноморья. Имеют место сокращения ареалов ряда видов, уменьшение нерестовых и нагульных площадей многих ценных промысловых рыб. За последние 30 лет в результате зарегулирования стока Днепра и изменения его гидрологического режима резко сократились площади формации водяного ореха *Trapa natans* и особенно ценозы нимфейника щитолистного *Nymphaoideta perlatae*. Для дельты Дуная, который имеет практически ненарушенный естественный гидрологический режим, сужение спектра биотопов с оптимальными условиями обитания данных видов не наблюдается.

Исследования института гидробиологии УНАН [3-4] показали, что в Днепро-Бугском лимане количество пресноводных рыб сократилось на 4 вида, проходных на 3, а морских возросло на 4 вида. Целая группа потеряла промысловое значение (с 34 до 22 видов) в результате значительного ухудшения условий естественного воспроизводства и сокращения нерестовых площадей, особенно реофильных, реолитофильных и лимнофильных видов. Как в самом лимане, так и в пойменных озерах и дельте нагульные площади сократились почти вдвое.

Изменение условий обитания, в частности условий размножения, часто определяющихся величиной водного стока и продолжительностью паводков, приводит к развитию у многих видов рыб различных адаптивных реакций, проявляющихся в изменении характера развития воспроизводительной системы, возраста наступления половой зрелости, плодовитости, типа икрометания, освоения новых нерестовых угодий. Воздействие на биоценозы буровых установок, как правило, не проявляется в явной форме, за исключением аварийных ситуаций. Объясняется это, прежде

всего, ограниченностью их размеров и минимальной площадью контакта в первую очередь с донными сообществами, что при достаточно строгом контроле за функционированием платформ позволяет минимизировать их влияние, уровень которого в таких случаях часто затушевывается наличием определенного тренда в водоеме. К примеру, исследования, выполненные сотрудниками кафедры морской геологии ОНУ в южной части Азовского моря в зоне многолетней эксплуатации буро-вой платформы, показали, что основной фактор, влияющий на численность и биомассу бентоса, – это заморные явления, связанные с общеазовской тенденцией осолонения и эвтрофирования вод, на фоне которого выявить влияние платформы не предоставляется возможным [2, 4].

Работы, проведенные в отраслевой научно-исследовательской лаборатории ОНУ [2], показали, что добыча различных полезных ископаемых, драгирование и дноуглубление также сказываются на состоянии гидробионтов. Негативное воздействие этих работ может носить постоянный и временный характер. Постоянное воздействие выражается в изменении морфологии и орографии рельефа донной поверхности, вещественного и гранулометрического состава грунтов, что в свою очередь нарушает характер гидродинамических и литодинамических процессов. Под влиянием работ такого рода ухудшается качество среды обитания гидробионтов, условия их воспроизводства, уничтожается кормовая база, и нередко вся местная фауна погибает.

Кроме перечисленных выше способов воздействия на гидробионтов, связанных с проведением различного рода работ на акваториях, последствия которых достаточно явны и предсказуемы, существует еще один источник, а именно генерация работающими узлами и механизмами звуковых волн, электромагнитных полей и т. д. Первые исследования в этом направлении подтверждают возможность негативного воздействия индустриального шума на морских обитателей.

Приведенные выше сведения свидетельствуют, что хозяйственная деятельность отразилась на изменении биологической части экосистем, выразилась в обеднении видового состава, упрощения структуры сообществ. Обзор состояния фауны и флоры Азово-Черноморского бассейна и прилегающих районов свидетельствует о необходимости ее охраны.

### **Литература**

1. Базелян В. Л. Влияние хозяйственной деятельности на водные экосистемы // Екологічні проблеми водних екосистем та забезпечення безпеки житедіяльності на водному транспорті. – Одеса, 2001. – С. 101-104.
2. Зайцев Ю. П. Экологическое состояние шельфовой зоны Черного моря у побережья Украины // Гидрология. – 1992. – Т. 28, № 4. – С. 3-18.
3. Касилов Ю. И., Коломейченко Г. Ю. Естественные факторы изменения обилия видов // Екологічні проблеми Чорного моря. – Одеса, 2001. – С. 29-31.
4. Коломейченко Г. Ю. Общая характеристика влияния дампинга на гидробионты // Екологічні проблеми Чорного моря. – Одеса, 2001. – С. 23-28.

УДК 594.121.001.57(262.5)

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РОСТА ПЛОСКОЙ УСТРИЦЫ (*OSTREA EDULIS* L.) ЧЕРНОГО МОРЯ**

**А. П. Золотницкий<sup>1</sup>, В. Н. Полупанов<sup>1</sup>, Н. А. Сытник<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Керченский государственный морской технологический университет (КГМТУ)

<sup>2</sup>ЮгНИРО

Известно, что рост – одно из фундаментальных и неотъемлемых свойств живой материи [1, 4, 7]. В связи с этим изучение закономерностей роста живых организмов, в том числе морских гидробионтов, представляет несомненный теоретический интерес [4, 9, 22]. В то же время он является основой при анализе динамики численности естественных популяций гидробионтов, играет важную роль в исследованиях продукционных процессов при культивировании морских организмов [9, 14, 15, 18, 20, 22].

Плоская (европейская, съедобная или грядовая) устрица *Ostrea edulis* L. представляет собой один из наиболее ценных видов двустворчатых моллюсков, обитающих в Черном море [8, 10, 12]. В связи с тем, что запасы устриц во второй половине прошлого столетия резко сократились [8, 10, 13], важнейшей задачей является разработка методов культивирования данного вида. Это обуславливает необходимость проведения более детальных исследований различных сторон биологии, экологии и физиологии плоской устрицы, в том числе и закономерности ее роста.

В иностранной литературе существует весьма значительное число работ, посвященных росту плоской устрицы в различных биотопах, характеризующихся различными экологическими условиями [14, 16, 17, 19, 20]. Количество исследований, посвященных росту плоской устрицы Черного моря, сравнительно невелико [5-8, 11]. Определенным недостатком большинства из них является то, что представленные авторами материалы касались преимущественно общих тенденций изменений длины и массы моллюсков без содержательного анализа различных показателей роста, т. е. без выявления характерных изменений абсолютной и удельной скоростей роста в зависимости от размерных характеристик, факторов среды и др.

В задачу настоящей работы входило разработать математическую модель весового роста плоской устрицы в озере (лимане) Донузлав.

### **Материал и методика**

Работы на плоской устрице проводили на э/базе ЮгНИРО в озере (лимане) Донузлав (западный Крым) в 2001-2003 гг. Две партии устриц, в количестве 97 и 84 экз. и размером 7-11 мм, собранные с коллекторов и из обрастаний, были помещены в сетные садки (0,7 x 0,7 м). Для изучения роста устриц с помощью штангенциркуля проводили измерения длины, высоты и толщины (ширины) моллюсков. Определение индивидуальной живой массы особей осуществляли на технических весах, с точностью 0,1 г. Цикл выращивания протекал в течение 2,5 лет, в течение которого было собрано 25 проб.

В настоящей работе нами сделана попытка аппроксимировать временной ход изменений массы моллюсков моделью, построенной на основе дискретного уравнения Ферхюльста-Пирла (далее – Ферхюльста) [2], с учетом зависимости удельной скорости роста от массы тела и температуры воды:

$$\hat{w}_{t+1} = \hat{w}_t \cdot q_t(T) \cdot (W - \hat{w}_t), t = 0, 1, 2, 3, \dots n, \quad (1)$$

где  $t$  – время в мес.,  $n = 25$ ;

$\hat{w}_t$  – расчетное значение массы моллюска (г);

$W$  – расчетное значение предельной массы тела для данного вида устрицы (г);

$q_t(T)$  – средняя за месяц удельная скорость весового роста, зависящая от одного внешнего фактора – температуры воды ( $T$  °C).

В уравнении в неявном виде входит  $w_0$  – начальное значение веса при  $t = 0$ .

В задачу настоящей работы входило идентификация модели (1), то есть подбор значения  $W$  и  $q_t(T)$ , оптимальные в смысле некоторого критерия. Модель должна давать возможность прогнозирования динамики роста массы на некотором интервале наблюдений.

### Результаты и их обсуждение

Исходные данные представлены на рис. 1. В качестве критерия оптимальности параметров модели (1) использовали сумму квадратов отклонений расчетных значений от реальных величин:

$$S^2 = \sum [(w - \hat{w}_t)^2] \rightarrow \min, t = 1, 2, \dots n. \quad (2)$$

Удельную скорость роста массы можно представить в виде некоторой постоянной величины  $q$ , подверженной мультипликативным возмущениям из-за изменений температуры воды:

$$q_t(T) = [1 + \xi_t(T)] \cdot q. \quad (3)$$

Таким образом, задача сводится к подбору параметров  $W$ ,  $q$  и мультипликативных возмущений  $[1 + \xi_t(T)]$ , обусловленных динамикой температуры воды. Алгоритм решения задачи состоит из 4 этапов.

На 1 этапе, используя критерий (2) проводится подбор величин  $W$  и  $q$ , предполагая, что  $\xi_t(T) = 0$ . Получив величины  $W$  и  $q$ , рассчитываем последовательность расчетных значений массы по модели (1), записанной в упрощенной форме [21]:

$$w'_{t+1} = w'_t \cdot q(W - w'_t), t = 0, 1, 2, 3, \dots n. \quad (4)$$

Следует отметить, что уравнение (1) существенно нелинейно по подбираемым параметрам. В значительной степени это обусловлено тем, что удельная скорость роста с воз-

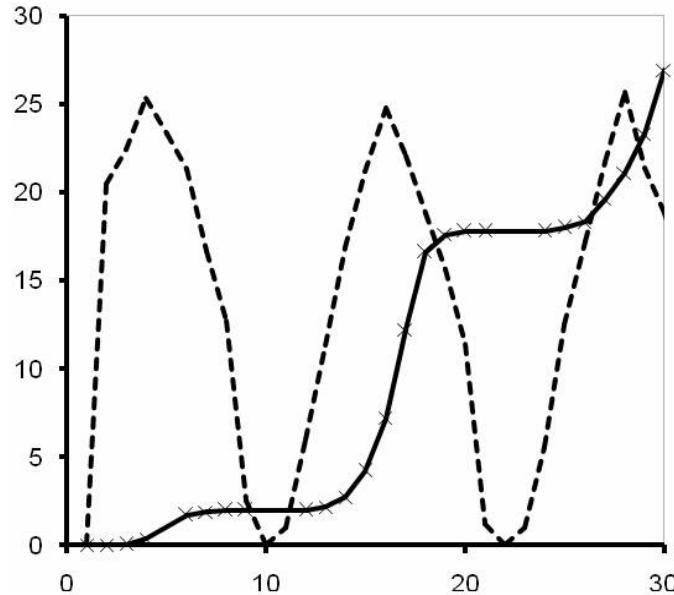


Рисунок 1 – Исходные данные: сплошная линия – масса (г), пунктир – температура воды (°C); по горизонтали – месяцы, по вертикали – масса и температура

растанием массы тела характеризуется устойчивым отрицательным трендом [2, 7, 22].

Для решения нашей задачи нелинейным методом наименьших квадратов (НМНК) традиционные методы многомерной оптимизации, основанные на градиентных процедурах, не пригодны. Однако в последнее время появились алгоритмы многомерной оптимизации, способные находить глобальный минимум для целевых функций с очень сложным рельефом. К таким относятся алгоритмы эволюционных стратегий и генетические алгоритмы, реализованные в расширении NLPsolver (Solver for Nonlinear Programming) [3] для электронных таблиц OpenOffice.org Calc (OOo Calc). На этом и 3-м этапе нами были использованы замечательные свойства NLPsolver.

На 2 этапе рассчитывается последовательность мультипликативных возмущений  $(1 + \xi_t)$  и соответствующие значения удельной скорости роста  $q_t$ :

$$(1 + \xi_t) = [w'_t \cdot q \cdot (W - w'_t) + \Delta w_{t+1}] / [w_t \cdot q \cdot (W - w_t)], t = 1, 2, 3, \dots n; \quad (5)$$

$$q_t = (1 + \xi_t) \cdot q, t = 1, 2, 3, \dots n, \quad (6)$$

где  $\Delta w_{t+1} = w_{t+1} - w'_{t+1}$ .

Используя полученные значения  $q_t$ , вычисляется последовательность значений массы:

$$w_{t+1} = w_t \cdot q_t \cdot (W - w_t), t = 0, 1, 2, 3, \dots n. \quad (7)$$

Полученные значения массы (7) должны в точности совпадать с наблюденными значениями массы, что позволяет использовать для проверки правильности вычислений на этапе 2.

На 3 этапе устанавливается сначала вид зависимости  $\xi_t = \xi_t(T)$  от температуры воды, а затем и зависимость  $q_t = q_t(T)$ , подставляя эту зависимость в выражение (1). На этом этапе проводились эксперименты с двумя видами зависимостей:

1) упрощенная регрессионная зависимость в виде ступенчатой функции:

$$\xi_t(T) = \xi_{1,i} \text{ при } T > 13; \quad \xi_t(T) = \xi_{2,i} \text{ при } T \leq 13, \quad (8)$$

где  $i$  обозначает год;

2) более сложная зависимость в виде комбинации линейных регрессионных зависимостей (для  $T > 11$ ) и ступенчатых функций (для  $T \leq 11$ ). Разные значения температуры биологического нуля (остановки роста) обусловлены разной точностью аппроксимации модели. Коэффициенты регрессионных зависимостей являются неизвестными параметрами, которые необходимо подобрать по имеющимся исходным данным. Поскольку в нелинейной модели (1) все подбираемые параметры взаимозависимы, то есть смысл при использовании функции (8) подбирать одновременно все 8 параметров:  $W, q, \xi_{1,i}, \xi_{2,i}$ .

Подбор такого числа параметров является сложной задачей многомерной оптимизации, однако, как уже упоминалось, такие задачи в настоящее время успешно решаются с помощью современных алгоритмов, реализованных, например, в расширении NLPsolver для OOo Calc [3].

Решив задачу подбора параметров для модели (1), мы решаем задачу расчета роста массы устрицы для различных температурных условий. Подставляя на входе алгоритма исходные данные в виде временного ряда значений массы и температуры, можно получить на выходе расчетные значения массы, как НМНК-оценки, а также прогностические значения массы на некоторый период. Об устойчивости расчетных и прогностических значений можно делать выводы на основании свойств модели Ферхюльста [2].

Конечные результаты первого варианта расчета при использовании зависимости (8) представлены на рис. 2.

На 1 этапе предложенного алгоритма были получены оценки предельной массы устриц и ее постоянной удельной скорости роста:  $W = 108,9$ ;  $q = 0,0122$ . Им соответствуют расчетные значения массы, представленные на рис. 2 (кривая 1). На рис. 3 показана последовательность значений удельной скорости массы  $q$ , полученная в результате реализации 2 этапа алгоритма.

На нем отчетливо видно, что удельная скорость роста увеличивается в летние периоды и уменьшается в остальное время года. Вид зависимостей удельной скорости роста массы от температуры воды в разные годы летних месяцев показан на рис. 4.

На рис. 4 отчетливо видна сильная зависимость удельной скорости роста от температуры воды в 1-й год жизни устрицы. На 2-м году эта зависимость заметно снижается, но остается еще весьма существенной, а на 3-м году жизни она резко ослабевает, но остается еще заметной. Увеличение скорости роста наблюдается весной и осенью при температуре, находящейся в интервале 11-13 °C. При этом, можно выделить два вида зависимостей: для периода возрастания температуры и периода ее снижения.

Таким образом, в 1-м варианте была использована упрощенная ступенчатая функция – при температуре выше 13 °C скорость роста увеличивается, при темпе-

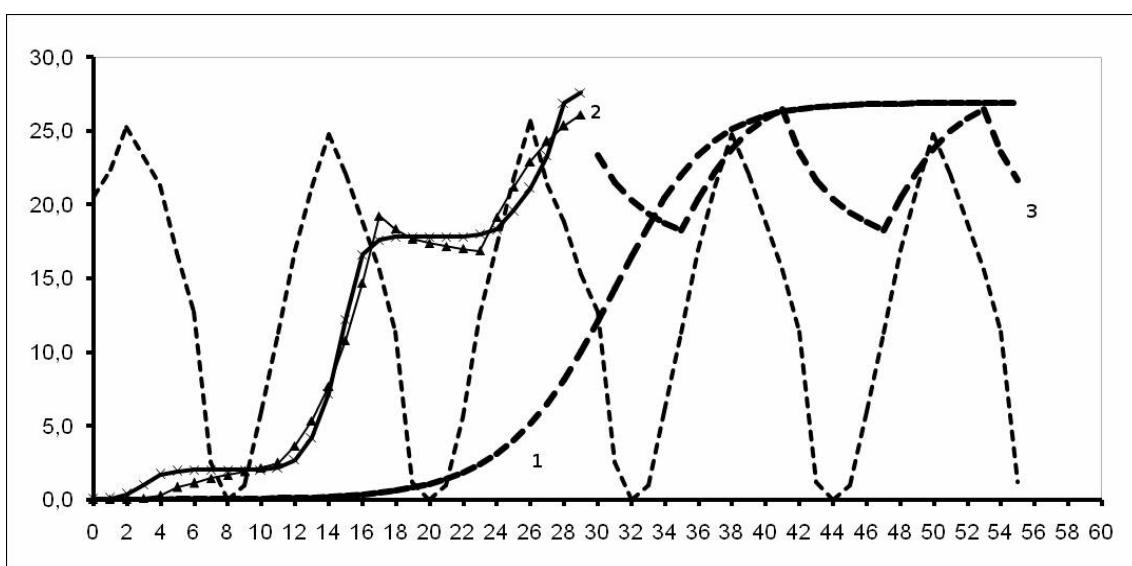


Рисунок 2 – Результаты первого варианта расчета: 1 – последовательность значений массы (4) при постоянной  $q$ ; 2 – последовательность по модели (1) с использованием зависимости (8); 3 – прогностические значения для усредненных значений температуры воды

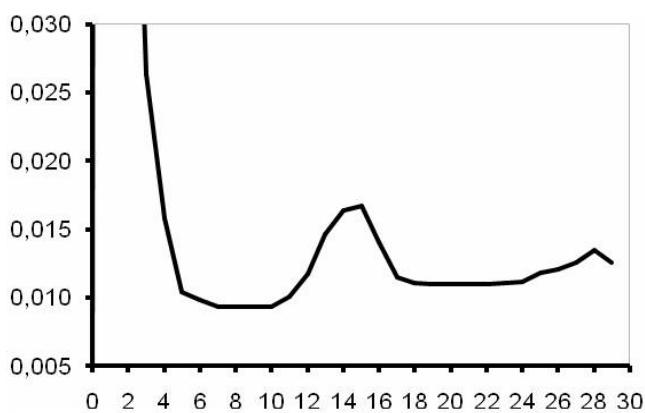


Рисунок 3 – Значения удельной скорости роста массы  $q_t$  (по вертикали –  $q_t$ , по горизонтали – месяцы)

температурой воды и возрастанием массы тела.

Как видно на рис. 2 расчетные значения (кривая (2) достаточно хорошо воспроизводят временной ход массы (индекс аппроксимации равен 1,63). Поэтому устойчивыми являются как расчетные, так и прогностические оценки (на рис. 2, кривая 3).

В полученной модели можно выделить две составляющие: тренд, описываемый моделью при постоянном значении удельной скорости роста массы (рис. 2, кривая 1) и составляющую, проявляющуюся при изменении температуры воды (на рис. 2 эта составляющая присутствует в кривой 2).

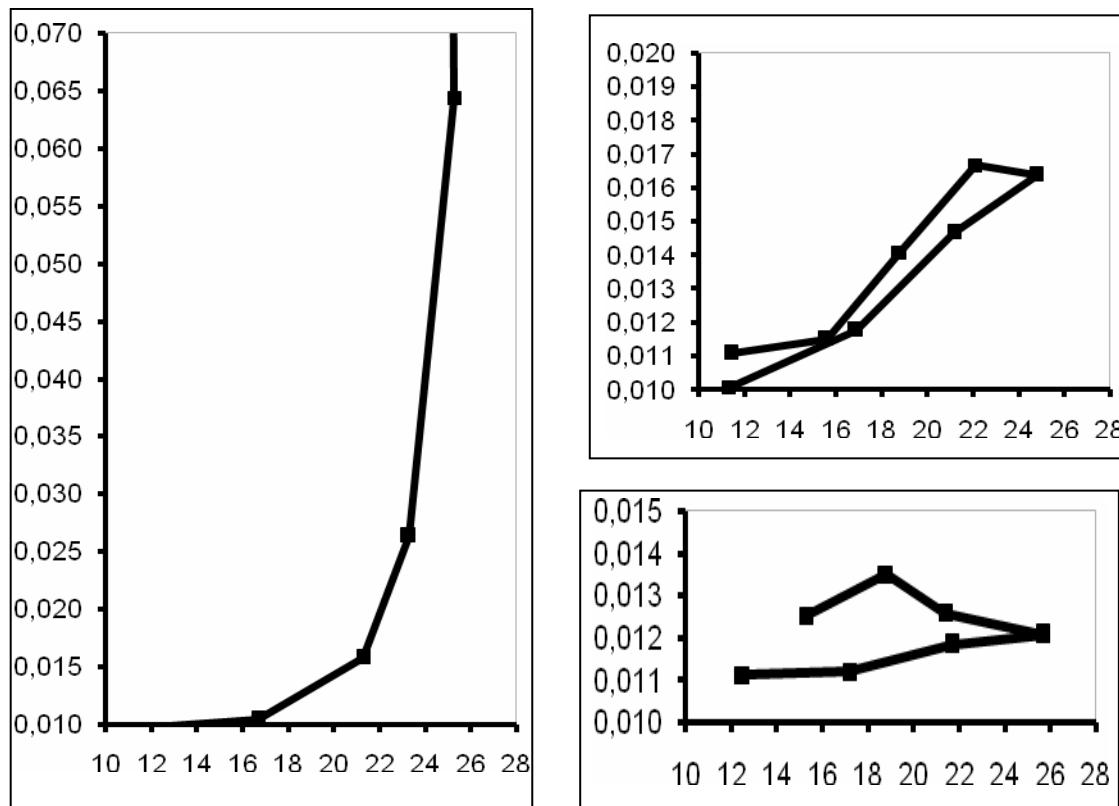


Рисунок 4 – Вид зависимостей удельной скорости роста массы от температуры воды: слева 1-й год; справа вверху – 2-й год; справа внизу – 3-й год

ратуре меньше 13 °C – уменьшается. В то же время указанные выше особенности зависимости удельной скорости роста от температуры воды учтены во 2-м же варианте расчета. На рис. 5 показан вид удельной скорости роста, полученной при аппроксимации ступенчатой зависимостью (8).

Следовательно, колебания, которые наблюдаются в динамике массы моллюска, вызваны изменчивостью удельной скорости роста, обусловленной

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что колебания роста массы выращиваемой когорты устриц в значительной степени определяются изменениями температуры воды. Динамика удельной скорости роста при представлении кусочно-линейной функцией приведена на рис. 6.

Конечные результаты, полученные по аппроксимации удельной скорости, представлены на рис. 7.

Модель по второму варианту аппроксимирует исходные данные с существенно меньшей ошибкой (среднеквадратическая ошибка аппроксимации равна 0,52), что позволяет использовать ее для имитационных экспериментов. При этом изменяется соотношение ее составляющих за счет тренда, объясняемого в модели (1) исключительно внутренними возможностями роста (кривая 1 на рис. 7), и за счет

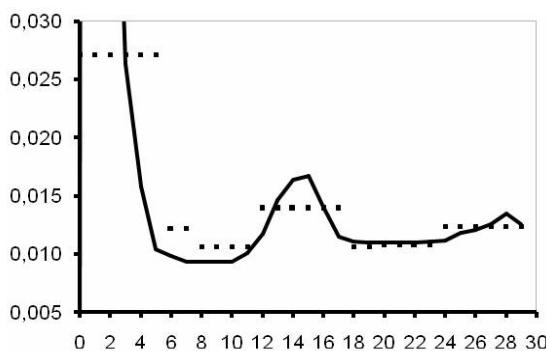


Рисунок 5 – Удельная скорость роста массы: исходная – сплошная линия и подобранная в виде ступенчатой функции (8) – штриховая линия

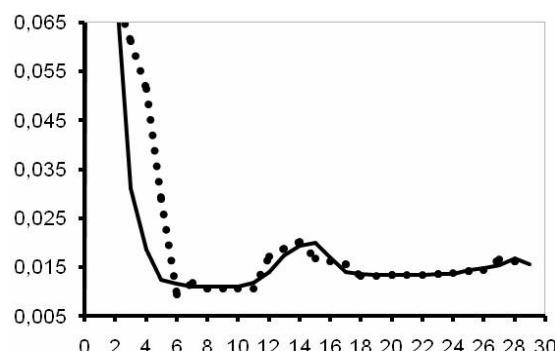


Рисунок 6 – Удельные скорости роста, при аппроксимации кусочно-линейной функцией: исходные значения – сплошная линия; подбираемые значения – штриховая линия

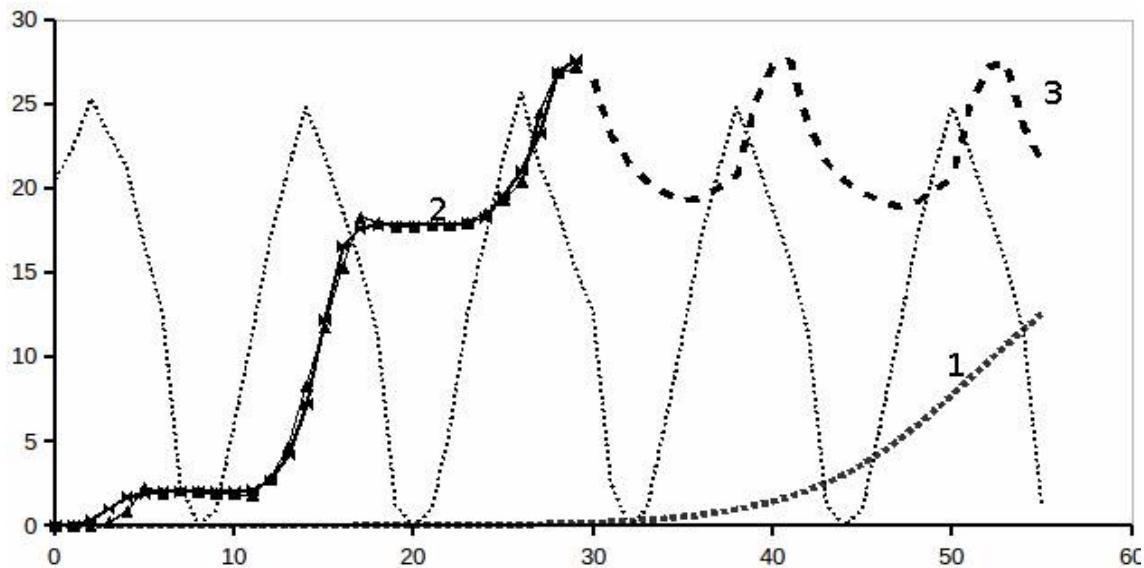


Рисунок 7 – Результаты аппроксимации зависимости удельной скорости роста от температуры воды кусочно-линейной зависимостью: 1 – последовательность значений массы (4) при постоянной  $q$ ; 2 – последовательность по модели (1) с использованием зависимости (8); 3 – прогностические значения для усредненных данных по температуре воды

изменений температуры воды (на рис. 7 эта составляющая содержится в кривой). Для вычисления прогностических значений можно использовать зависимость удельной скорости роста от температуры, полученной для последнего года, а в качестве входных данных использовать усредненные значения температуры воды.

## Выводы

1. Разработана модель, описывающая временную динамику роста массы плоской устрицы. Основу модели составляет дискретное уравнение Ферхюльста с учетом возмущений удельной скорости роста массы в зависимости от изменчивости внешнего фактора – температуры воды.

2. Модель позволяет выделить две составляющие в динамике веса: тренд, объясняемый моделью Ферхюльста с постоянной удельной скоростью роста, и составляющую в виде колебаний, появляющуюся при переходе температуры воды через 11-13 °C.

3. Модель позволяет ставить численные эксперименты по изучению динамики роста массы устрицы в различных температурных условиях, а также по прогнозированию и планированию эксперимента.

4. Представляется возможным дальнейшее развитие модели для создания такой процесса культивирования популяции устриц, путем разделения этого процесса на две составляющие – индивидуальной скорости роста когорты особей и их частичной элиминации (смертности) в процессе выращивания.

## Литература

1. Алимов А. Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. – М.: Наука, 1981. – 248 с.
2. Ахромеева и др. Парадоксы мира нестационарных структур / Под ред. А. А. Сармарского // Компьютеры и нелинейные явления : информатика и современное естествознание. – М.: Наука, 1988. – С. 44-122.
3. Документация по NLP-solver. – Режим доступа : <http://wiki.services.openoffice.org/wiki/NLPSolver>.
4. Заика В. Е. Балансовая теория роста животных. – К.: Наукова думка, 1985. – 191 с.
5. Золотницкий А. П., Монин В. Л. Рост спата черноморской устрицы, полученного в искусственных условиях // Рыбное хоз-во. – 1988. – № 9. – С. 51-53.
6. Иванов А. И. Изучение роста устриц (*Ostrea taurica* Круп.) в Черном море // Океанология. – 1966. – Т. 6, вып. 5. – С. 869-876.
7. Кракатица Т. Ф. Рост черноморских устриц *Ostrea taurica* Круп. в садках опытного устричного хозяйства // Тр. АзЧерНИРО – 1968. – Вып. 27. – С. 112-120.
8. Кракатица Т. Ф. Биология черноморской устрицы в связи с вопросами ее воспроизводства : Биологические основы морской аквакультуры. – К.: Наукова думка, 1976. – Вып. 2. – 79 с.
9. Мина М. В., Клевезаль Г. А. Рост животных. Анализ на уровне организма – М.: Наука, 1976. – 291 с.
10. Сытник Н. А., Красноштан С. В. Особенности линейного и весового роста устрицы (*Ostrea edulis* L.) в озере Донузлав // Рыбное х-во Украины. – 2008. – № 6 (56). – С. 20-24.

11. Монин В. Л. Биологические основы разведения черноморской устрицы *Ostrea edulis* L. : автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 1990. – 24 с.
12. Холодов В. И. Пиркова А. В., Ладыгина Л. В. Выращивание мидий и устриц в Черном море : Практическое руководство : ИнБЮМ НАНУ / Под ред. В. Н. Еремеева. – Севастополь, 2010. – 422 с.
13. Acarli S., Lök A. Larvae Development Stages of the European Flat Oyster (*Ostrea edulis*) // The Israeli Journal of Aquaculture. – 2009. – 61 (2). – P. 114-120.
14. Askew C. G. The growth of oysters, *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* in Emsworth harbour // Aquaculture. – 1972. – V. 1. – P. 237-259.
15. Beverton R. J. H. Fish population biology and fisheries research : The Raymond J. H. Beverton lectures at Woods Hole, Massachusetts / ed. E. D. Anderson. – Woods Hole, 2002. – P. 61-106.
16. Da Silva P. M., Villalba A., Fuentes J. Growth and mortality of different *Ostrea edulis* stocks cultured in the Ria de Arousa (Galicia, NW Spain) // J. Shellfish Res. – 2003. – Vol. 22, No 1. – P. 326-332.
17. Hall S. A multiple regression model of oyster growth // Fish. Res. – 1984. – V. 2. – P. 167-175.
18. Lorenzen K. Population dynamics and potential of fisheries stock enhancement: practical theory for assessment and policy analysis // Phil. Trans. R. Soc. B. – 2005. – V. 360. – P. 171-189.
19. Lubrano L. S., Fabbrocini A., Rispoli S., Sansone G. Growth tests of *Ostrea edulis* near offshore cage aquaculture // Biol. Mar. Mediterr. – 1999. – V. 6, No 1. – P. 325-327.
20. Richardson C. A., Collis S. A., Ekaratne K., Dare P., Key D. The age determination and growth rate of the European flat oyster, *Ostrea edulis*, in British waters determined from acetate peels of umbo growth lines // J. Mar. Sci. – 1993. – V. 50 (4). – P. 493-500.
21. Valero J. *Ostrea edulis*: growth and mortality depending on hydrodynamic parameters and food availability. – Strömstad, Sweden: Göteborg University, 2006. – 47 p.
22. Wilbur M. K., Owen L. Growth : Physiology of Molluscs // N. Y.-L.: Acad. Press, 1964. – V. 1. – P. 211-237.

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ЧЕРНОМОРСКОГО ШПРОТА ПО ОТОЛИТАМ

**Е. Б. Мельникова**

Институт биологии южных морей НАН Украины (ИнБЮМ)

Известно, что современные расчеты допустимого улова, а также меры по рациональному использованию и охране запасов черноморского шпрота во многом базируются на возрастном составе уловов. Правильное определение возраста необходимо для оценки таких параметров, как скорость роста, смертность, динамика численности и определение биомассы стада. Существуют специальные руководства и работы методического плана по определению возраста отдельных особей [2, 6, 9]. Один из основных выводов, который можно сделать по результатам этих работ, состоит в том, что методика, позволяющая получить надежные и точные оценки возраста особей одного стада, не всегда может быть успешно применена для определения возраста другого стада, а тем более особей других видов [6].

Специфические особенности биологии черноморского шпрота (мелкие размеры, короткий жизненный цикл, раннее созревание, продолжительный нерестовый период) требуют применения специальной методики для определения возраста. Сведения по определению возраста шпрота довольно скучны [1, 7, 8]. Так А. Пилявская [7], определяя возраст по отолитам, не приводит рисунков отолитов и ограничивается лишь изложением полученных результатов. По приведенным данным трудно судить о том, что именно принималось А. Пилявской за годичные кольца.

Данные по возрасту и линейным размерам шпрота, приведенные в работах Ю. Г. Алеева [1] и С. А. Стоянова [8], значительно расходятся с данными, полученными А. Пилявской. Если А. Пилявская насчитывает в стаде шпрота 6-7 возрастных групп, то Ю. Г. Алеев и С. А. Стоянов – только 4 возрастные группы. В работах этих авторов приведены схематичные рисунки или фотографии отолитов черноморского шпрота. Согласно им на отолитах в течение года формируются две зоны: зимняя (плотная и непрозрачная) и летняя (широкая, прозрачная), по краю которой проходит годовое кольцо. Однако не указывают сроки закладки годового кольца, характерные особенности, позволяющие его отличить от добавочных колец, имеющихся на отолитах и связанных с непериодической задержкой роста или резкой сменой быстрого роста более медленным.

Кроме этого, не рассмотрены особенности формирования годовых зон на отолитах рыб разного возраста, а также особенности определения первого годового кольца, связанные с продолжительными сроками нереста, являющиеся весьма важным методическим моментом для правильного определения индивидуального возраста.

Следовательно, разработка методики определения возраста черноморского шпрота и выяснение связи закономерностей его роста и закладки годовых и добавочных колец является актуальным.

Цель работы – исследование закономерностей формирования годовых колец и особенностей определения возраста черноморского шпрота (*Sprattus sprattus phalericus* (Risso)) по отметкам на отолитах.

Оtolиты у исследуемых рыб доставали через нижнюю часть головы рыбы, предварительно удалив жабры, затем осторожно раскрывали слуховую капсулу. Иногда применяли и другой способ – разрезали голову вдоль средней линии, затем вынимали отолиты пинцетом или скальпелем. Отпрепарированные отолиты, по два от каждой рыбы, помещали в 1-2 капли глицерина для просветления. Отолиты анализировали под бинокуляром МБС-9 в проходящем свете при увеличении 8 × 2.

Р. А. Апс [2] выделяет на отолите шпрота рострум, антерострум, построструм, парапрострум, большую и малую вырезки, относительно ровный дорсальный и зубчатыйентральный края. Этой терминологии мы будем придерживаться при анализе строения отолита.

В процессе анализа измеряли длину отолита ( $l$ ) вдоль наибольшей оси, от переднего конца рострума через центр ядра к заднему краю построструма, и ширину ( $d$ ), от дорсального края к вентральному, с учетом его изрезанности (зубчатости) в единицах окуляр-микрометра (1 деление = 0,05 мм).

Для внутреннего строения отолита характерно наличие небольшого ядра, которое располагается в центральной части. Оно окружено мальковым кольцом. Снаружи этого кольца формируется плотная опаковая зона – темная в проходящем свете. Далее идет прозрачная, состоящая из более крупных и свободно расположенных клеток – гиалиновая зона. Опаковая и гиалиновая вместе составляют одну годовую зону. По внешнему краю гиалиновой зоны формируется годовое кольцо текущего года.

Основные признаки годового кольца – непрерывность и замкнутость по всей плоскости отолита. Наиболее четко оно просматривается на дорсальном крае отолита, а также на построструме и парапроструме. На отолитах могут образовываться не только годовые кольца, но и дополнительные (добавочные), появляющиеся в результате ослабления или прекращения питания в преднерестовый или нерестовый

периоды, переходе от одних кормовых объектов к другим и т. д. В отличие от годовых колец добавочные кольца не замкнуты и менее четко выражены.

У юго-западного побережья Крыма нерест шпрота обычно начинается в первой декаде октября и продолжается до конца марта. Его пик приходится на декабрь-январь [3-5]. Для молоди, которая в связи с продолжительными сроками нереста появляется на свет в начале и конце нерестового периода, длительность холдного периода различна, в связи с этим опаковая зона на отолитах разных экземпляров шпрота имеет разные размеры. Широкая зона свидетельствует о раннем выклеве и благоприятном температурном режиме в условиях быстрого роста (рис. 1),



**Рисунок 1 – Отолит сеголетки (0+) черноморского шпрота. Длина рыбы  $SL = 5,2$  см; вес  $P = 1,30$  г; размеры отолита:  $l = 30$  ед.,  $d = 26$  ед. окуляр-микрометра, в проходящем свете. 1 – опаковая зона; 2 – гиалиновая зона. Годовых колец нет**

узкая, напротив, – соответствует более позднему выклеву, накануне прогрева воды и более медленному росту. Летом, в связи с замедлением линейного роста, на отолитах формируется прозрачная гиалиновая зона.

Отолиты сеголеток имеют округлую форму. Отношение их длины ( $l$ ) к ширине ( $d$ ) составляет 1,2. При увеличении  $8 \times 2$  их длина в среднем – 30 ед., ширина – 25 ед. окуляр-микрометра. Рострум относительно короткий и широкий, окружной формы. Вентральный край отолита у сеголеток гладкий или слабо изрезанный.

Таким образом, у сеголеток отолит состоит из 2 зон: центральной непрозрачной (прирост за холодные месяцы) и краевой прозрачной (прирост за лето) (см. рис. 1). Все особи, от даты рождения вплоть до августа (сеголетки 0+), относятся к возрастному классу 0. Характерным для них является отсутствие годового кольца. Стандартная длина сеголеток 4,7-6,2 см.

В преднерестовый период шпрот покидает хорошо прогретые, богатые планктоном прибрежные воды и откочевывает в открытые районы моря, что в определенной мере изменяет его кормовые условия. Смена кормовых объектов и миграция ведут к появлению дополнительных кольцевых образований на отолите. По

этим непериодическим образованиям можно судить об особенностях жизни шпрота. Кольца менее резко выражены и большей частью не замкнуты.

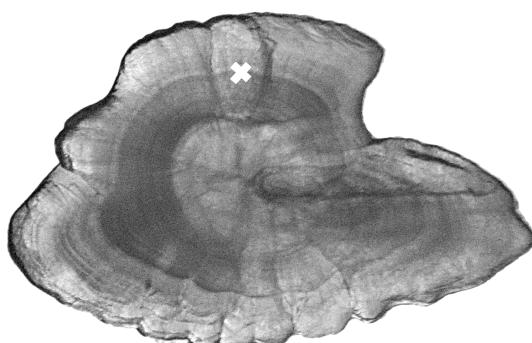
К концу первого года жизни, начиная с октября-ноября, сеголетки достигают половой зрелости. В это время по краю гиалиновой зоны наблюдается формирование годового кольца, которое имеет вид непрерывного и замкнутого кольца по всей плоскости отолита и хорошо просматривается под бинокуляром (рис. 2).

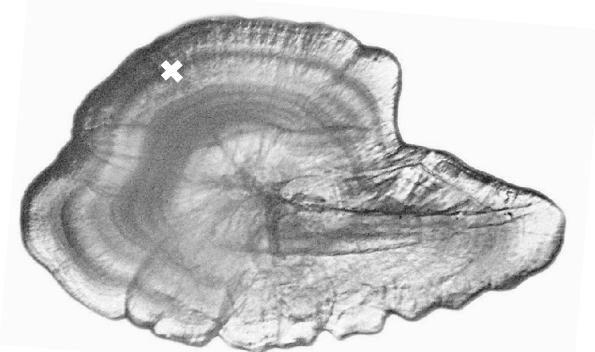
Отолиты годовиков по сравнению с таковыми у сеголеток приобретают овальную форму. Отношение  $l/d$  возрастает до 1,43 (средняя длина отолита составляет 53 ед., ширина – 37 ед. окуляр-микрометра). Вентральный край отолита слабо изрезан (волнистость с округлыми зубцами), дорсальный край гладкий, рострум незначительно удлинен. Стандартная длина годовиков 6,5-7,8 см.

**Рисунок 2 – Отолит годовика (1) черноморского шпрота. Длина рыбы  $SL = 6,4$  см; вес  $P = 1,82$  г; размеры отолита:  $l = 53$  ед.,  $d = 37$  ед. окуляр-микрометра, в проходящем свете. Знаком «X» отмечено годовое кольцо**

В период нереста, который у шпрота растянут и продолжается до марта, на отолитах формируются нерестовые отметки. Нерестовые отметки (зоны) образуются на отолитах ежегодно до возраста, пока шпрот не потеряет способность к размножению.

Весной отнерестившийся шпрот активно питается, совершает кормовые миграции из открытого моря в прибрежные районы на малые глубины. Быстро восстанавливает внутренние запасы, израсходованные на нерест. Этот период характеризуется началом ежегодного линейного и весового прироста, и на отолитах формируется следующая опаковая (темная) зона.

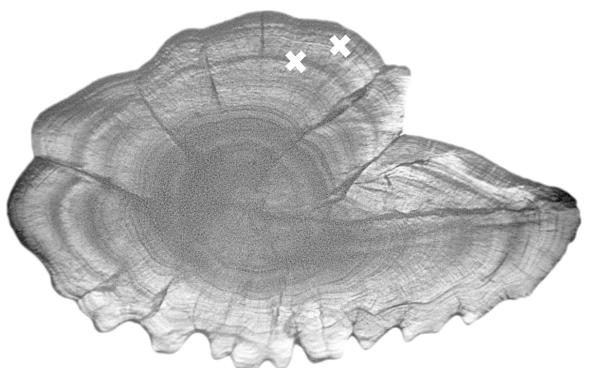




**Рисунок 3 – Отолит двухлетки (1+) черноморского шпрота. Длина рыбы  $Sl = 7,3$  см; вес  $P = 2,85$  г; размеры отолита:  $l = 57$  ед.,  $d = 39$  ед. окуляр-микрометра, в проходящем свете. Знаком «Х» отмечено годовое кольцо**

и двухлетки (1+), имеющие одно сформированное годовое кольцо и прирост второго лета. Они объединяются в одну группу не только по наличию одного сформированного годового кольца, но и по сезону рождения.

К концу второго лета жизни, в начале следующего нерестового периода по краю следующей гиалиновой зоны формируется второе годовое кольцо, и двухлетки переходят в стадию двухгодовиков (2), которые имеют два годовых кольца (рис. 4).



**Рисунок 4 – Отолит двухгодовика (2) черноморского шпрота. Длина рыбы  $Sl = 8,2$  см; вес  $P = 5,12$  г; размеры отолита:  $l = 61$  ед.,  $d = 40$  ед. окуляр-микрометра, в проходящем свете. Знаком «Х» отмечены два годовых кольца**

классу II. Они рождаются в один нерестовый сезон; на отолитах у них имеется два годовых кольца, а у трехлеток, кроме этого, имеется прирост третьего лета.

На отолитах трехгодовиков и четырехлеток в течение репродуктивного и нагульного периодов формируются относительно узкие зоны осенне-зимне-весенне-го и летнего роста. Между опаковыми и гиалиновыми зонами уже не просматривается четко выраженной границы (рис. 5).

С наступлением лета на отолитах двухлеток (1+) просматривается не только годовое кольцо, опаковая зона второго года жизни, но и вторая гиалиновая, которая начинает формироваться в этот период (рис. 3).

Отолит приобретает овально-вытянутую форму. Отношение  $l/d$  возрастает до величины, равной 1,46 (средняя длина отолита составляет 57 ед., ширина – 39 ед. окуляр-микрометра). Стандартная длина двухлеток 7,2-7,8 см.

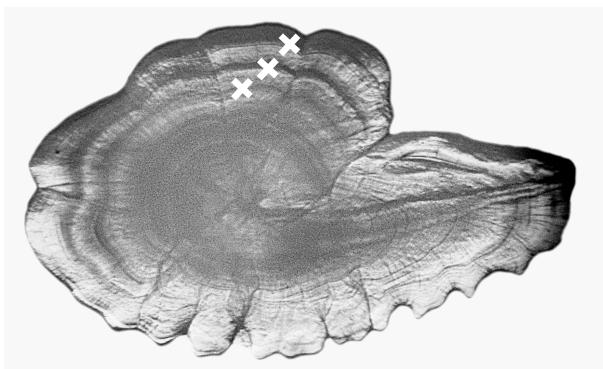
Следовательно, к первому возрастному классу I относятся годовики (1), имеющие полностью или частично сформированное годовое кольцо,

и двухлетки (1+), имеющие одно сформированное годовое кольцо и прирост второго лета. Они объединяются в одну группу не только по наличию одного сформированного годового кольца, но и по сезону рождения.

К концу второго лета жизни, в начале следующего нерестового периода по краю следующей гиалиновой зоны формируется второе годовое кольцо, и двухлетки переходят в стадию двухгодовиков (2), которые имеют два годовых кольца (рис. 4).

Отолиты двухгодовиков имеют овально-продолговатую форму. Отношение  $l/d$  возрастает до 1,52 (средняя длина отолита составляет 61 ед., ширина – 40 ед. окуляр-микрометра). Вентральный край зубчатый, зубцы неровные, вытянутой формы с выемками между ними. Зубчатость краевой зоны отолита определяется наличием радиальных желобков разной протяженности. Количество желобков увеличивается по мере роста тела рыбы и отолита (в среднем от 7 при  $Sl = 8,2-8,9$  см до 15 при  $Sl = 9,5-10,5$  мм). Рострум составляет треть размера отолита. Стандартная длина двухгодовиков 8,2-8,5 см.

Двухгодовики (2) и трехлетки (2+) относятся к возрастному



**Рисунок 5 – Отолит трехгодовика (3) черноморского шпрота. Длина рыбы  $SL = 9,2$  см; вес  $P = 7,74$  г; размеры отолита:  $l = 66$  ед.,  $d = 43$  ед. окуляр-микрометра; в проходящем свете. Три годовых кольца**

четырехлетки ( $3+$ ), имеющие, кроме этого, прирост четвертого лета.

Таким образом, у разных поколений черноморского шпрота темп роста существенно варьирует в зависимости от условий среды. Изменения в скорости роста находят отражение в изменении формы отолита, размерах формируемых опаковых (темных) и гиалиновых (светлых) зон. На отолитах шпрота число прозрачных зон соответствует числу пережитых летних периодов, а сочетание опаковых и гиалиновых зон в целом составляет отдельное годичное кольцо. Количество их на отолите соответствует возрасту шпрота. Кроме этого, срок закладки годичного кольца и образование нового прироста на отолите зависят от возраста. Чем старше особь, тем раньше закладывается годичное кольцо. Как показывает опыт, годовые кольца лучше всего просматриваются на дорсальном крае отолита, что упрощает их идентификацию и определение возраста.

### Литература

1. Алеев Ю. Г. О строении отолитов и темпе роста черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) // Доклады Академии наук СССР. – 1953. – Т. XCIII, № 5. – С. 919-922.
2. Ans P. A. Возраст и рост балтийского шпрота. – Рига: Авотс, 1986. – 55 с.
3. Асланова Н. Е. Шпрот черного моря // Тр. ВНИРО. – 1954. – Т. XXVIII. – С. 75-101.
4. Гирагосов В. Е., Зуев Г. В., Репетин Л. Н. Изменчивость репродуктивного потенциала черноморского шпрота (*Sprattus sprattus phalericus*) в связи с температурными условиями среды // Морск. экол. журн. – 2006. – Т. V, № 4. – С. 5-22.
5. Мельникова Е. Б. Анализ размерного распределения молоди шпрота как метод изучения его нерестовых характеристик // Риб. госп-во України. – 2007. – № 3-4 (50, 51). – С. 14-17.
6. Мина М. В. О методике определения возраста рыб при проведении популяционных исследований // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов : ч. II. – Вильнюс: Мокслас, 1976. – С. 31-37.

Отолиты трехгодовиков и четырехлеток имеют вытянуто-продолговатую форму. Отношение  $l/d$  незначительно отличается от двухгодовиков и трехлеток и составляет 1,54 (средняя длина отолита составляет 65 ед., ширина – 42 ед. окуляр-микрометра). Вентральный край сильно изрезан и истончен. Рострум имеет заостренную вытянутую форму. Стандартная длина трехгодовиков и четырехлеток составляет 9,1-10,3 см.

К возрастному классу III (по количеству годовых колец и сезону рождения) относятся трехгодовики (3), имеющие три годовых кольца, и

7. Пилявская А. Неиспользуемые ресурсы шпрота в северо-западной части Черного моря // Рыбное хозяйство. – 1938. – № 8. – С. 18-21.
8. Стоянов С. А. Черноморски шпрот // Трудове на института по зоология. – 1953. – № 3. – С. 3-108.
9. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб : методическое пособие по биологии. – М.: Академия наук СССР, 1959. – 125 с.

## РИФЫ И БИОМЕЛИОРАЦИЯ МОРСКОЙ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ

В. Г. Крючков<sup>1</sup>, Б. Д. Елецкий<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ЮгНИРО

<sup>2</sup>ООО «Центр морских технологий»

Использование искусственных рифов в прибрежных акваториях в качестве дополнительного субстрата для увеличения количества и биоразнообразия гидробионтов, обеспечивающих самоочистку моря и улучшение качества морской воды, известно давно. В настоящий период многие исследователи отмечают прогрессирующую деградацию биоценозов прибрежных вод в Азово-Черноморском бассейне из-за непрерывно возрастающего антропогенного пресса: это увеличение бытовых и хозяйственных стоков, интенсивное судоходство со сбросом балластных и льяльных вод, загрязнение припортовых акваторий при грузоперегрузках, дноуглубительные работы, добыча песка, траловый донный промысел рыб, разработка морских нефтегазовых месторождений, рисоводство, выпадение загрязненных атмосферных осадков и др. [6]. Не умаляя значения различных мероприятий, проводимых экологами с целью преодоления экологического кризиса, следует отметить, что использование искусственных рифов (ИР) в прибрежных акваториях является одним из направлений, предполагающих получение позитивного результата.

Многие зарубежные страны активно применяют рифы в своих прибрежных водах [3, 10, 11]. Широко проводились опытно-исследовательские работы по изучению воздействия рифов на экологию прибрежных вод в бывшем СССР – в Азово-Черноморском бассейне, Балтийском, Японском и Каспийском морях [5, 8, 13]. Разработаны теоретические предпосылки использования ИР.

Рифы создают из строительного мусора (камни, кирпичи, бетонные плиты и колоны), используют автошины (б/у), старые кузова автомобилей и корпуса судов, части демонтированных морских нефтегазовых платформ. В Японии создана специальная индустрия по разработке и изготовлению бетонных модулей ИР. Строительство рифов имеет в некоторых странах (США, Япония) постоянную государственную и региональную поддержку. Разрабатываются специальные законы и мероприятия, способствующие координации усилий по созданию искусственных рифов (ИР) в прибрежных водах, выдаются разрешения на их использование, обслуживание и дальнейший контроль.

В результате анализа собственных многолетних наблюдений подтвержден положительный эффект от функционирования ИР в прибрежных водах:

- происходит очистка прибрежных вод и повышение ее качества с помощью гидробионтов-фильтраторов, живущих на поверхностях рифов;
- наблюдается значительное увеличение концентрации гидробионтов, их биоразнообразия и как следствие – повышение продуктивности акваторий;
- благодаря внесению дополнительного субстрата улучшаются условия для питания и нереста рыб, создаются зоны и ниши, благоприятные для их жизни и защиты от хищников;
- появляются новые объекты для мониторинга гидрохимических показателей воды и биоты, изучения гидроакустических эффектов и изменения направле-

- ний и скоростей течений, развития деятельности подводного экотуризма, промышленного и любительского рыболовства;
- проводится доочистка в море сбрасываемых сточных вод (бытовых и промышленных), ливневых стоков (городских и сельскохозяйственных), не всегда хорошо очищенных, особенно при аварийных сбросах;
  - отмечается смягчение негативного влияния деятельности по добыче нефти и газа на нефтегазовых платформах в море и уменьшение загрязняющего воздействия трубопроводов платформа-берег;
  - наблюдается локализация и очистка вод портовых акваторий и зон рекреации (защита припляжных акваторий).

Доминирующими обрастателями поверхностей рифов (кроме микро- и макро-водорослей, баланусов, митилястера, асцидий, червей и др., всего более 20 видов) являются мидии, которые известны как активные фильтраторы (биофильтры). Одна взрослая мидия фильтрует в час 3,0-3,5 л морской воды. Фитопланктон, взвешенные органические вещества (ВОВ), соединения тяжелых металлов, нефтепродукты и другие загрязнители воды проходят через фильтрующий аппарат мидий, часть их используется в качестве пищи, часть накапливается в различных тканях и органах, а большая часть обволакивается слизью, выделяется в виде псевдофекалий и опускается на грунт. Только 1 т мидий фильтрует в сутки более 1,2 тыс. м<sup>3</sup> воды. Из анализа наблюдений исследователей ЮГНИРО за оставленными на грунте опорами демонтированной нефтяной вышки (в северо-западной части Черного моря) следует, что в течение 2-х лет вблизи ее остатков было отмечено явное улучшение качества воды (увеличение прозрачности и чистоты) и заметное увеличение количества рыб (бентофагов – бычков, барабули, камбалы и детритофагов – кефалевых) [8]. На боковой поверхности опор (площадью 4620 м<sup>2</sup>) находилось около 60 т мидий (более 12 кг/м<sup>2</sup>), и они по расчетам за год прокачивают через себя и очищают 75 млн. м<sup>3</sup> воды.

В настоящее время запасыaborигенных мидий, являющихся основными «санитарами» в Черном море, значительно сократились, поэтому увеличению масштабов культивирования мидий и использованию ИР альтернативы нет [7, 12].

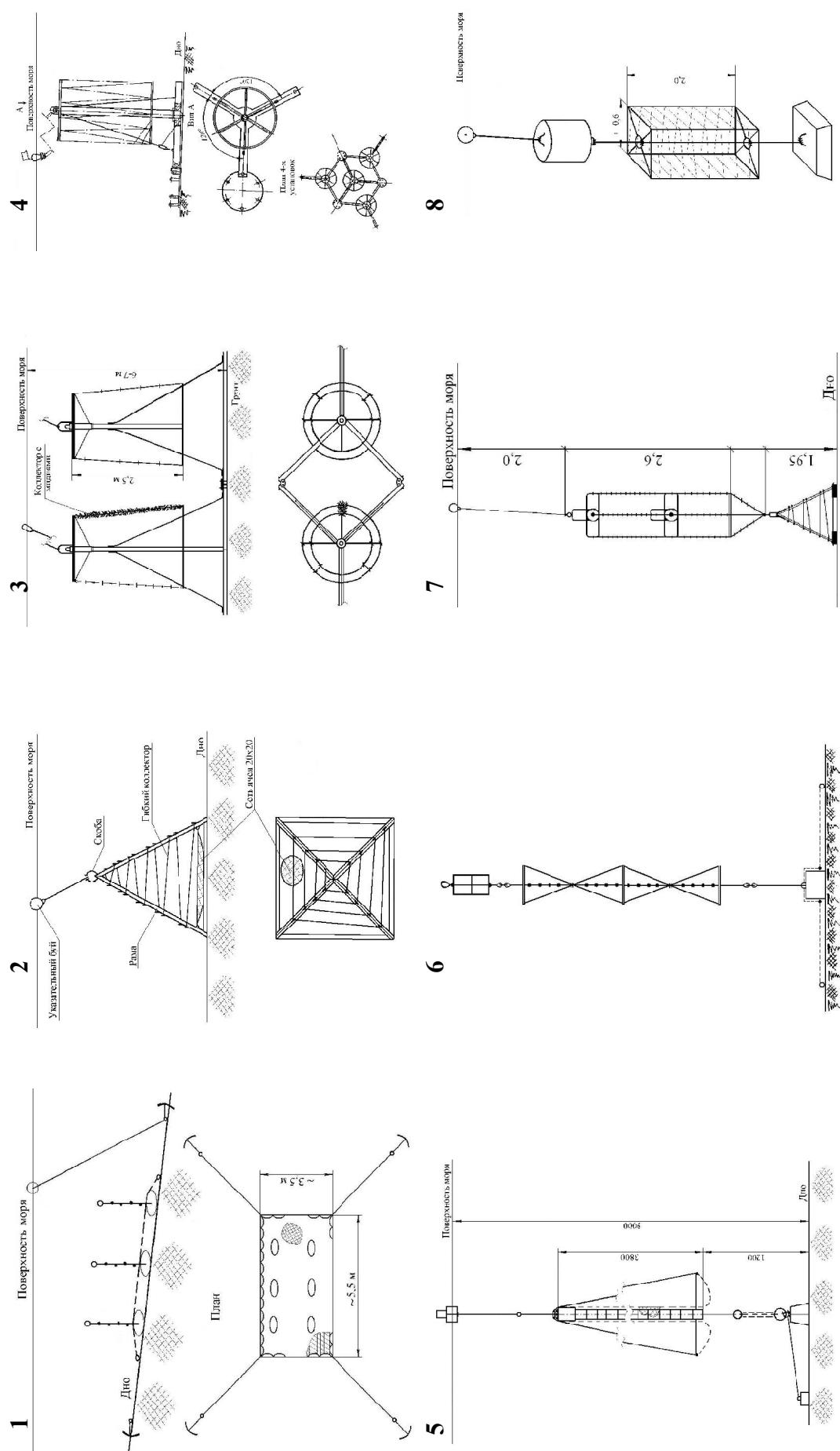
С целью проектирования ИР применительно к условиям акваторий Азово-Черноморского бассейна у побережья России были определены следующие основные требования:

- риф должен собираться (монтироваться в море в объемный комплекс – рифовый пояс) из отдельных модулей (из доступного водостойкого, нетоксичного материала) в объемную фигуру с максимальной площадью боковой поверхности и возможностью придания любой необходимой геометрии ее расположения на дне;
- рифовый пояс должен обладать долговременной прочностью и надежной штормоустойчивостью, при этом основания модулей не должны заиливаться или погружаться в грунт;
- поверхности рифа должны хорошо омываться водой, не иметь застойных зон со скапливающим различные взвеси эффектом;
- субстратная часть (часть рифа с основной биомассой обрастателей) должна быть легкосъемной и сменяемой (в воде) после некоторого периода экспозиции в море;

- следует предусмотреть защиту субстратной части от заползания на нее брюхоногого моллюска-хищника рапаны;
- модули рифа должны легко монтироваться и демонтироваться под водой, для возможности переносов в новые места по каким-то причинам, требующим очистки дна;
- все работы в море по обслуживанию рифов должны проводиться в море с помощью маломерных плавсредств (с судовой грузовой стрелой грузоподъемностью до 500 кг) по безопасным технологиям для экипажа и легководолазов.

Перечисленным требованиям отвечают конструкции устройств, специально разработанные для выращивания моллюсков (мидий и устриц). Эти устройства, являясь искусственными рифами, могут быть использованы в качестве биофильтров без особых изменений или с некоторыми упрощениями, модификациями и доработками. Главное их качество – это реальность создания объемных фигур из относительно легких элементов, достаточно долговечных и штормоустойчивых. При использовании их в качестве рифов возникают задачи определения цели и места установки, а также количества (объема) и формы, которые обеспечат ожидаемый положительный эффект. Для количественной и финансовой оценки ИР можно использовать показатели ожидаемой величины биомассы мидий (определенное количество модулей), прокачивающей требуемый расчетный объем морской воды (для конкретных условий). После чего определяют зону воздействия ИР, ожидаемый эффект, затраты на изготовление и обслуживание.

В начале 80-х годов было разработано коробчатое сооружение, устанавливаемое на дне, со съемными садками, причем от штормового опрокидывания оно предохранялось откидывающимися лапами (съемными) и стыковкой корпусов друг с другом [1]. В конце 80-х было разработано и испытано сооружение штырьковое (с вертикальным штырем на дне). На штыри насаживались съемные (со штыря) катушки с мидийными коллекторами. Штыри надежно устанавливались вертикально на дне с помощью основания из трех лап, с их помощью штыри крепились в донные системы [2]. В инструкции по выращиванию устриц, разработанной в ЮГНИРО, для подращивания устриц (черноморских или тихоокеанских) до товарных размеров в придонных слоях предложено сооружение в виде четырех, скрепленных на дне столов [9]. Каждый стол оборудован 48-ю изымаемыми плоскими рамочнсетными садками размером 1 x 1 м. Разработано еще много различных вариантов донных 1, придонных 2, 3, 4 и пелагических конструкций 5, 6, 7 (рисунок). В качестве рифов возможно использование комбинированных модульных сооружений 8, когда предполагается объединять две конструкции в одну или когда в одной акватории в соответствии с глубинами создают рифовый пояс с одновременным применением всех трех типов. На малых глубинах устанавливают на дне сетные полотна, по углам которых размещают незаиливаемые объемные рамочные конструкции и якоря-кошки с растяжками. Под сетное полотно заранее укладывают б/у автомобильные покрышки, а над ними располагают коллекторы мидийные с поплавками соответствующей плавучести. На сетном полотнище можно также разместить и закрепить пластиковые бутылки (с выполненными отверстиями), которые являются удобными нерестилищами для бычков. Через 4-5 лет экспозиции такой сетки в море (в виде мешка) ее поднимают за четыре конца, очищают на берегу и снова выставляют. С сооружения типа 2 (см. рисунок) для обновления субстрата снимают сетной



Сооружения для выращивания моллюсков: 1 – донное; 2, 3, 4 – придонные; 5, 6, 7 – пелагические; 8 – комбинированное

чехол, используя кольцо наверху, ванты и рамку (из прута диаметром 20 мм) внизу с прикрепленной к ней сетью (посадочным узлом). Подъем на палубу производят стрелой плавсредства за верхнее кольцо, которое вантами связано с нижней рамкой, выворачивающей сетку с образованием мешка со всеми обрастателями. Затем на сооружение под водой надевают сетной мешок с чистой сеткой, используя при этом указательный буй-линь, как направляющую. Аналогичные сетные мешки применяют на пелагических сооружениях типа 5 (см. рисунок). С сооружений типов 3 и 4 снимают катушки с мидийными коллекторами, причем за нижнее кольцо также крепят выворачивающийся сетной чехол. На сооружении типа 7 снимается накрученная на объемную раму толстая ворсистая веревка, которая сплита распускающимся строповым узлом («мартышкиной цепочкой»). Все обрастатели, в т. ч. и мидии, хорошо очищаются с веревки во время саморазвязывания «цепочки» и пропускания веревки через резиновое кольцо. После очистки веревку сплетают и вновь навивают на раму. Биомасса мидий, снимаемых с сооружений, пропорциональна суммарной длине коллекторов или площади субстрата.

Возможность обновления субстрата на ИР – очень важное качество, позволяющее функционировать ИР с наивысшей эффективностью. Организмы-обрастатели всегда находятся в фазе роста и развития, отсутствуют деструкционные процессы старения гидробионтов, субстрат очищается от продуктов жизнедеятельности организмов, осадков ила, взвесей и другого мусора. Очень важным качеством является возможность демонтажа и переноса таких ИР без применения крупных плавсредств.

Привезенные на берег мидии после соответствующих анализов и очистки (отсадки в бассейне с чистой водой) могут быть использованы на пищевые или кормовые (для животных) цели. Известны технологии переработки загрязненных мидий с получением чистой продукции лечебно-профилактического назначения [4].

Необходимо провести опытные работы с разработкой и постановкой в море ИР с последующим мониторингом воздействия их на прибрежную биоту конкретной акватории. Результатом работ должна быть разработка методики определения количественных, качественных и финансовых показателей очистки воды с помощью ИР. Работы можно осуществить на средства, получаемые за возмещение экологических ущербов и спонсорской помощи предприятий-пользователей акваторий. Цели и задачи проведения научно-исследовательской работы выполнят ЮГНИРО и Центр морских технологий (г. Краснодар).

Масштабный эксперимент с применением ИР может быть проведен, например, для локализации сточной трубы, очистки портовой акватории или пляжной зоны, ограничивании негативного воздействия речного стока или для смягчения других загрязняющих факторов. К участию в эксперименте следует привлечь не только ученых-специалистов, но и студентов-экологов, гидробиологов, гидрохимиков. Частично затраты могут быть уменьшены за счет коммерческой деятельности по организации подводного туризма (дайвинга) и любительского рыболовства.

Еще раз следует отметить, что способность моря к самоочистке не безгранична. Необходимо без промедления начать оказание помощи морю. Безусловно, в этом направлении должны работать все причерноморские страны, и законодательно-организационная работа уже проводится, но нужен положительный опыт в определении направления практических усилий. Если загрязнение прибрежных вод и берегов Черного моря примет необратимый характер и приведет к утере рекреационной привлекательности, то будет нанесен огромный международный экономический и социальный ущерб, не сопоставимый с успехами в другой морской деятельности.

## Литература

1. А. с. 895374 СССР, кл. A01 К 61/00. Устройство для выращивания моллюсков / Ю. В. Кузнецов, В. Г. Крючков. – Бюл. : Открытия. Изобретения. – 1982. – № 1.
2. А. с. 1433442 СССР, кл. A01 К 61/00. Устройство для придонного выращивания моллюсков / В. Г. Крючков, Ю. В. Кузнецов. – Бюл. : Открытия. Изобретения. – 1988. – № 40.
3. *Бардач Дж., Ритер Дж., Макларни У.* Аквакультура. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 291 с.
4. *Бойко Л. И., Губанов В. В.* Токсикологическая, санитарно-микробиологическая и химико-технологическая оценка мидий прибрежных эвтрофированных вод северо-западной части Черного моря // Межд. симпозиум по современным проблемам марикультуры в социалистических странах : тезисы докладов, 25 сентября-1 октября 1989 г. – М.: ВНИРО, 1989. – С. 81-82.
5. *Гроут Г. Г., Яновский Э. Г., Изергин Л. В. и др.* Искусственные рифы в Азовском море (Первые результаты, направление исследований, перспективы) // Международ. симпозиум по современным проблемам марикультуры в социалистических странах : тезисы докладов, 25 сентября-1 октября 1989 г. – М.: ВНИРО, 1989. – С. 53-56.
6. *Губанов Е. П.* Экологические аспекты состояния биоресурсов Черного моря // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского бассейна : II Международная конференция, 26-27 июня 2006 г., Керчь. – Керчь: ЮгНИРО, 2006. – С. 10-16.
7. *Елецкий Б. Д., Елецкий Ю. Б.* Мелиорация прибрежных зон Черного моря методами марикультуры // Наука Кубани. – 2000. – № 6. – С.
8. *Золотарев П. Н., Литвиненко Н. М., Рубинштейн И. Г.* Оценка фильтрационной способности обрастваний морских стационарных платформ в Черном море и их роли в экосистеме // Основные результаты комплексных исследований ЮгНИРО в Азово-Черноморском бассейне и Мировом океане : мат. отчетной сессии по итогам НИР ЮгНИРО в 1992 г. – Керчь: ЮгНИРО, 1993 – С. 54-58.
9. Инструкция по культивированию черноморской и тихоокеанской видов устриц в разных районах Черного моря / В. Г. Крючков, А. П. Золотницкий и др. – Керчь: ЮгНИРО, 2007. – 50 с.
10. Информация о развитии и применении искусственного рифа в Японии. – Письмо в МРХ СССР от Компании Тайе Геге контра СССР. Мидзусима С. – М.: МРХ СССР : Упр. науки, техники и АСУ, 1984. – 34 с.
11. Использование искусственных рифов в США в рыбохозяйственных целях : Справка. – М.: МРХ СССР, 1986. – 24 с.
12. *Лапшин О. М., Орлов Е. К., Фридман А. Л.* Инженерно экологические предпосылки создания искусственных рифов // Технические средства марикультуры : Труды ВНИРО. – М., 1986. – С. 61-68.
13. *Лапшин О. М., Муравьев В. Б.* Использование искусственных рифов в прибрежных акваториях северо-восточной части Черного моря // Международный симпозиум по марикультуре : тезисы докладов, 24-27 сентября 1995 г. – М.: ВНИРО, 1995. – С. 33-34.

## ОСОБЕННОСТИ И ТЕНДЕНЦИИ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ КОЛИЧЕСТВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ЮГЕ КРЫМА

Е. А. Костур, В. В. Антюфеев

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр (НБС-ННЦ)

Вряд ли нуждается в особых доказательствах утверждение, что наряду с исследованием глобальных изменений климата, колебаний метеорологических характеристик больших регионов и природных зон, необходимо изучение сопутствующих процессов местного (локального) масштаба и явлений, наблюдавшихся в отдельных пунктах.

Объектом нашего изучения была изменчивость количества атмосферных осадков, выпадающих на территории Никитского ботанического сада (НБС), который расположен в Западном южнобережном субтропическом агроклиматическом районе Крыма в 6 км от г. Ялта. Климат Южного берега Крыма (ЮБК) имеет азональный характер, отличается от соседних районов термическим режимом зимы (температура самого холодного месяца выше +2 °C) и типом внутригодового хода осадков – их зимние суммы больше летних (рис. 1), что присуще странам Средиземноморья.

Использовались материалы агрометеорологической станции Никитский Сад Крымского центра гидрометеорологии (44°31' с.ш., 34°15' в.д., высота 208 м над уровнем моря) за весь период наблюдений, то есть с июня 1929 г. по настоящее время. Перерывов в работе станции не было, площадка не переносилась. Для сопоставления с данными станции Ялта, которая в климатологических изданиях считается опорной для станций ЮБК, в некоторых случаях рассматривается период только после 1953 г., поскольку в 1954 г. положение станции Ялта существенно изменилось, из центра города (44°30' с.ш., 34°10' в.д., 4 м н.у.м.) она вынесена на окраину (44°29' с.ш., 34°09' в.д., 68 м н.у.м.).

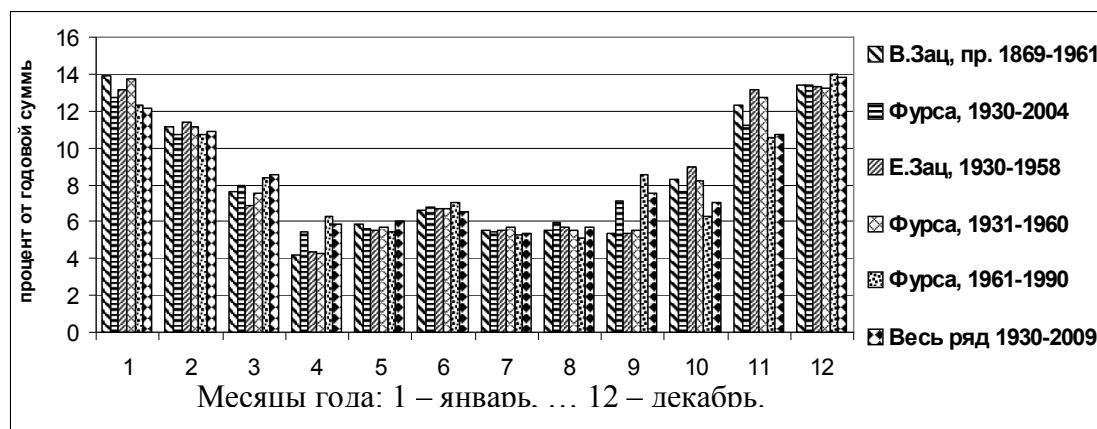


Рисунок 1 – Средние многолетние месячные суммы атмосферных осадков на метеостанции Никитский Сад в процентах от годовой суммы. По данным разных авторов (в легенде указаны периоды осреднения, см. также примечание к табл. 1)

В разные годы было изданы работы, посвященные климату ЮБК в целом [1] и территории НБС в частности [2, 3]. Наша публикация во многом перекликается с ними, особенно с брошюрой Д. И. Фурсы и коллег [3]. Вместе с тем она не только дополняет их, но рассматривает некоторые вопросы под иным углом зрения, в ней используется более широкий круг статистических показателей.

Как и в рассматриваемых здесь работах [1, 2], к холодному сезону мы всегда относим месяцы с ноября предыдущего года по март текущего, к теплому – оставшиеся семь месяцев, в то время как в брошюре [3] в некоторых случаях холодным считается период с декабря по март, теплым – с апреля по ноябрь.

Для описания изменчивости суммы осадков использовали коэффициент  $K_c$ , который является показателем существенности отклонений текущего значения элемента  $x_i$  от среднего за  $n$  лет наблюдений значения  $\bar{x}$ , и коэффициент вариации  $C_v$ , выражаемый в долях единицы или в процентах относительно  $\bar{x}$ .

$$K_c = \frac{(x_i - \bar{x})}{\sigma},$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое (стандартное) отклонение,

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}; \quad C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}.$$

Если  $0 < K_c < 1$  – условия можно считать близкими к обычным; при  $1 < K_c < 2$  их следует признать значительно отличающимися от средних многолетних; а значения  $K_c > 2$  свидетельствуют, что условия относятся к редко повторяющимся.

Вычисляли показатель асимметрии распределения значений элемента  $x_i$  в ряду (A) и ошибку его репрезентативности  $m_A$  по формулам:

$$A = \Sigma L_j^3 / n \sigma^3,$$

где  $L_j$  – центральное отклонение (отклонение значения середины  $j$ -той градации, на которые поделен ряд, от  $\bar{x}$ );

$$m_A = (6/n)^{0.5}.$$

Если показатель  $A$  более чем в 3 раза превышает  $m_A$ , это говорит о том, что рассматриваемое распределение достоверно отличается от нормального.

Разные источники, основанные на осреднении за разные многолетние периоды [1, 2, 3], дают близкие значения месячных сумм осадков в НБС (табл. 1).

Графики долевого вклада отдельных месяцев в годовую сумму осадков в общих чертах при многолетнем осреднении также выглядят похожими, более заметные отличия отмечаются в переходные сезоны (см. рис. 1).

Естественно, при осреднении за короткие периоды порядка десятилетия (именно такие отрезки времени часто рассматриваются в прикладных научно-технических разработках) изменчивость средних значений сумм осадков хорошо выражена (табл. 2).

Из табл. 2 следует, что засушливостью отличались 1970-е гг., это особенно заметно в первые 3 месяца (январь-март), в июле и ноябре. Для 40- и 50-х гг. было характерно недостаточное атмосферное увлажнение весной, во второй половине лета, в начале осени. Наибольшее количество осадков выпадало в 1960-х гг. и в первом 10-летии XXI века. Отклонение количества осадков от нормы может быть очень большим (табл. 3, 4).

Таблица 1 – Средние суммы атмосферных осадков (миллиметры слоя воды) на территории НБС по данным разных авторов\* и некоторые другие статистические показатели

№ п/п*	Календарные месяцы года												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	80	64	44	24	34	38	32	32	31	48	71	77	576
2	75	63	47	32	33	40	32	35	42	45	66	79	589
3	76	66	40	25	32	39	32	33	31	52	76	77	579
4	80	65	44	25	33	39	33	32	32	48	74	77	582
5	72	63	49	37	32	41	31	30	50	37	62	82	586
6	73	65	51	35	36	39	32	34	45	42	64	83	599
Стандартное отклонение и коэффициент вариации для всего ряда 1929-2009 гг.													
$\sigma$	45,7	30,4	30,5	26,0	22,5	26,9	26,0	34,2	49,2	35,6	38,0	48,5	144,8
$C_v$ , %	61,0	47,7	61,1	80,4	68,1	69,0	81,7	99,9	120,0	79,3	57,4	60,2	24,5

\*1 – по данным [1], приведенным к периоду 1869-1961 гг.; 2 – по данным [3] за 1930-2004 гг.; 3 – по данным [2] за 1930-1958 гг.; 4 – по данным [3] за 1931-1960 гг.; 5 – по данным [3] за 1961-1990 гг.; 6 – по данным за 1930-2009 гг.

Таблица 2 – Осредненные по десятилетиям месячные и годовые суммы осадков (мм) в НБС

Период (годы)	Календарные месяцы года												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1930-1939	77,2	61,6	40,4	28,8	25,7	36,3	35,2	47,0	36,2	65,5	81,3	77,5	612,7
1940-1949	80,0	57,4	51,7	23,0	28,6	40,8	35,1	28,4	24,8	47,9	61,5	83,0	562,2
1950-1959	83,7	70,4	43,3	23,8	42,6	40,9	20,8	20,3	35,2	31,3	77,9	64,5	554,7
1960-1969	87,1	68,3	45,1	42,1	32,6	37,3	35,7	21,3	65,8	26,3	75,9	92,1	629,5
1970-1979	59,4	51,8	36,6	27,9	33,3	42,3	21,3	40,1	44,0	37,9	39,2	81,5	515,0
1980-1989	77,5	67,7	66,6	42,7	29,2	47,0	37,6	32,0	29,7	42,3	67,3	73,6	613,0
1990-1999	48,9	60,1	53,9	40,7	40,8	38,0	29,3	56,8	42,9	51,5	60,1	86,7	609,7
2000-2009	85,9	73,0	61,2	29,8	31,3	28,6	39,2	28,1	48,3	56,3	66,4	85,6	633,7

Ряд Кс асимметричен, поскольку существует некоторое предельное отрицательное значение Кс, соответствующее сумме осадков 0 мм (табл. 3), а положительное значение Кс теоретического предела не имеет.

Но симметричность в распределении повторяемости равных по модулю положительных и отрицательных значений Кс относительно Кс = 0 нарушена (в разной степени в разные месяцы) даже в области малых значений Кс (табл. 3, 4).

Рекордными по обилию осадков были август 1939 г. и декабрь 1940 г. (по 207 мм), сентябрь 1968 г. (353 мм; второй максимум, 157 мм, отмечен в 1996 г.).

Из табл. 3 следует, что, в 4,3 % случаев (31 раз за 720 месяцев) отмечаются редкие условия ( $K_s > 2,0$ ), причем коэффициент всегда имел знак плюс (обильные осадки). В 23 % случаев (164 раза) месячные суммы значительно отличаются от средних ( $K_s > 1,0$ ), в 13 % Кс имеет знак минус, в 10 % он положителен. В 72 % (525 случаев) сумма осадков близка к средней многолетней. У годовых сумм Кс 16 раз (26,7 % случаев) был в пределах от 1,0 до 2,0 (поровну, по 8 раз, со знаками плюс и минус). Отклонения с  $K_s > 2,0$  имели место 3 раза, или в 5,0 % лет: 1 отклонение в

**Таблица 3 – Число случаев с разной мерой существенности отклонения количества осадков от многолетней нормы (по показателю Кс) в НБС за период с 1950 по 2009 г.\* и степень асимметричности распределения этих отклонений в 60-летнем ряду**

Градации значения Кс	Знак Кс	Календарные месяцы года												Год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
От 0,0 до 0,5	+	9	8	12	6	8	10	12	12	8	15	9	9	11
	-	12	8	12	11	8	18	6	18	19	11	16	15	15
От 0,5 до 1,0	+	3	5	8	11	11	4	3	6	8	5	10	7	5
	-	15	15	11	16	11	13	18	13	20	19	9	10	10
От 1,0 до 1,5	+	8	10	5	4	4	2	7	4	3	3	3	2	4
	-	8	9	9	8	13	7	10	5		4	7	7	5
От 1,5 до 2,0	+	1	3		2	3	2					2	3	4
	-		1									1	4	3
От 2,0 до 2,5	+	4		1			3	2	1	1		1	3	1
	-													1
От 2,5 до 3,0	+		1	1		1		2				2		1
Больше 3,0	+			1	2		1		1	1	2			
Больше 3,0	-													
Показатели асимметричности распределения значений Кс**														
Асимметрия А		0,20	0,42	0,19	0,61	-0,10	1,09	0,90	1,25	1,69	1,35	0,79	0,88	1,06
Критерий $t_A = A/m_A$		0,63	1,33	0,61	1,93	-0,32	3,45	2,84	3,95	5,34	4,26	2,49	2,78	3,34
Lim Kc<0 ***		1,61	2,04	1,66	1,25	1,45	1,42	1,26	1,11	0,82	1,17	1,64	1,80	4,04

\* незаполненные ячейки в таблице означают отсутствие случаев с таким Кс;  
\*\* ошибка репрезентативности асимметрии  $m_A$  для ряда в 60 лет равна 0,3162;  
\*\*\* теоретически возможное отрицательное значение Кс при сумме осадков 0 мм.

**Таблица 4 – Число случаев существенных ( $Kc > 1,0$ ) отклонений количества осадков от многолетней нормы в НБС за весь период с 1950 по 2009 г. и по десятилетиям**

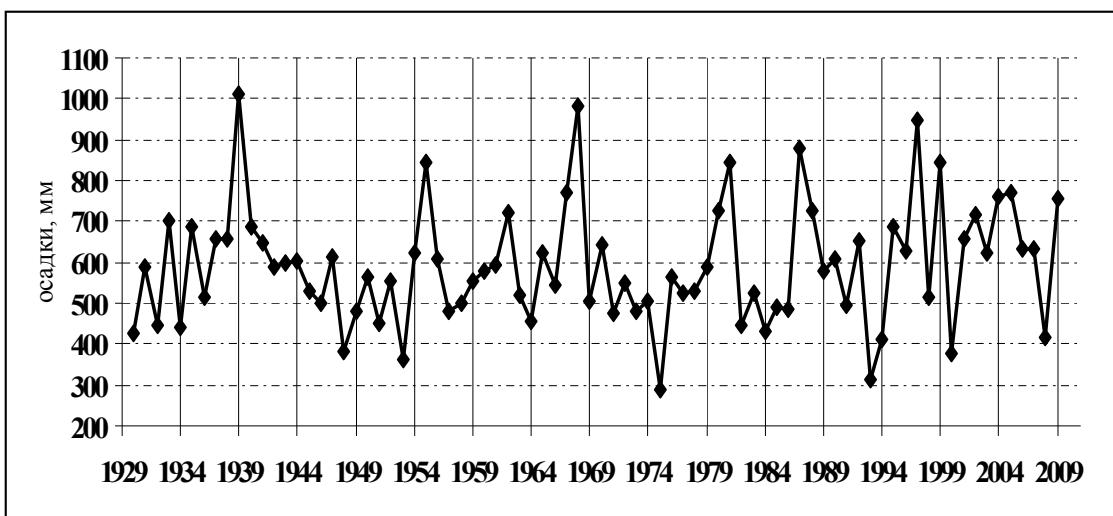
Период (годы)	Знак Кс	Календарные месяцы года												Год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1950- -2009	+	10	16	8	7	9	8	11	6	5	6	8	7	101
	-	7	12	9	9	13	7	10	5	0	4	8	11	95
1950- -1959	+	3	2	1	0	3	2	1	0	0	1	1	1	15
	-	0	1	1	1	1	2	3	2	0	1	0	2	14
1960- -1969	+	4	3	0	1	1	1	2	0	1	0	2	1	16
	-	2	2	2	2	3	2	0	2	0	2	1	1	19
1970- -1979	+	0	2	1	1	1	1	0	3	1	2	0	1	13
	-	1	3	3	2	2	1	1	0	0	0	3	2	18
1980- -1989	+	0	2	2	1	0	3	2	0	1	0	1	1	13
	-	1	1	1	2	2	1	2	0	0	0	1	3	14
1990- -1999	+	1	3	2	3	1	1	2	2	1	2	2	2	22
	-	2	3	1	0	1	0	2	0	0	1	3	1	14
2000- -2009	+	2	4	2	1	3	0	4	1	1	1	2	1	22
	-	1	2	1	2	4	1	2	1	0	0	0	2	16

сторону снижения годовых сумм, 2 года были очень обильны осадками (мы всегда имеем в виду относительную обильность осадков, сопоставительную с характерными для ЮБК суммами).

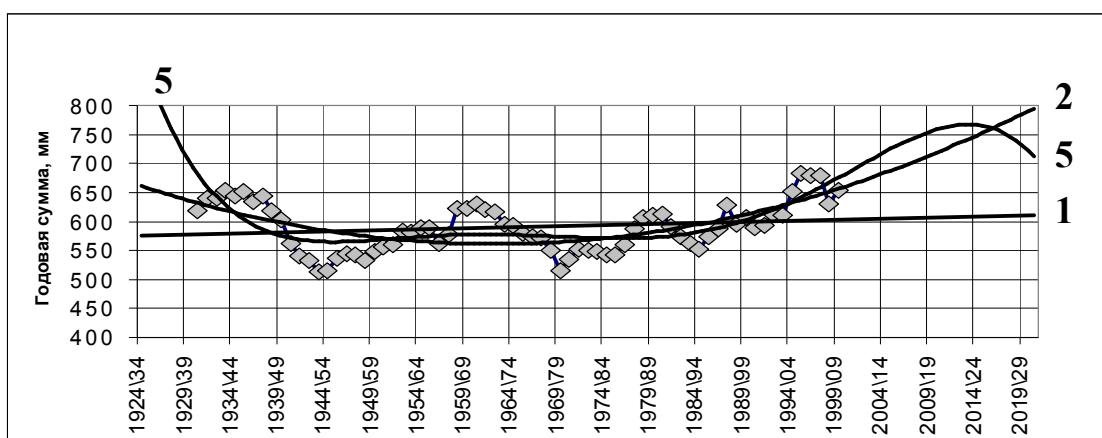
Календарными десятилетиями со сравнительно ровным ходом годовых сумм осадков, с минимальным числом случаев существенных отклонений их от нормы были 1970-е (см. табл. 4) и 1940-е (рис. 2) гг. Наименьшая изменчивость месячных сумм за последние 6 десятилетий была присуща периоду 1980-1989 гг. (в сумме за 120 месяцев десятилетия 13 случаев положительного и 14 – отрицательного значения  $K_c > 1,0$ ).

Рис. 2 дает картину изменчивости годовых сумм осадков на протяжении всех 80 лет работы метеостанции Никитский Сад по ежегодным данным. На рис. 3 многолетняя динамика количества атмосферных осадков представлена в слаженном виде, полученном скользящим осреднением за 11-летние периоды.

На графике скользящих (рис. 3) более четко, чем на рис. 2 выделяются периоды спада и подъема количества осадков. Более сухими были 40-50-е, 70-80-е гг.



**Рисунок 2 – Годовые суммы атмосферных осадков на Южном берегу Крыма по данным агрометеостанции Никитский Сад за все время ее работы**

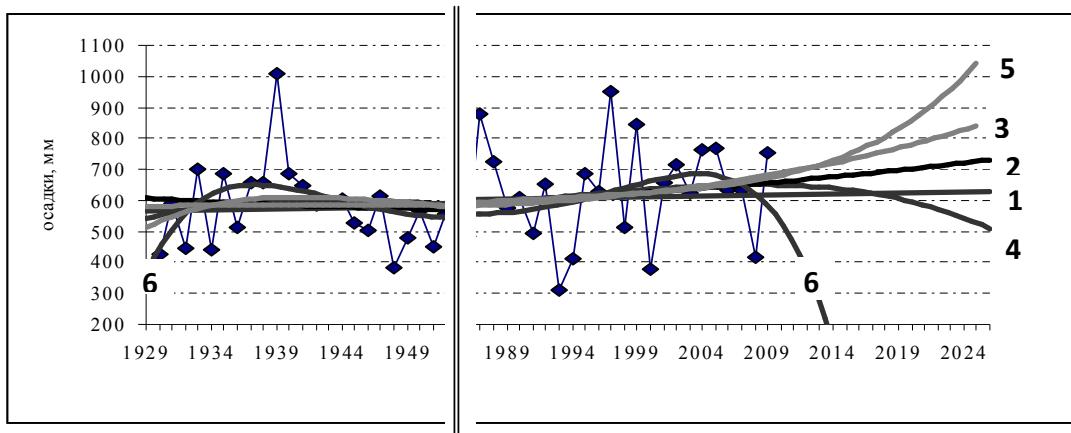


**Рисунок 3 – 11-летние скользящие средние значения годовых сумм осадков на территории НБС (обозначены серыми ромбиками) и тенденция их многолетней изменчивости. На оси абсцисс – 11-летние периоды скольжения. Цифрами обозначены тренды: 1 – линейный, 2 и 5 – полиномы 2- и 5-й степени**

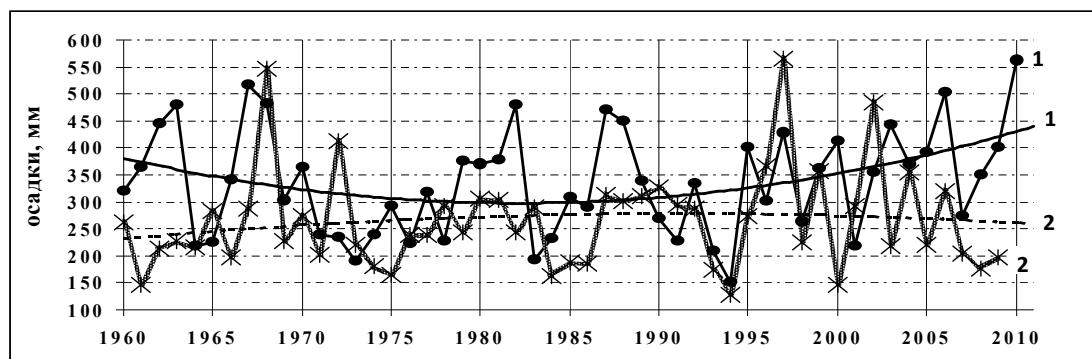
XX века, лучше обеспеченными атмосферной влагой – 1930-е, 1960-е, 1990-е гг. и начало нашего столетия. Этот график, однако, не дает однозначного ответа на вопрос о будущих тенденциях динамики количества осадков. В зависимости от того, какой модели развития отдано предпочтение, можно прогнозировать устойчивое слабое (линейный тренд) либо весьма быстрое (полином второй степени) увеличение сумм, а полином 5-й степени предсказывает после 2015 г. резкую смену периода роста атмосферной увлажненности эпохой уменьшения сумм осадков (см. рис. 3).

Еще большую неопределенность привносит попытка экстраполяции по линиям тренда (рис. 4), построенным на основе ежегодных данных (см. рис. 2).

Исходя из общеметодологических соображений, предпочтение следует отдать линейной либо квадратичной модели, то есть говорить о предстоящем в ближайшие годы увеличении количества осадков за год в целом. Суммам за холодный и теплый периоды (рис. 5), количествам осадков за разные месяцы присущи разнонаправленные тенденции. Чтобы выявить тенденции изменчивости экстремальных сумм (рис. 6) на рис. 2 были построены огибающие кривые максимальных и минимальных значений и уже по ним вычислены тенденции. Примечательно, что на рис. 6 по-разному вычисленные тренды весьма тесно сближены. Можно ожидать, что во влажные годы осадки станут не так обильны, как раньше, а в сухие годы недостаток увлажненности будет выражен менее резко (хотя тренд-1 для минимальных сумм не укладывается в данный сценарий).



**Рисунок 4 – Тенденции изменения годовых сумм осадков в НБС, полученные на основе ежегодных данных за 1930-2009 гг. Цифрами обозначены линии тренда, аппроксимированные полиномами соответствующей степени**



**Рисунок 5 – Суммы атмосферных осадков в НБС за холодный (1) и теплый (2) сезоны года за последние 50 лет и тенденция их многолетней изменчивости**

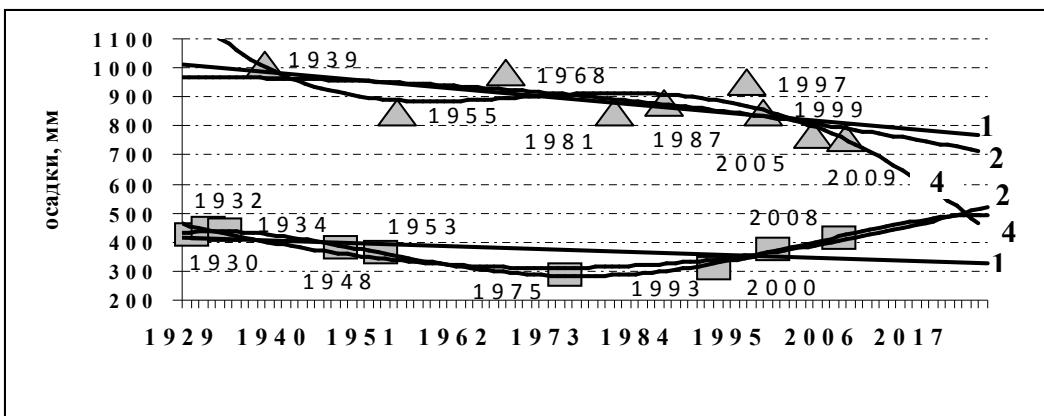


Рисунок 6 – Максимальные (треугольники) и минимальные (квадратики) годовые суммы осадков в НБС по эмпирическим данным и их тренды, вычисленные по линейной формуле (цифра 1) и как полиномы 2-й (цифра 2) и 4-й (4) степени

Приводим уравнения тренда, рассчитанные для периода 1954-2009 гг. Месяцы с тенденцией к предстоящему повышению количества осадков: март ( $y = 0,56x + 35$ ), июль ( $y = 0,13x + 28$ ), август ( $y = 0,42x + 22$ ), октябрь ( $y = 0,55x + 26$ ); со слабой тенденцией к повышению: февраль ( $y = 0,04x + 64$ ), апрель ( $y = 0,07x + 33$ ), декабрь ( $y = 0,07x + 81$ ). Месяцы с тенденцией к некоторому уменьшению сумм: январь ( $y = -0,20x + 79$ ), сентябрь ( $y = -0,06x + 47$ ) и к заметному их уменьшению: май ( $y = -0,19x + 41$ ), июнь ( $y = -0,13x + 44$ ), ноябрь ( $y = -0,24x + 71$ ). Во всех случаях показатель достоверности аппроксимации  $R^2$  лежит между 0,001 и 0,08.

В данной работе намеренно увеличен удельный вес табличных и графических материалов за счет уменьшения текстовой части. Обсуждены только важнейшие моменты и в соответствующих местах сформулированы вытекающие из них выводы. Полагаем, что такая структура публикации даст возможность коллегам, работающим в этой же области науки, сопоставить наши данные с их собственными и позволит впоследствии выполнить более широкие обобщения.

### Литература

- Зац В. И., Лукьяненко О. Я., Яцевич Г. В. Гидрометеорологический режим Южного берега Крыма. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 120 с.
- Зац Е. Н. Характеристика климатических условий в Никитском ботаническом саду // Тр. Никит. бот. сада. – 1960. – Т. 32. – С. 161-167.
- Фурса Д. И., Корсакова С. П., Амирджанов А. Г., Фурса В. П. Радиационный и гидротермический режим Южного берега Крыма по данным агрометеостанции «Никитский сад» за 1930-2004 гг. и его учет в практике виноградарства. – Ялта, 2006. – 55 с.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ТОЧНОСТЬ ТЕРМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В СТЕПНОМ ОТДЕЛЕНИИ НИКИТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

**В. В. Антюфеев**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр (НБС-ННЦ)

Как известно, климатической нормой называется среднее значение метеорологической величины, вычисленное на основе материалов наблюдений за период оптимальной продолжительности, которые обеспечивают наибольшую устойчивость этого среднего значения и его соответствие современным климатическим условиям. Из сказанного следует, что при использовании климатических данных, особенно для экстраполяции на будущее, необходимо принимать во внимание их статистическую точность [4, с. 7].

Это требование распространяется и на метеорологические наблюдения, которые почти 50 лет ведутся в Степном отделении Никитского ботанического сада (СтО НБС). Данные частично опубликованы [1] и широко используются при интродукционных и селекционных работах. В настоящем сообщении, имеющем целью выявить местные особенности и тенденции изменения термического режима территории, в связи с изучением региональных климатических колебаний рассматриваются следующие статистические показатели метеорядов: средние многолетние значения  $\bar{x}$ ; смещенная дисперсия  $D$  и среднее квадратическое (стандартное) отклонение  $\sigma$  средних месячных значений ( $\sigma = D^{1/2}$ ); коэффициент вариации  $C_v$ , выражаемый в долях единицы или в процентах относительно  $\bar{x}$ ; коэффициент  $K_c$ , говорящий о существенности отклонения значения метеовеличины  $x_i$  в данном году от среднего многолетнего  $\bar{x}$ .

Вычисления выполнены по общеизвестным формулам:

$$\bar{x} = \sum x_i / n; \sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}; C_v = \sigma / \bar{x}; K_c = (x_i - \bar{x}) / \sigma,$$

где  $x_i$  – отдельные значения величины,  $n$  – число лет наблюдений (длина ряда).

Нужно особо отметить, что скользящие средние в таблицах и на графиках отнесены к центральному году периода, за который выполняется скользящее осреднение. Например, для первого пятилетия (1962-1966 гг.) из полного метеоряда (1962-2010 гг.) скользящая средняя считается принадлежащей к 1964 г., для второго пятилетия (1963-1967 гг.) – к 1965 г. При таком подходе график динамики скользящих средних отличен по виду от автоматически рассчитанного через программу Microsoft Excel, в которой скользящие средние относятся на последний год «проскальзывающего» периода (в наших примерах – на 1966 и 1967 гг.).

Ниже при оценивании устойчивости и точности термических характеристик территории СтО рассматривается не только весь метеоряд 48-летней длины, но и отдельные его части, выделенные по формальному признаку: данные за 1962-1987 гг. опубликованы [1], и пользуясь ими предоставляются теперь статистические оценки достоверности этой информации, сопоставление с теми же индексами для неопубликованных пока материалов за 1988-2010 гг. позволяет установить степень хронологической однородности температурного ряда.

Метеостанция СтО расположена близ поселка Гвардейское, в 25 км к северу от Симферополя, географические координаты  $45^{\circ}09'$  с.ш.,  $34^{\circ}05'$  в.д., высота 143 м над уровнем моря (рис. 1). Измерения температуры воздуха ведутся с начала 1962 г. до 31 января 1969 г. в 07, 13, 19 и 21 час (данные 19-часового срока для получения суточных выводов не использовались), затем – в 03, 09, 15 и 21 час московского декретного времени. Порядок производства наблюдений и обработки их результатов соответствует требованиям, предъявляемым Гидрометеослужбой.

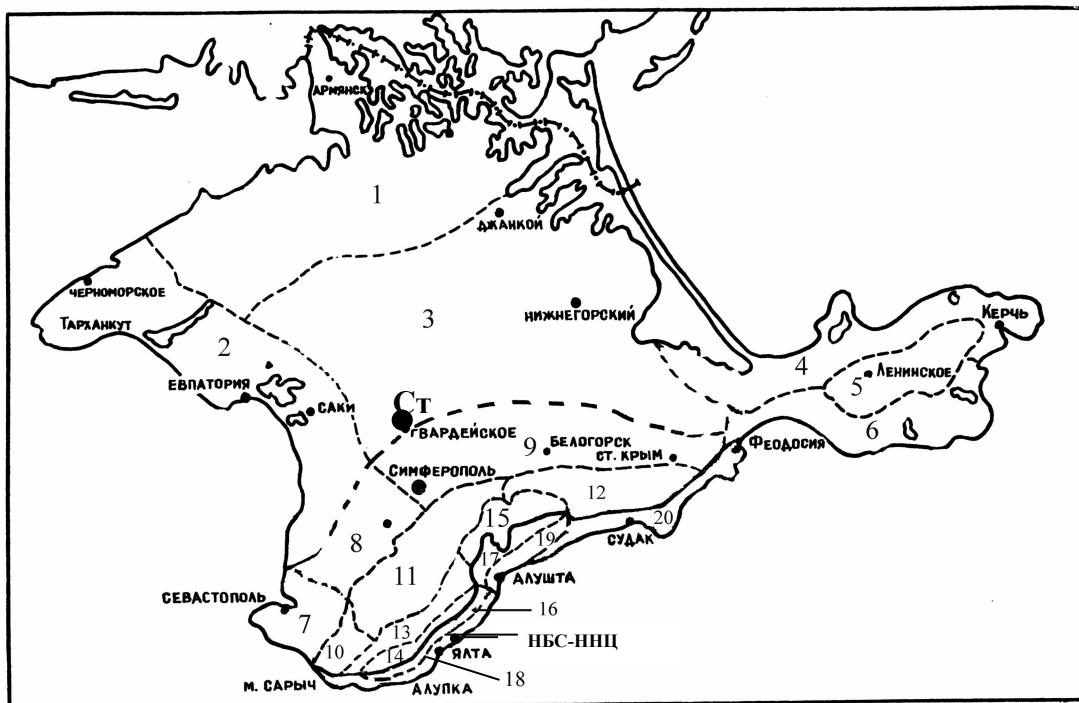


Рисунок 1 – Агроклиматические районы Крыма: ...3 – Центральный равнинно-степной,...9 – Восточный предгорный,...18 – Западный южнобережный...

Рельеф в окрестностях метеостанции – равнинный слабоволнистый. Почва – чернозем южный карбонатный малогумусный тяжелосуглинистый на красно-бурых плиоценовых глинах. Наблюдательная площадка расположена достаточно открыто – в 400 м к юго-востоку от нового лабораторно-административного корпуса СтО НБС.

В системе агроклиматического районирования Крыма [2] территория отделения (рис. 1) лежит в южной части Центрального равнинно-степного района, отличающегося засушливым климатом с умеренно-жарким вегетационным периодом и мягкой неустойчивой зимой, на границе с Восточным предгорным районом, имеющим климат полузасушливый теплый с мягкой зимой.

Положение станции и даваемая ею гидрометеоинформация вполне representative для северной части Симферопольского и северо-запада Белогорского, крайнего востока Сакского и южной части Красногвардейского административных районов Автономной Республики Крым.

Статистические показатели для термических характеристик своеобразной по природным условиям территории на границе степи и северного предгорья Крыма (табл. 1) получены нами впервые. Весьма интересные выводы следуют из этого материала при сравнении станции СтО НБС с аналогичными показателями других

Таблица 1 – Статистические характеристики изменчивости термических показателей на территории Степного отделения НБС за период наблюдений ведомственной метеостанции (1962-2009 гг.): среднее значение и среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  для средних месячных значений температуры воздуха в сравнении с другими районами Крыма (см. рис. 1)\*

Статистический параметр, место и период наблюдений, гг.		Месячные значения					
		I	II	III	IV	V	VI
Среднее за 1962-2009		-0,6	0,2	3,7	9,9	15,3	19,7
Среднее за 1962-1987		-1,0	-0,3	3,0	10,0	15,6	19,6
Среднее за 1988-2009		-0,1	0,8	4,5	9,9	15,0	19,7
Ср. квадр. отклонение ♦	СтО	1962-2009	2,88	2,97	2,44	1,81	1,44
		1962-1987	3,17	3,30	2,51	1,94	1,52
		1988-2009	2,46	2,46	2,11	1,69	1,31
	НБС-ННЦ	1962-2009	1,70	1,83	1,50	1,57	1,40
		1962-1987	1,88	2,11	1,48	1,71	1,47
		1988-2009	1,45	1,41	1,48	1,39	1,31
		1929-2009	1,94	1,90	1,64	1,61	1,42
	Симферополь 1891-1973		2,8	3,3	2,4	1,9	1,5
	Ялта 1891-1965		1,9	1,9	1,5	1,2	1,3
Статистический параметр, место и период наблюдений, гг.		Месячные значения					
		VII	VIII	IX	X	XI	XII
Среднее за 1962-2009		22,3	21,6	16,7	11,0	6,0	2,0
Среднее за 1962-1987		21,9	21,1	16,7	10,6	6,2	2,2
Среднее за 1988-2009		22,8	22,2	16,8	11,5	5,7	1,8
Ср. квадр. отклонение ♦	СтО	1962-2009	1,56	1,48	1,40	1,78	2,17
		1962-1987	1,40	1,43	1,21	2,05	1,82
		1988-2009	1,52	1,34	1,63	1,26	2,54
	НБС-ННЦ	1962-2009	1,60	1,54	1,38	1,63	1,72
		1962-1987	1,32	1,38	1,15	1,86	1,45
		1988-2009	1,64	1,40	1,61	1,18	1,98
		1929-2009	1,51	1,37	1,49	1,79	1,87
	Симферополь 1891-1973		1,2	1,4	1,7	2,3	2,3
	Ялта 1891-1965		1,4	1,2	1,6	1,8	1,8

\* Значения ♦ для Симферополя взяты из книги [3], для Ялты – из Справочника [4], для станции Никитский Сад (НБС-ННЦ) – по нашим расчетам

пунктов метеонаблюдений (см. рис. 1): соседней станции Симферополь (по литературным данным [3]), южнобережных станций – Никитский Сад, находящейся на территории НБС-ННЦ (по нашим расчетам), и Ялта (по [4]).

По степени устойчивости и точности значений средней температуры воздуха, важнейшим показателем которых служит среднее квадратическое отклонение, к великому ряду станции Симферополь (1891-1973 гг.) наиболее близка первая половина метеоряда станции СтО (1962-1987 гг.). Позднее, видимо, имели место изменения в процессах формирования термического режима. При этом в первом полугодии значения  $\sigma$  за период 1962-1987 гг. больше, чем за 1988-2009 гг., во втором полугодии чаще наблюдается противоположная тенденция (табл. 1). Можно утверждать, что значения термических показателей станции СтО имеют достаточную ста-

тистическую точность, сопоставимую с точностью векового ряда Симферополя. В отличие от этих пунктов наблюдений, на станциях ЮБК значения  $\sigma$  почти всегда меньше 2,0 (см. табл. 1).

Для года в целом (табл. 2) дисперсия во всех случаях меньше 1 °C. Если в этом ряду и впредь сохранятся те же статистические закономерности, прогнозируемое потепление в Крыму на 3°, тем более на 5° будет маловероятным. О преувеличенностях этих цифр говорят и графики многолетней изменчивости в СтО таких агроклиматологических показателей, характеризующих условия перезимовки плодовых культур в южном регионе, как число морозных дней (без оттепели, рис. 2-4) и число дней с морозом, когда при положительной в целом температуре в отдельные часы отмечается её переход через 0°.

Из табл. 3, 4 и рис. 2 следует вывод о неодинаковой, и нередко противоположной, изменчивости числа морозных дней в разные, в том числе в соседствующие, месяцы холодной части года.

Второй и третий графики (рис. 3, 4) говорят о неоднозначной тенденции будущих условий морозоопасности зимне-весеннего сезона в Предгорном Крыму. На рис. 3 и 4 указан тренд, аппроксимированный в трех вариантах – по линейной формуле и как полиномы 2-й и 4-й степени. В противоположность полиномиальному тренду второй степени, линейный и в особенности полиноминальный 4-й степени тренды (рис. 3) показывают предстоящее более или менее значительное похолодание в зимнее время (увеличение числа морозных дней). Понятно, что сказанное не опровергает теорию глобального потепления, а свидетельствует о региональных явлениях мезоклиматического масштаба.

При оценке существенности отклонения от нормы  $i$ -того значения средней температуры (табл. 4) следует иметь в виду, что в рядах с распределением, близким к нормальному, значение  $K_c > 1,0$  отмечается в менее, чем 32 % случаев,  $K_c > 1,5$  соответствует примерно 10 %-ной вероятности, и только два раза за сто лет регистрируется температура со значением показателя  $K_c > 2,5$ .

**Таблица 2 – Средние значения и дисперсия D среднегодовой температуры воздуха в Степном отделении (СтО) и на Южном берегу Крыма (НБС-ННЦ) за разные периоды**

Период осреднения, годы	Среднее значение		Смещенная дисперсия D	
	СтО	НБС-ННЦ	СтО	НБС-ННЦ
1962-2009	10,7	12,5	0,76	0,52
1962-1987	10,5	12,3	0,83	0,51
1988-2009	10,9	12,7	0,60	0,48
1929-2009	–	12,4	–	0,50

**Таблица 3 – Среднее количество морозных дней, его изменчивость (Cv) в СтО за 1962-2010 гг.**

Показатель	XI	XII	I	II	III	За зиму
Среднее число	1,04	5,32	9,96	7,38	2,21	25,91
Коэффициент Cv	2,90	0,78	0,57	0,72	1,48	0,45

Таблица 4 – Число случаев с разным уровнем  $K_c$  для средних за месяц и год значений температуры воздуха по десятилетиям с указанием знака отклонений в СтО

Пе- риод, годы	Значение $K_c$	Год или месяцы холодного сезона и знак коэффициента $K_c$									
		ноябрь		декабрь		январь		февраль		март	
		–	+	–	+	–	+	–	+	–	+
1962- 1970	$1,0 < K_c < 1,5$	0	4	0	2	2	1	1	0	2	0
	$1,5 < K_c < 2,5$	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
	$K_c > 2,5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1971- 1980	$1,0 < K_c < 1,5$	1	1	0	1	2	1	0	1	1	1
	$1,5 < K_c < 2,5$	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0
	$K_c > 2,5$	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1981- 1990	$1,0 < K_c < 1,5$	0	1	0	1	2	0	2	0	0	0
	$1,5 < K_c < 2,5$	1	0	1	1	0	0	0	0	0	2
	$K_c > 2,5$	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0
1991- 2000	$1,0 < K_c < 1,5$	0	0	2	1	1	2	1	2	1	2
	$1,5 < K_c < 2,5$	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	$K_c > 2,5$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001- 2010	$1,0 < K_c < 1,5$	0	0	0	1	1	2	0	1	1	2
	$1,5 < K_c < 2,5$	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1
	$K_c > 2,5$	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Очень жарких месяцев ( $K_c > 1,5$ ) за 39 лет (1962-2000 гг.) было два: июнь 1964 г. и июнь 1975 г., – а за 2001-2010 гг. – десять (июнь в 2007, 2009 и 2010 гг., июль в 2001, 2002, 2010 гг., август в 2006, 2007, 2008, 2010 гг.).

В начале 21-го века изменчивость среднемесячной температуры, вероятность очень существенных ее отклонений от нормы (как в положительную, так и в отрицательную сторону) выше, чем в предыдущие десятилетия; повторяемость экстремальных явлений, вероятность контрастных перепадов температуры в зимне-весенне время не снижаются (см. табл. 3-4, рис. 2-4).

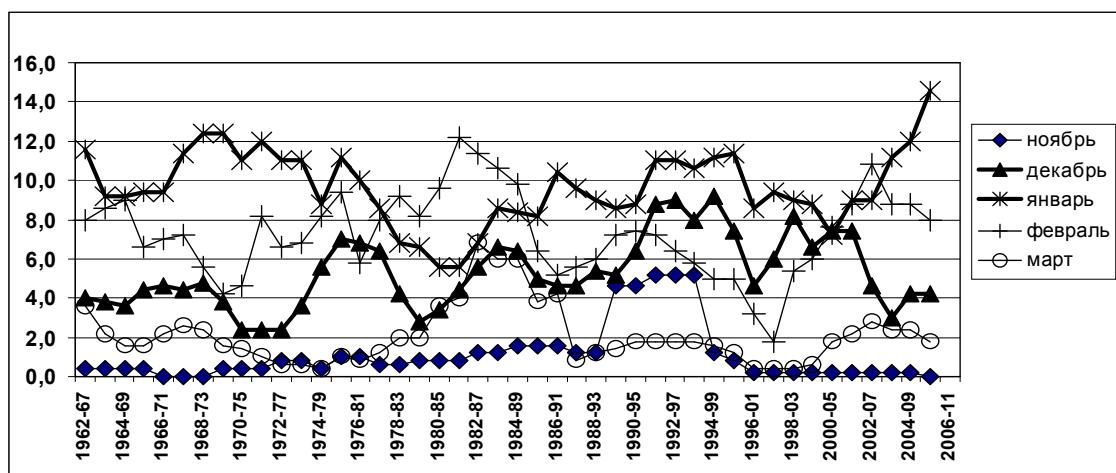


Рисунок 2 – Многолетняя изменчивость повторяемости морозных дней (число дней без оттепели за месяц – ось ординат) в СтО НБС по пятилетиям (годы – на оси абсцисс)

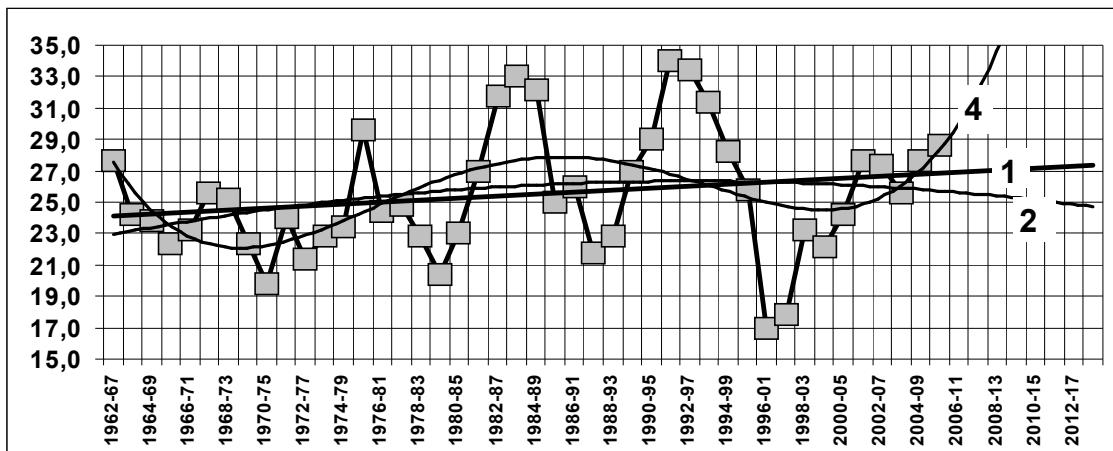


Рисунок 3 – Многолетняя тенденция вероятности морозных дней за холодный сезон в СтО (число дней без оттепели с ноября по март включительно – ось ординат) с осреднением по пятилетиям (годы на оси абсцисс). Цифрами обозначены линии тренда: 1 – линейный, 2 и 4 – полиномы 2-й и 4-й степени

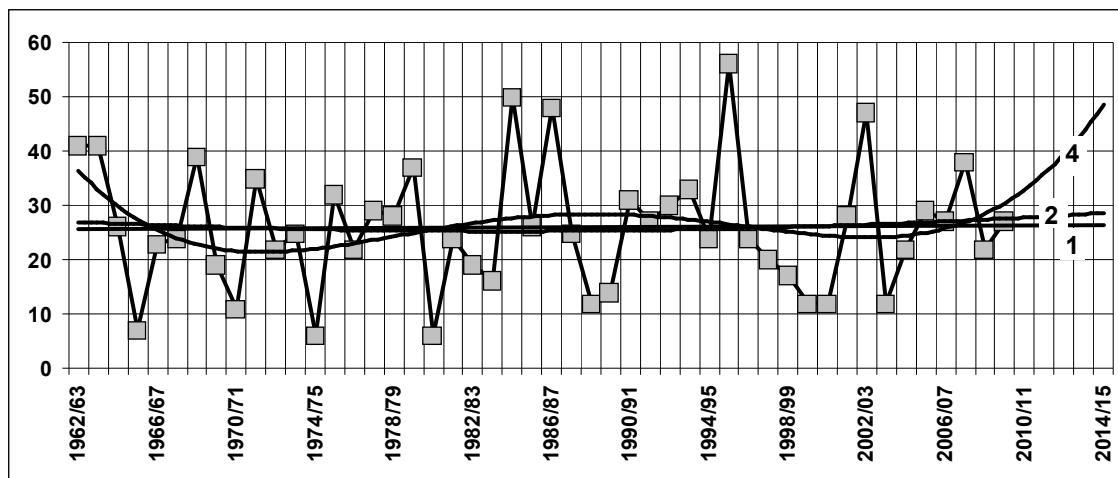


Рисунок 4 – Многолетняя тенденция повторяемости морозных дней в СтО без осреднения по пятилетиям. Обозначения по обеим осям – см. рис. 3

Для предотвращения ошибок при принятии управленческих решений следует привлекать климатологов к участию в текущем и перспективном планировании различных хозяйствственно-экономических мероприятий.

### Литература

1. Антиофеев В. В., Важсов В. И., Рябов В. А. Справочник по климату Степного отделения Никитского ботанического сада. – Ялта, 2002. – 88 с.
2. Важсов В. И. Агроклиматическое районирование Крыма // Труды Никит. ботан. сада. – 1977. – Т. 71. – С. 92-120.
3. Краткий агроклиматический справочник Украины. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 256 с.
4. Справочник по климату СССР : Устойчивость и точность климатических характеристик : т. 1. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 396 с.

## ИЗ ОПЫТА АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОДОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЮГЕ УКРАИНЫ В ЭПОХУ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

**В. В. Антюфеев, В. А. Рябов**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр (НБС-ННЦ)

В Крыму и по всему югу Украины плодоводческая отрасль сельского хозяйства в течение многих десятилетий считалась одной из приоритетных для экономического развития региона. Такое отношение к ней необходимо возвратить и в новых современных условиях децентрализации и реформирования сельскохозяйственного производства. Создание высокопродуктивных долголетних садов невозможно без объективного учета экологических условий применительно к конкретным породам и сортам. Практиков сельского хозяйства интересует, появится ли в результате глобального потепления возможность выращивать в Украине более теплолюбивые культуры. Разносторонняя оценка климатических ресурсов с учетом микроклиматической неоднородности местности – один из основных элементов в общей системе экологической оценки территории. Особенно актуальной становится эта задача при закладке насаждений промышленного масштаба. Никитским ботаническим садом накоплен большой опыт в проведении направленных на ее решение исследований с целью выявления имеющих наибольшее агрономическое значение климатических показателей (не одних и тех же для разных регионов) и подготовку агроэкологически обоснованных рекомендаций относительно породно-сортового состава растений, которые в этой местности дадут максимально возможный урожай. В настоящем сообщении рассмотрены в качестве примера результаты изысканий, предшествовавших проектированию садов и виноградников на земельном массиве площадью 1000 га на окраине г. Николаева.

Для оценки климата использованы данные пяти длиннорядных станций южного региона. Вероятностные характеристики рассчитаны по номограммам А. Н. Лебедева [2], различные комплексные показатели – по общепринятым методам [1]. При изучении микроклимата измеряли температуру воздуха минимальными термометрами на высоте 0,5 м одновременно в 10-12 точках: 2-4 – постоянные, другие менялись от дня ко дню, чтобы охватить наблюдениями всю площадь.

Земельный массив, проектируемый под сады, расположен на Причерноморской низменности, в полосе перехода от зоны очень засушливой, умеренно жаркой, с мягкой зимой к засушливой очень теплой зоне. Главными факторами, лимитирующими произрастание плодовых культур и обуславливающими подбор сортимента, являются зимне-весенний температурный режим и ресурсы увлажнения за вегетационный период.

В Николаеве метеонаблюдения ведутся более 150 лет, что позволяет сопоставить климатические нормы, рассчитанные за разные периоды, выбрать наиболее достоверные для настоящего исторического отрезка времени. Сравним средние значения температуры воздуха и осадков (таблица) за 1858-1950 гг. (норма А, «Агроклиматический справочник по Николаевской области», 1959 г.); за 1891-1973 гг. (норма Б, «Краткий агроклиматический справочник Украины», 1976 г.); за 1961-1990 гг. (норма В, по Метеорологическим ежемесячникам ВНИИГМИ-МЦД); за

**Средние многолетние значения метеорологических величин для станции Николаев, рассчитанные за различные периоды**

Период*	Месяцы												За год
	Я	Ф	М	А	М	И	И	А	С	О	Н	Д	
Температура воздуха (°C)													
А	-3,6	-3,0	2,3	9,2	16,3	19,9	22,9	22,0	16,8	10,8	3,8	-1,3	9,7
Б	-3,7	-2,7	2,0	9,2	16,3	20,3	23,0	22,1	16,9	10,5	4,1	-0,9	9,8
В	-3,0	-1,8	2,6	10,2	16,3	20,4	22,3	21,8	16,9	10,2	4,5	0,1	10,0
Г	-2,3	-1,9	2,8	10,7	15,9	20,7	23,3	22,4	16,3	10,5	3,2	-1,0	10,1
Сумма осадков (мм слоя воды)													
А	25	21	23	30	40	67	47	37	28	36	27	29	410
Б	28	25	25	29	39	68	43	42	27	33	31	32	422
В	36	35	30	32	44	54	58	41	39	22	36	45	472
Г	21	20	24	33	42	45	35	40	39	28	33	31	391

\*А – 1858-1950 гг.; Б – 1891-1973 гг.; В – 1961-1991 гг.; Г – 1961-1991 гг.

1991-2000 гг. (норма Г, по предоставленным Николаевским ЦГМ неопубликованным данным). Исходя из этих материалов, можно говорить о слабой, но устойчивой тенденции к повышению за последние десятилетия средней годовой температуры воздуха и средней температуры в зимние месяцы. Однако ее внутригодовой ход претерпевает нерегулярные флюктуации с разным знаком в разные месяцы. Изменчивость средних месячных температур от года к году в последнем десятилетии XX века обострилась. Например, в ноябре 1993 г. средняя температура была самой низкой за весь период наблюдений (-3,7°), до этого самым холодным считался ноябрь 1902 г. (-1,7°). Самым теплый ноябрь десятилетия был в 1996 г. (+8,5°), т. е. амплитуда изменчивости (12,2°) за 10 лет практически сравнялась с вековым размахом среднемесячных ноябрьских температур, составляющим 12,5°.

Средний из абсолютных минимумов температуры воздуха, вычисленный по восьмидесятипятилетним наблюдениям, от «нормы» 1991-2000 гг. существенно не отличается: если в январе многолетняя норма (-17,3°) на 1,2° ниже (средняя за 10 лет – 16,1°), то в декабре, наоборот, в «период глобального потепления» средние абсолютные морозы (-14,9°) были сильнее, чем раньше (норма -13,8°); в феврале различий практически нет.

Данные наблюдений не позволяют усмотреть устойчивых тенденций к повышению либо снижению засушливости климата Николаева. Максимум осадков равен 695 мм (1955 г.), минимум 199 мм (1986 г.), а для последнего десятилетия – 633 мм (1997 г.) и 261 мм (1994 г.). Сумма осадков меньше 250 мм/год бывает один раз в 20 лет, летние месячные суммы меньше 10 мм – раз в 15 лет, 5-6 раз в столетие отмечается 30-60 дней полного бездождя. Осадки обильнее 10 мм/сутки выпадают в среднем 6-8 раз за сезон вегетации, более 5 мм – 11-12 раз. Дней, когда влажность воздуха падает ниже 30 %, в среднем за вегетационный период 40, в отдельные годы – до 60 %. Нередко она снижается до 15-20 %, минимально – до 12 %.

Период устойчиво отрицательных средних температур продолжается 89 дней (в разные годы от 40 до 120). Общее число дней с морозом в среднем 120, из них половина без оттепели. Этот показатель, как и другие характеристики зимы, неустойчив. Примерно в 50 % зим бывают понижения температуры воздуха до 21° мороза и в 10 % – до -27°, абсолютный минимум – -30°, т. е. такой же, как в Симферополе.

поле, и на 2° выше (теплее), чем в Херсоне. Но структуры статистического распределения вероятностей низких температур в этих пунктах различны, особенно в области ожидания минимумов от -21 до -24°, то есть критических значений для почек абрикоса и персика. Вегетационные оттепели случаются в 30-35 % зим, но в ряде случаев оттепели сменяются не морозами, а слабыми похолоданиями, что спасает растения от гибели. Повреждение генеративных органов косточковых после оттепели можно ожидать в 12-18 % зим.

После микроклиматических измерений на ключевых участках были даны рекомендации об оптимальном размещении садов и виноградников на всех 24 полях земельного массива в виде схемы размещения абрикосов, персиков, слив, яблонь и винограда с учетом устойчивости сортов к метеоусловиям.

Наблюдения проведены 16-19 мая 2001 г. при заморозках в условиях устойчивой антициклональной погоды (их вероятность в эти сроки составляет здесь менее 3 %). Различие суточного минимума на соседних полях достигало 3,5°, хотя на площади 1000 га общий перепад высот меньше 8 м. В литературе такие значения термического отклонения (означающие переход от сублетальной либо просто вредной для растений температуры к летальным параметрам) приводятся обычно как характерные для холмистого рельефа с перепадом высот 30-50 м. Самым теплым из шести «ключевых» полей (площадь каждого 20-50 га) оказалось не базовое поле Д (гипсометрические отметки 52,0-55,0 м), а более низко расположенное поле А (отметки от 47,0 до 48,5 м). Объяснить это можно тем, что в отличие от поля А, относящегося к слабовыраженному возвышению рельефа, поле Д является частью очень пологой общей покатости местности в сторону реки Ингул и находится на пути воздуха, стекающего с более отдаленной территории. Поля Б, В, Г и Е удалены от поля Д на 0,1-3,0 км, а по абсолютной высоте ниже базового на 1,0-3,0 м; при этом различия температуры составляют не менее 1,5 °С. Самое холодное из них поле Г находится в практически неразличимом глазомерно понижении, оконтуренном изогипсой 54,0 м, на уровне базового. Очень большое отличие температуры (-3,6 °С) связано с бессточным для воздуха положением поля Г и с некоторыми особенностями поверхности почвы.

Положителен температурный тренд станций Одесса, Херсон, Симферополь. Следует предположить, что в ближайшие годы, то есть в период закладки насаждений и вступления их в плодоношение, в степной зоне Украины надо готовиться к более частому, чем раньше, повторению сухих и очень сухих лет, чередующихся с аномально дождливыми годами (вероятность последних будет в общем меньше, чем до 1990 г.). Однако распространять этот прогноз за пределы ближайшего 15- или 20-летия невозможно. Для всего периода ротации плодового сада следует руководствоваться многолетними климатологическими данными о температуре, количестве осадков и других метеопараметрах.

На юге Украины основными климатическими факторами, ограничивающими возделывание плодовых культур, являются низкие температуры зимой, поздние весенние и ранние осенние заморозки, резкие колебания температуры в ранневесенний период, дефицит осадков летом. Эти показатели-индикаторы положены в основу оценки территории с учетом аномалий погоды в эпоху глобального потепления.

На описываемой местности сады и виноградники могут успешно развиваться за счет естественного увлажнения, в среднем, только до половины июня, средние и

поздние сорта косточковых плодовых и яблони нуждаются в поливе с начала лета до середины осени. С учетом сохранившейся в почве влаги зимних осадков норма орошения растений для сезона вегетации составляет около 2500-3000 м<sup>3</sup> на гектар и при введении капельного орошения с контролируемой влажностью почвы может быть снижена до 800-1000 м<sup>3</sup> на гектар.

Территория по климатическим ресурсам пригодна для размещения яблони, сливы и вишни на всех полях хозяйства без ограничений. Вся территория хозяйства относится к зоне укрывной или полуукрывной технологии возделывания винограда (здесь вероятность минимальных температур -23° составляет более 25 %). Сортимент винограда, яблони, сливы и вишни будет определяться не агроклиматологическими, а производственно-экономическими соображениями (технологическим удобством сроков созревания для сбора, переработки, сбыта урожая, для решения других управлеченческих задач).

Для персика пригодны «ключевые» поля А, Д и поля № 13, 17, 22, 23. Рекомендовано 10 сортов: Золотая Москва, Мирянин, Турист, Редхэйвен, Крымская Осень, Советский, Золотой Юбилей, Стартовый, Кандидатский, Демерджинский. Учитывая невысокую устойчивость абрикоса к низким температурам в период цветения, для него можно рекомендовать поля Б, В, № 18.

В заключение отметим, что само содержание обсуждаемой проблемы меняется в зависимости от того, решается она на местном (локальном) уровне или в масштабе целого региона, от того, на какой срок выполняется планирование мероприятий по развитию садоводческой отрасли (текущее или перспективное планирование). Особо стоит вопрос о целевом мониторинге климата в современную эпоху его потепления. Таким образом, регулирование садоводства должно предусматривать решение стратегических и тактических задач.

### **Литература**

1. Гулинова Н. В. Методы агроклиматической обработки наблюдений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 151 с.
2. Лебедев А. Н. Графики и карты для расчета климатических характеристик различной обеспеченности на Европейской территории СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1960. – 116 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПУКСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

**Е. А. Замятин, А. М. Семик**

ЮгНИРО

Одним из этапов реализации «Общегосударственной программы формирования экологической сети Украины на 2000-2015 гг.» стало создание 12 мая 1998 г. на территории Керченского полуострова Опукского природного заповедника (ОПЗ).

Территория, вошедшая в состав ОПЗ, уже с античных времен испытывала на себе влияние человеческой деятельности: распашка земель, выпас крупного и мелкого рогатого скота [2]. Но апогея антропогенный прессинг достиг во второй половине прошлого века. С 1952 по 1994 г. в районе г. Опук располагался военный полигон. После его закрытия, у основания горы разместились рыболовецкие бригады, а местным сельским советом были расширены пахотные земли на ее северном склоне. Увеличилась и рекреационная нагрузка. Создание заповедника привело к многочисленным конфликтам между местными жителями и администрацией заповедника [1, 7], выразившимся в нарушениях заповедного режима, и как итог – усилении антропогенной нагрузки на природные комплексы. Поэтому весьма актуальным является изучение современного экологического состояния природных комплексов ОПЗ.

### **Материал и методы**

Объектом исследований служили природные комплексы Опукского природного заповедника: степной и водный. Сбор материала проводили на постоянном учетном маршруте, охватывающем все кварталы ОПЗ: береговая полоса от Чебацкой балки до восточного подножья г. Опук, верхнее плато, восточный – южный – западный – северный склоны г. Опук, береговая полоса между Черным морем и Кояшским озером.

Изучение динамики эрозионных процессов и морских выбросов в ОПЗ проводили на временных полигонах. Сбор и обработку зоопланктонных проб осуществляли по стандартным методикам. В статье использованы материалы летописей природы ОПЗ за период с 1999 по 2009 г.

### **Результаты и обсуждение**

Опукский природный заповедник (ОПЗ) находится в Автономной Республике Крым на территории Марьевского и Заветненского сельского Советов и Ленинского района на площади 1592,3 га, в т. ч. 62 га акватории Черного моря с островами Скалы-Корабли. Общая протяженность границ составляет около 27 км: сухопутных – 15 км и морских – 12 км. Заповедник не имеет отделений, его территория разбита на 4 егерских обхода, объединяющих 22 квартала. Каждый квартал представляет собой компактное объединение земельных (либо аквальных) участков, ограниченное инженерными сооружениями или природными границами. В качестве межквартальных границ приняты существующие дороги, тропы, тальвеги, обрывы и другие естественные разграничительные линии.

Рельеф территории заповедника своеобразен: поверхность достаточно сильно расчленена, обнажения различных пород создают большое разнообразие экологомикроклиматических и эдафических ниш, играющих определённую роль в распространении природных видов растений и животных с различными экологическими требованиями.

**Флора** Опукского природного заповедника представлена 812 видами и обладает большой созологической ценностью. В ее составе выявлено 30 видов, имеющих охранный статус, еще 26 таксонов предлагаются к охране путем включения в планируемую к изданию Красную книгу Крыма. Таким образом, 12,3 % видового состава относятся к раритетному генофонду [5]. В Красный список Международного союза охраны природы (МСОП, 1998 г.) включено 5 видов (1,1 %) флоры Опукского природного заповедника, в Европейский красный список (1991 г.) – 10 видов (2,2 %). Под защитой международной конвенции «О международной торговле видами дикой фауны и флоры, которые находятся под угрозой исчезновения» (СИТЕС, 1973 г.), находятся 2 вида (0,4 %). Бернской «Конвенцией об охране дикой флоры и фауны, а также их природных мест обитания в Европе» (1979) охраняются 2 вида (0,4 %), в Красную книгу Украины (2009) включено 30 видов (6,6 %).

**Фауна** Опукского природного заповедника представлена 1158 видами, и так же как и флора, имеет большую созологическую ценность [7]. В ее составе выявлено 95 видов, внесенных в Красную книгу Украины (8,2 % от общего видового состава), 10 видов входят в Европейский красный список, 54 – в Бернскую конвенцию и 36 видов – в Бонскую.

ОПЗ славится минеральными солями и лечебными грязями Кояшского соленого озера. В прошлом из него добывались поваренная и глауберовая соль, хлористый магний, калийные соли, бром, лечебные илы. На территории заповедника ранее разрабатывались в небольших количествах залежи самородной серы, гипса.

Знаменита г. Опук и строительным материалом – белым ракушечником. В привершинной части юго-восточного склона горы в прошлом функционировали каменоломни, где пилили известняк.

Проведенные нами исследования современного состояния природных комплексов дали следующие результаты.

**Квартал № 1 и 2** – сухопутные территории с галофитными лугами на северном и западном побережье Кояшского озера. На данной территории расположена гора Приозерная высотой 45 м, которую окружает холмисто-грядовая равнина, обрамляющая Кояшское озеро. На плане гора имеет круглую форму диаметром 600 м. В ее строении участвуют известняки тортонского и меотического ярусов (Проект организации..., 1999). Это также вдавленная синклиналь, образованная вблизи древнего грязевого вулкана, действовавшего в меотический век. Склон горы срезан старым стабильным оползнем, другие склоны расчленены ложбинами и неглубокими балками. Здесь находятся ассоциации охраняемых видов ковылей волосатика и понтийского, а также тюльпана Шренка. Состояние экосистемы в настоящее время хорошее. Однако в непосредственной близости от этого природного комплекса располагаются пахотные земли, а вдоль границы кварталов к морю ведет грунтовая дорога, часто используемая местными жителями в летне-осенний период. В связи с чем возможно загрязнение территории заповедника нефтепродуктами и химическими веществами, применяемыми при обработке почвы (гербициды, пестициды, минеральные удобрения). Кроме того, весьма вероятно пирогенное воздействие

(после уборки урожая аграрии сжигают оставшуюся стерню). Пожар на этом и соседних участках наблюдали в начале августа 2000 г., в результате чего выгорела территория площадью около 150 га. Последний пожар – в сентябре 2010 г. (выгорело 1,5 га степной растительности).

**Квартал № 3 и 4.** Кояшское озеро (юго-западная и центральная часть). Площадь озера составляет 520,4 га. Озеро расположено западнее горы Опук, вытянуто с северо-запада на юго-восток на 4 км. Его глубина 0,1-0,6 м. От Черного моря отделено песчано-ракушечной пересыпью высотой до 2 м и шириной около 100 м. По происхождению – морской водоем. Последний раз озеро затапливалось около 2 тыс. лет назад. Это самосадочное озеро, к концу испарительного сезона в нем формируется слой соли мощностью до 3,5 см. Содержание солей в рапе озера достигает более 200 %. Поваренная соль, которая добывалась здесь раньше, считалась лучшей в Крыму.

В котловине озера сосредоточены ценные черные лечебные грязи. Вокруг озера располагается уникальная галофитная растительность. На перемычке, разделяющей озеро на две части, гнездятся малый и морской зуек, шилоклювка, кулик-сорока и другие виды [6].

В настоящее время озеро находится в отличном состоянии. Зимой 2005 г. егерской службой заповедника совместно с пограничным нарядом были пресечены попытки вылова из озера жаброного рачка артемии (*Artemia salina*) и личинок комаров звонцов (Chironomidae).

**Квартал № 5.** Песчано-ракушечная коса между Черным морем и Кояшским озером высотой 1-2 м и шириной до 100 м. Уникальный комплекс псаммофитной растительности. Здесь располагаются обширные гнездовые территории роющих ос (Sphecidae), среди них имеются виды, занесенные в Красную книгу Украины, аналогов которым нет не только в Крыму, но и в Украине. В результате охранных мероприятий состояние комплекса хорошее. Местами (в большей степени у западного подножья горы Опук) территория загрязнена морскими выбросами и частично нефтепродуктами.

Определение количественного и качественного состава морских выбросов показало, что на один гектар песчаных пляжей в среднем морем выбрасывается до 4,26 т различного мусора. Состав его довольно разнообразен, но основной компонент постоянен: полиэтиленовая и стеклянная тара, изделия из пластмассы, куски полиэтиленовой пленки, фрагменты пенопласта и подобных материалов, изделия из металла (пустые емкости из-под аэрозолей, строительной пены и др.), древесина. Соотношение различных фракций морских выбросов на песчаных и галечных пляжах заповедника неодинаково.

На песчаных пляжах большая часть морских выбросов по массе представлена древесиной (стволы деревьев, доски, фрагменты плавсредств и др.). Ее доля составляет 32 %. Затем следуют стеклянная тара (20 %), фрагменты пластмассы (15 %), и пластмассовая тара (14 %). Меньше всего присутствует металла (6 %).

Несколько иная картина на галечных пляжах заповедника. Как и на песчаных, на первом месте древесина (73 %), но ее количество в 2,3 раза превышает аналогичный показатель на песчаных косах. На втором месте – тара из полиэтилена – 23 %, по 2 % приходится на стеклянную тару и металл.

В отдельные годы в западной бухте сотрудники заповедника находили мертвых птиц (бакланов, поганок и других), перья которых были покрыты нефтепродукта-

ми. Наиболее массовый случай отмечен 31.03.04, когда во время обхода своего участка егерями ОПЗ были обнаружены на берегу 5 погибших гагар со следами нефти на оперенье.

**Кварталы № 6 и 7.** Степные участки на вогнутом и пологом склоне в пределах денудационной равнины. Участки луговой растительности с орнитокомплексом. Состояние хорошее. По границе кварталов проходит разбитая тяжелой техникой автомобильная дорога, отсыпанная щебнем. С северной стороны к этим участкам заповедника примыкают пахотные земли. Возможно пирогенное воздействие.

**Квартал № 8.** Аккумулятивная равнина с галофитными лугами на северном побережье Кояшского озера. Состояние отличное. Возможен пирогенный фактор в летний период во время сжигания стерни на сельскохозяйственных полях.

**Квартал № 9 и 10.** Степные участки на средне-кругом выполненном склоне г. Опук. Здесь произрастает популяция катрана коктебельского. Состояние отличное.

**Квартал № 11.** Степной участок на древнем оползневом выполненном склоне г. Опук северо-западной экспозиции. На склоне имеется обширная популяция болиголова пятнистого (*Conium maculatum*). По предварительным данным площадь, занимаемая этим сорняком, составляет приблизительно 40,7 га. В историческом прошлом именно в этом месте располагалась одна из четырех татарских деревень, жители которой на склонах горы занимались земледелием. После того как население покинуло эти места, начался процесс застания заброшенных участков пашен сорными растениями и в том числе болиголовом. В литературе имеются сведения о подобных процессах антропогенной трансформации растительности [2]. В последние годы в Крыму данные процессы усиливаются, что ведет к уменьшению общего биологического разнообразия. Поэтому мы считаем, что состояние данного участка удовлетворительное.

**Квартал № 12 и 13.** Участки петрофитной степи на структурно-денудационном бронированном плато г. Опук. Здесь располагается ботанический комплекс краснокнижных видов и эндемиков горы: катран митридатский, ясменник киммерийский, ятрышник раскрашенный. Эти кварталы разделяет каньон Розовых скворцов. На плато г. Опук в его северо-западной части располагаются четыре капонира – наследие от функционирования военного полигона до создания заповедника. За прошедший период с момента закрытия полигона застание капониров растительностью происходит очень медленно. В некоторой степени восстановилась растительность на валах, окружающих капониры, что же касается центральной их части, то здесь процесс происходит крайне медленно. Это свидетельствует о явно негативных факторах (химического или иного происхождения), которые и в настоящее время действуют на данную территорию.

**Квартал № 14 и 15.** Участки петрофитной степи на старом и молодом сейсмо-генном оползне южного склона г. Опук с популяцией краснокнижных видов: ятрышник точечный, ковыль красивейший, шалфей скабиозолистный, тюльпан Шренека. На прибрежных скалах гнездятся популяции хохлатого баклана и чайки хохотуньи (*Larus cachinnans*). Древесно-кустарниковая растительность на данной территории служит местом гнездования черноголовой овсянки, черного дрозда (*Turdus merula*), обыкновенного жулана (*Lanius collurio*) и чернолобого сорокопута (*L. minor*). Состояние комплексов отличное.

**Квартал № 16 и 17.** Участок петрофитной степи на старом сейсмогенном оползне восточного приаялинского и восточного приморского склона г. Опук. Здесь гнездятся черноголовая овсянка, черный дрозд. В литоральной зоне находятся популяция критума морского, картана морского, синеголовника приморского (*Eryngium maritimum*), морковницы прибрежной. Состояние комплекса отличное.

**Квартал 18.** Песчано-галечно-ракушечная коса между г. Опук и балкой Чебацкой. Коса начинается юго-западнее с. Яковенково и тянется до восточных подножий г. Опук. Для нее характерен аккумулятивный берег с широким (до 35 м) песчано-ракушечным пляжем и тенденцией перемещения наносов с востока за запад. За непрерывной полосой пляжа находится широкая голоценовая морская терраса, перекрытая песчаными валообразными дюнами, закрепленными растительностью. Дюны примыкают к выставленному отмершему клифу высотой 7-10 м, срезающему поверхность аккумулятивной равнины, сложенной верхнечетвертичными делювиально-пролювиальными суглинками. В этом природном комплексе уникально сочетаются прибрежная и степная растительность. Состояние комплекса удовлетворительное. Здесь по нашим наблюдениям интенсивно происходят эрозионные процессы. В районе Чебацкой балки за последние 8 лет образовался довольно мощный овраг длиной до 300 м, шириной 10, местами 20 м и глубиной от 1,5 до 3,5 м. На территории этого участка заповедника мы насчитали еще 4 оврага меньших размеров. Как правило, они образовывались в местах автомобильных грунтовых дорог, спускающихся к песчаным пляжам заповедника. Промеры одного из оврагов у аншлага показали, что его длина составила около 100 м, ширина 2,5-3 м и глубина от 0,5 до 2 м. Рядом уже была проложена новая дорога, ведущая вниз на береговую полосу.

Исследуя песчаный пляж квартала, мы обнаружили довольно плотный слой глинистой почвы, покрывающей его поверхность. Учитывая, что рядом с данной территорией находятся пахотные поля, появилось предположение, что грунт с пашни мог быть смыт во время выпадения обильных осадков.

Проанализировав основные климатические показатели за последние 8 лет, мы убедились в правильности наших предположений. В 2002 г. за 3 месяца (август-октябрь) выпало 75 % годовой нормы осадков (табл. 1).

Именно в этом году научными сотрудниками ОПЗ был отмечен факт начала эрозии берегового участка и образования серии оврагов на территории данного квартала (табл. 2).

В результате смыва с пахотных полей грунта во время ливневых дождей селевыми потоками покрылась значительная территория песчано-ракушечного пляжа. При этом площадь, покрытая грунтом с пахотных земель, составила около 9,1 га, (27,8 % от территории этого квартала). На данной территории произошла трансформация псаммофитной растительности. Если раньше ведущую роль в фитоценозе песчаного пляжа играли ассоциации синеголовника приморского, катрана морского, полыни кавказской, то сегодня доминирует популяция осота огородного (*Sonchus oleraceus*) и пырея ползучего (*Elytrigia repens*), проективное покрытие последних достигло 25-30 %. Здесь, в непосредственной близости от сельскохозяйственных полей, по нашему мнению наиболее опасный участок для пирогенного воздействия.

**Квартал № 19, 20 и 21.** Прибрежный аквальный комплекс вдоль южных границ заповедника. Акватория в прилегающей к берегу ОПЗ части имеет глубины до

**Таблица 1 – Основные климатические показатели в 2002 году**

Месяц	Среднесуточная температура воздуха, °C	Сумма осадков, мм	Число дней с осадками	
			снег	дождь
Январь	-1,3	6,5	5	6
Февраль	4,5	4,8	2	11
Март	5,8	42,9	-	17
Апрель	7,6	2,1	-	8
Май	15,5	-	-	2
Июнь	20,3	44,5	-	7
Июль	27,0	5,5	-	5
Август	22,5	132,1	-	16
Сентябрь	19,7	119,5	-	14
Октябрь	11,4	115,5	-	19
Ноябрь	8,8	12,8	-	6
Декабрь	-1,3	4,4	3	2

**Таблица 2 – Основные характеристики оврагов, образовавшихся на территории Опукского природного заповедника**

Место наблюдения	Дата наблюдения	Размеры русла, конуса, м				
		длина	глубина	ширина основания	ширина средней части	максимальная ширина
Чебакская балка (18 кв.)*	16.09.02	26	3	3	6	40
У восточного шлагбаума (18 кв.)*	27.11.02	30-40	1-1,5	4	4	4
В 2-х км от восточного подножья (18 кв.)*	27.11.02	100	0,6-1,6	3-4	9	16
Чебакская балка (18 кв.)**	25.05.08	300	1,5-3,5	15	10	20
У восточного шлагбаума (18 кв.)**	25.05.08	100	0,5-2	2,5	2,0	3,0
В 2-х км от восточного подножья (18 кв.)**	25.05.08	150	1,5	4-5	5	5

\* данные сотрудников Опукского природного заповедника;  
\*\* наши данные.

10-12 м. Вдоль песчаной косы у Кояшского озера и до Чебацкой балки (кв. 18) дно представлено плотным песком с вкраплениями крупной ракушки. Непосредственно у мыса Опук имеются подводные гряды, банки, скалы и камни, на которых произрастают разные виды макрофитов и обитают моллюски. К основным охраняемым

объектам здесь относятся раритетная ихтиофауна (*Salmo trutta labrax*, *Hippocampus guttulatus microstefhanus*, *Callionymus belenus*), ракообразные (*Carcinus aestuarii*, *Pilumnus hirtellus*, *Eriphia verrucosa*, *Xantho poresa*, *Pachygrapsus marmoratus*) и дельфины (*Tursiops truncates*, *Phocoena phocoena relicta*).

Во время обследования аквального комплекса нами непосредственно в прибрежной зоне визуально была обнаружена многочисленная популяция гребневика (*Mnemopsis leidyi*) – вселенца в Азово-Черноморский бассейн, завезенного с балластными водами из Северной Атлантики.

Были взяты пробы зоопланктона в береговой зоне 18 квартала, и результаты их обработки сравнены с данными сотрудников заповедника (табл. 3).

Несмотря на определенную положительную динамику в последние годы, биомасса зоопланктона, как и 10 лет назад, осталась на низком уровне. Аналогичный показатель биомассы зоопланктонного сообщества до вселения гребневика мнемописса в слое 0-25 м в этом районе составлял 500-1000 мг/м<sup>3</sup> [4], что на один, а то и два порядка превышал данные последних лет.

Подводя итог вышесказанному, мы можем сделать акцент на следующих положениях:

- Опукский природный заповедник отличается своеобразным горно-приморским ландшафтом, который на фоне низких холмистых равнин, морских песчаных пересыпей, соленых озер-лиманов и широкой морской глади образует неповторимый пейзаж этой части Керченского полуострова;
- к основным особенностям данной территории следует отнести сложное геологическое строение, проявление современных эндогенных и экзогенных процессов, оказывающих влияние на экосистемы и биоразнообразие;
- флористический и фаунистический состав ОПЗ богат и своеобразен.

Вместе с тем, Опукский природный заповедник находится на Керченском полуострове, где промышленное и рекреационное освоение такого перспективного региона в последнее время набирает силы, и остановить этот процесс нельзя.

**Таблица 3 – Динамика биомассы зоопланктонного сообщества на акватории ОПЗ**

Организмы	1999	2002	2007	2008	2009
	P (мг/м <sup>3</sup> )				
Ракообразные (Crustacea)	18,9	8,03	29,56	20,37	40,97
Личинки полихет (L. Polychaeta)	1,5	5,53	2,79	13,2	24,69
Личинки моллюсков (L. Mollusca)	0,5	3,36	4,32	40,0	6,94
Коловратки (Rotatoria)	-	0,78	0,03	-	1,69
Щетинкочелюстные (Chaetognatha)	4,8	-	24,25	-	-
Оболочники (Tunicata)	2,6	0,3	15,67	-	-
Жгутиконосцы (Mastigophora)	0,7	12,95	1,81	-	-
Итого:	29,1	30,95	78,43	73,57	74,29

В связи с вышеизложенным на территорию данного региона и в том числе на заповедные земли осуществляется определенный антропогенный прессинг, который выражается в загрязнении экосистем ОПЗ в следующих его видах:

- ингредиентном – загрязнение прибрежной зоны (кв. 5, 15, 17, 18) бытовым мусором и нефтепродуктами;
- стационально-деструкционном – эрозионные процессы и периодические пожары, возникающие на территориях, прилегающих к пахотным землям;
- биоценотическом – появление вселенца гребневика-мнемиописса в водах ОПЗ и изменение растительности песчано-ракушечникового пляжа (кв. 18);
- антропогенное загрязнение, приведшее к активизации процессов эрозии почвы степных и прибрежных комплексов заповедника, трансформации их растительности и зоопланктонного сообщества, и как следствие – уменьшению биологического разнообразия.

Таким образом, первоочередными задачами при решении проблемы антропогенной нагрузки на экосистемы ОПЗ должны быть:

- усиление охранных мероприятий природных комплексов;
- расширение границ заповедника и организация охранной зоны вокруг его территории со щадящим режимом ее использования в хозяйственных нуждах местным населением (сенокошение и выпас крупного и мелкого рогатого скота) и проведение противоэрэозионных мероприятий;
- активная эколого-просветительская деятельность среди населения региона через средства массовой информации и на экологической тропе в заповеднике.

Решение этих первоочередных задач позволит снизить антропогенную нагрузку на экосистемы ОПЗ, сохранить его уникальные степные и морские биотопы.

### **Литература**

1. Артов А., Боков В., Дулицкий А. и др. Состояние сохранения биоразнообразия в Крыму. 5 лет после Гурзуфа: 1997-2002 : аналитический доклад. – Симферополь, 2002. – 60 с.
2. Биологическое и ландшафтное разнообразие Крыма: проблемы и перспективы : Вопросы развития Крыма : научно-практический дискуссионно-аналитический сборник : вып. 11. – Симферополь: СОННАТ, 1999. – 179 с.
3. Голенко В. К. Основные этапы освоения горы Опук и ее окрестностей // Биоразнообразие природных заповедников Керченского полуострова : сб. науч. тр. Государственного Никитского Ботанического сада. – Ялта, 2006. – Т. 126. – С. 43-50.
4. Грэз В. Н. Основы биологической продуктивности Черного моря. – К.: Наукова Думка, 1979. – 392 с.
5. Корженевский В. В., Рыфф Л. Э. Анализ флоры высших сосудистых растений Опукского природного заповедника // Биоразнообразие природных заповедников Керченского полуострова : сб. науч. трудов Государственного Никитского Ботанического сада. – Ялта, 2006. – Т. 126. – С. 51-73.
6. Костин С. Ю., Бескаравайный М. М. Аннотированный список орнитофауны Опукского природного заповідника // Биоразнообразие природных заповедников Керченского полуострова : сб. науч. трудов Государственного Никитского Ботанического сада. – Ялта, 2006. – Т. 126. – С. 95-104.

7. Семик А. М., Семик Е. А. Редкие виды наземной фауны Опукского природного заповедника и их современное состояние // Заповедники Крыма. Биоразнообразие на приоритетных территориях: 5 лет после Гурзуфа : материалы II научной конференции. – Симферополь, 2002. – С. 232-236.
8. Съомик О. М. Опукському природному заповіднику – п'ять років. Заповідна справа в Україні // Рідна природа. – 2003. – № 4. – С. 49-50.

## РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**А. И. Степанова<sup>1</sup>, О. А. Петренко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Керченский экономико-гуманитарный институт ТНУ им. Вернадского

<sup>2</sup>ЮГНИРО

Ведущая функция береговой зоны Южного берега Крыма – рекреационная. Береговая зона ЮБК, привлекающая тысячи отдыхающих из стран СНГ и дальнего зарубежья, является одной из крупнейших курортных зон на территории Украины. Следовательно, в настоящее время развитие и рациональное использование ее рекреационного потенциала крайне актуально не только для оздоровления и отдыха населения Украины, но и для решения экономических проблем АРК и Украины в целом.

Значение рекреационного потенциала рассматриваемой зоны определяется ее уникальными природными ресурсами, интереснейшими достопримечательностями, развитой транспортной и санаторно-курортной инфраструктурой.

В Крымском НИИ физических методов лечения и медицинской климатотерапии им. И. М. Сеченова способом сравнительного анализа выявлено, что оздоровительный потенциал Крыма выше, чем у большинства зарубежных курортов. По комплексу климатических факторов курорты Южного берега Крыма наиболее близки к классическим морским курортам Ривьера и Лазурного берега. Но эти приморские зарубежные курорты развивались не как лечебные, а как рекреационные. По лечебной направленности и развитию санаторной сети курорты Южнобережья не имеют аналогов.

Южнобережная зона Крыма является всемирно известным курортом, в нее входят города Ялта, Алушта и поселки Гурзуф, Ливадия, Планерское, Судак, Кореиз, Мухалатка и Форос. Курорты Южного берега Крыма расположены на сравнительно небольшом расстоянии друг от друга, однако, несмотря на общие черты, имеют и свои характерные особенности, и даже в одной курортной местности микроклиматы порой различны. Это различие связано с рельефом местности, наличием или отсутствием лесопарковой зоны и более благоприятным наклоном территории к солнцу [7].

В целом по Украине выделяют два типа приморских курортных местностей. Первый тип представлен Южным берегом Крыма. Здесь сочетаются узкая (ширина 3-8 км и длина около 150 км) прибрежная полоса суши и горы средней (до 1545 м) высоты, которые тянутся с юго-запада на северо-восток и защищают побережье от северных и северо-западных ветров. Прибрежная полоса имеет сложный холмистый рельеф, пересеченный долинами небольших горных рек. Берег слабо изрезан небольшими бухтами. Для прибрежной полосы характерна растительность средиземноморского типа, в том числе в парках, садах, виноградниках, плантациях эфироносов. Горы круто обрываются в сторону моря, прикрывая прибрежную полосу с северо-запада. Склоны гор покрыты хвойными (сосна) и широколиственными (дуб, бук, граб) лесами. Верхняя часть гор представлена закарстованными известняковыми плато (яйлами). Растительность преимущественно степного типа. Встречаются участки лесных насаждений.

Температурный режим береговой зоны ЮБК характеризуется положительными среднемесячными температурами. Самым теплым месяцем является июль, со среднемесячной температурой воздуха 27,3 °C. Самым холодным – январь со средней температурой месяца 3,9 °C. Средняя годовая температура воздуха равна 12,9 °C. Среднее многолетнее аномальное отклонение температуры воздуха составляет 0,6 °C, что свидетельствует о постоянстве климата этого района. Крайние наблюденные температуры воздуха для рассматриваемого района: абсолютный минимум -15 °C, абсолютный максимум +39 °C.

Средняя продолжительность безморозного периода – 247 дней, наибольшая – 291 день, наименьшая – 197 дней. Длина летнего периода со среднесуточной температурой больше 15 °C – 151 день.

Основные виды климатической рекреационной деятельности на приморских курортах – это аэротерапия (дыхание морским воздухом, воздушные ванны), талас-сoterапия (морские купания), гелиотерапия (общие солнечные облучения и специальные их виды), кинезотерапия, а также их сочетания. Последняя включает в себя прогулки по берегу моря, спортивные игры на берегу, активное плавание, греблю и другие виды водного спорта. Несмотря на отмеченное многообразие и комплексность рекреации, можно выделить два основных ее вида, по-разному зависящих от климато-погодных условий. Рекреационные мероприятия первого вида можно назвать пассивными. К ним относятся солнечные и воздушные ванны в покое. Осуществляются они обычно в условиях пляжа. Второй вид – активная рекреация: прогулки, спортивные игры и т. д.

Развитие рекреационного ресурса береговой зоны ЮБК, как и других рекреационных районов Крыма [5, 6], в последние годы происходит на фоне наращивания темпов хозяйственной деятельности: транспортных, пассажирских перевозок. К сожалению, эти виды антропогенного воздействия на экосистему береговой зоны ЮБК часто противоречат сохранению ее рекреационного потенциала.

В связи с этим сохранение и развитие рекреационного потенциала данной зоны при нынешнем положении дел в транспортной отрасли Украины имеет тенденцию к существенному осложнению. Назревающий конфликт может быть разрешен только лишь при строгом и неукоснительном выполнении всех Законов, норм и правил, определяющих регламент транспортных перевозок и охрану окружающей природной среды, существующих не только в законодательной базе Украины, но и на международном уровне [7].

Для получения достоверной и объективной информации о возможности использования в дальнейшем пляжей и зон отдыха для рекреационных целей в воде и донных отложениях береговой зоны ЮБК определялся уровень загрязнения тяжелыми металлами, нефтепродуктами, хлорорганическими соединениями воды и донных отложений.

В 2008 г. специалисты ЮГНИРО осуществляли комплексный мониторинг состояния прибрежной зоны ЮБК. При этом в водной среде и донных отложениях района осуществлялся отбор проб и выполнялся анализ содержания тяжелых металлов, нефтепродуктов и донных отложений [4]. Критериями качества воды явились предельно допустимые концентрации (ПДК) для воды рыбохозяйственных водоемов [3], донных отложений – геохимический фон для осадков Азово-Черноморского бассейна [2] и Классификация ИнБЮМ [1].

В воде поверхностного горизонта исследуемой акватории концентрация ртути составила 0,04-0,18 мкг/л, придонного – 0,04-0,10 мкг/л при ПДК, равной 0,10 мкг/л. В поверхностной воде в самой южной точке исследуемой акватории содержание металла превышало ПДК в 1,8 раза, а в придонной воде в районе Гурзуфа было на уровне нормативной величины. Содержание ртути в донных отложениях изменялось в широком диапазоне – 0,03-0,24 мкг/г с. в., однако величину геохимического фона (0,40 мкг/г с. в.) не превышало.

Концентрация меди в водной среде исследуемой акватории составила 0,64-5,03 мкг/л и только в придонной воде в районе м. Иоанна была на уровне ПДК (5 мкг/л). В донных отложениях содержание меди варьировало от 3,89 до 14,8 мкг/г с. в., что ниже геохимического фона (40 мкг/г сухого вещества).

В воде поверхностного горизонта концентрация железа составила 37,1-126 мкг/л, придонного – 42,2-147 мкг/л при ПДК, равной 50 мкг/л. Наибольшее количество железа в поверхностной воде зафиксировано в районе м. Иоанна (2,5 ПДК), несколько ниже оно было в районе г. Ялта (2 ПДК), далее к югу и к северу снизилось до 1,6 ПДК. Максимальное содержание железа, равное 2,9 ПДК, отмечено в придонной воде у г. Ялта, к югу и северу оно снизилось до 1,2 ПДК. Минимальный уровень загрязнения и поверхностной, и придонной воды определен в районе г. Гурзуф – 47,9 и 42,2 мкг/л, соответственно. Несмотря на высокий уровень загрязнения водной среды железом, его содержание в донных отложениях (1573-32930 мкг/г с. в.) не превышало величины геохимического фона (36800 мкг/г с. в.), тем не менее наибольшее количество металла в донных отложениях совпадает с его максимумом в водной среде.

По содержанию свинца как в водной среде (0,13-0,69 мкг/л), так и в донных отложениях (3,56-8,72 мкг/г с. в.) превышений нормативных величин не отмечено.

Кадмий в водной среде определен в минимальных количествах, составляющих 0,01-0,12 мкг/л при ПДК, равной 10 мкг/л. В донных отложениях содержание кадмия также было достаточно низким – 0,01-0,05 мкг/г с. в. ( $\text{ГХФ} = 0,30$  мкг/г с. в.).

Концентрация цинка в водной среде изменялась в пределах 11,5-30,0 мкг/л, что ниже предельно допустимой величины (50 мкг/л). В донных отложениях в районе м. Иоанна содержание цинка незначительно (в 1,1 раза) превышало геохимический фон.

Средняя концентрация марганца в водной среде составила 2,75 мкг/л, донных отложениях – 268 мкг/г с. в., что значительно ниже нормативных величин.

В поверхностном слое воды концентрация хрома изменялась в пределах 0,40-1,01 мкг/л, придонном – 0,14-0,60 мкг/л. Следует отметить, что в воде рыбохозяйственных водоемов общий хром не регламентируется.

Содержание металла в донных отложениях было достаточно низким – 4,40-14,6 мкг/г с. в. при величине геохимического фона, равной 84 мкг/г с. в.

Анализ фракционного состава нефтепродуктов в водной среде показал, что они представлены главным образом нелетучими углеводородами (91 %). Их концентрация в поверхностном слое воды составила 0,014-0,204 мг/л, придонном – 0,020-0,059 мг/л при ПДК, равном 0,05 мг/л. В поверхностном слое воды концентрация суммарных нефтепродуктов составила 0,022-0,208 мг/л, придонном – 0,022-0,066 мг/л. Максимальное содержание нефтеуглеводородов, равное 4,1 ПДК, определено в поверхностной воде в районе г. Ялта, к м. Иоанна оно снизилось до 1 ПДК и далее до района п. Гурзуф и в районе Алупки уровень загрязнения поверхностно-

го горизонта также был низким. В воде придонного горизонта превышение нормативной величины в 1,2 раза зафиксировано только в районе г. Ялта-м. Иоанна.

Содержание суммарных нефтепродуктов в донных отложениях изменялось в широком диапазоне – 0,126-1,228 мг/г с. в., составляя в среднем 0,422 мг/г с. в. Следует отметить, что в целом уровень загрязнения донных отложений нефтепродуктами был достаточно низким, содержание нефтепродуктов, незначительно (в 1,2 раза) превышающее 1 мг/г с. в., определено на небольшом участке акватории между м. Иоанна и м. Монтодор

Из наиболее персистентных и опасных хлорорганических соединений – ДДТ и его метаболиты ДДД и ДДЭ,  $\alpha$ - и  $\gamma$ -изомеры гексахлорциклогексана (ГХЦГ) и полихлорированные бифенилы (ПХБ) указанных выше токсикантов в воде акватории береговой зоны ЮБК были обнаружены лишь ДДТ и его метаболиты. По осредненным данным сумма ДДТ и метаболитов составила величину, равную 21,5 нг/л, и в поверхностном, и в придонном горизонтах вод.

В грунтах исследуемой акватории, кроме соединений группы ДДТ, были также обнаружены полихлорированные бифенилы, но суммарное загрязнение ксенобиотиками первой группы было наибольшим.

Уровень общего загрязнения донных отложений всеми обнаруженными токсикантами в среднем составил 11,2 нг/г с. в.

## Выводы

Таким образом, в водной среде акватории береговой зоны ЮБК концентрации меди, свинца, кадмия, цинка и марганца не превышали предельно допустимых величин для воды рыбохозяйственных водоемов. Содержание ртути на отдельных станциях достигало 1,0-1,8 ПДК, а железа практически на всей исследуемой акватории – 1-2,9 ПДК. В наибольшей степени железом загрязнена акватория на участке г. Ялта-м. Иоанна. В донных отложениях содержание определяемых тяжелых металлов не превышало величину геохимического фона для осадков Азово-Черноморского бассейна, за исключением цинка, количества которого в районе м. Иоанна незначительно превысило естественный геохимический фон. Анализ содержания нефтепродуктов в донных отложениях дает основание отнести донные отложения исследуемой акватории согласно Классификации [2] к II уровню загрязнения, при котором изменений донных биоценозов не наблюдается. В воде акватории береговой зоны ЮБК содержание ДДТ и его метаболитов не превышало ПДК для группы этих веществ, равной 0,002 мг/л. Следует отметить, что в целом с химико-токсикологической точки зрения рекреационные показатели береговой зоны ЮБК по уровню остаточного загрязнения тяжелыми металлами, нефтепродуктами, хлорорганическими соединениями находятся в удовлетворительном состоянии и не представляют угрозы здоровью человека.

## Литература

1. Миронов О. Г., Миловидова Н. Ю., Кирюхина Л. Н. О предельно допустимых концентрациях нефтепродуктов в донных осадках прибрежной зоны Черного моря // Гидробиологический журнал. – 1986. – Т. 22, № 6. – С. 76-78.
2. Митропольский А. Ю., Безбород А. А., Овсяный Е. И. Геохимия Черного моря. – К.: Наукова Думка, 1982. – 142 с.

3. Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: Медикор, 1995. – 221 с.
4. Петренко О. А., Авдеева Т. М., Жугайло С. С. Возможности и перспективы природоохранной деятельности лаборатории охраны морских экосистем ЮГ-НИРО в Азово-Черноморском бассейне // Рыбное хозяйство. – 2007. – № 3/4 (50, 51). – С. 21-22.
5. Степанова А. И., Петренко О. А. Стратегия развития курортно-рекреационного хозяйства Керченского региона, міст та рекреаційних зон // Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. – 2008. – С. 241-245.
6. Степанова А. И., Петренко О. А. Рекреационный потенциал береговой зоны Керченского полуострова в современных условиях // Екологія міст та рекреаційних зон : наук.-прак. конф. : тези докл. та вист. – 2010. – С. 333-337.
7. Шейко Н. И., Маньшина Н. В. Лечение на Курортах Крыма : Крым. – М.: Вече, 2005. – 286 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕКРЕАЦИОННО-ТУРИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ВОСТОЧНОМ ОКОНЧАНИИ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

**О. Н. Турега, Ю. О. Ковалевская**

КЭГИ ТНУ им. Вернадского

Перспективы развития рекреационно-туристической индустрии на востоке Керченского полуострова и района города Керчи в частности довольно большие. В этом плане нельзя не отметить благоприятные климатические условия в течение 4 месяцев (июнь-сентябрь). В целом за год на территории Керченского полуострова радиационный баланс положительный. Годовая величина радиационного баланса составляет от 52 до 59 ккал/см<sup>2</sup>. Суммарная солнечная радиация достигает приблизительно 122 ккал/см<sup>2</sup>. Максимальное ее значение приходится на июль (214,8 ккал/см<sup>2</sup>), минимальное – на декабрь (18,6 ккал/см<sup>2</sup>). Температура самого теплого месяца (июля) 23,4 °C, самого холодного (января) – -1,3 °C. Теплое и относительно чистое море, песчаные пляжи, причем пески чистые карбонатные с примесью ракушечного детрита. Море нагревается на две недели раньше, чем на приглубых побережьях ЮБК.

Для оздоровления населения достаточно озер с лечебными грязями и минеральными водами (Чокрак, Узунлар и другие). В этом смысле явно недоразвита инфраструктура из санаториев, домов отдыха, турбаз и прочее, что вполне возможно наверстать, имея желание и получив инвестиции. Вместе с тем полуостров, особенно на востоке, чрезвычайно привлекателен своими геологическими, ландшафтными, историческими и культурными памятниками.

### Ландшафтно-экологические достопримечательности

Первое, что бросается в глаза приезжему человеку, доехавшему до пролива, – это удлиненные корытообразные понижения шириной 3-5 км, открывающиеся в сторону Керченского пролива и окаймляющие их резкие гребни высотой до 100 м. Такие специфические ландшафты в виде удлиненных брахисинклиналей (мульд) практически не встречаются.

Между упомянутыми мульдами наблюдаются естественные понижения в рельефе на участках положительных структур, образующих с поверхности отрицательные формы – так называемый инверсионный рельеф.

### Заповедные территории

*Опукский природный заповедник.* Схема флористического районирования относит Опукский заповедник к Керченскому флористическому району Средиземноморской области. Растительность заповедника представлена главным образом настоящими и петрофитными степями, томиллярами, саванноидами, а также кальце-петро-фитоном и галофильно-литоральными комплексами. Окрестности Опуха с давних времен подвергались воздействию человека. Более двух тысяч лет назад здесь существовали город Киммерик и другие поселения. Впоследствии равнинные и пологие участки использовались под сельскохозяйственные угодья различного назначения. На склонах горы осуществлялась добыча полезных ископаемых. Длитель-

ное антропогенное воздействие не могло не отразиться на состоянии отдельных биот. Однако в связи с расположением на данной территории закрытого военного объекта последние несколько десятилетий она была практически выведена из хозяйственного использования, что способствовало сохранению и восстановлению многих типов ландшафтов и растительности в частности. Поэтому в настоящее время этот уникальный природный объект характеризуется высоким уровнем биологического разнообразия и сохранности природных комплексов. Во флоре Опукского природного заповедника по последним данным насчитывается 452 вида из 244 родов 62 семейств высших сосудистых растений. Систематический спектр близок к региональному и позволяет характеризовать флору Опукского природного заповедника как флору средиземноморского типа. В состав ведущих входят 12 семейств, включающих более 10 видов. В трещинах и рвах на склонах г. Опук встречаются уникальные для степной зоны кустарниковые сообщества из каркаса, шиповника, боярышника, терна, бузины. В них попадаются одичавшие инжир, виноград и хмель, сохранившиеся, вероятно, с древности. Флора Опукского природного заповедника имеет большую созологическую ценность. В ее составе выявлено 26 видов, имеющих охранный статус, еще 12 таксонов предлагаются к охране путем включения в планируемую к изданию Красную книгу Крыма.

Анализ ареологического спектра подтверждает средиземноморский характер флоры при заметном участии видов с ареалом евроазиатского степного типа. По уровню эндемизма Опук приближается к горным регионам. На территории заповедника произрастает 27 эндемичных для Крыма таксонов.

Фауна Опукского природного заповедника имеет своеобразный видовой состав, что обусловлено полуостровным положением Керченского региона и Крыма в целом, а также активной деятельности человека (распашка земель, пожары, прокладка дорог, функционирование военных полигонов и т. п.). Она относится к степному типу и обнаруживает определенное сходство по видовому составу с фауной южной материковой части Украины. На территории заповедника можно выделить несколько основных типов биотопов, в пределах которых формируются эколого-фаунистические комплексы: степные, кустарниковые, околоводные, скальные. Фауна Опукского природного заповедника также как и флора имеет большую созологическую ценность. В ее составе выявлены 74 вида, внесенных в Красную книгу Украины (7,7 % от общего видового состава), 9 видов входят в Европейский красный список, 71 – в Бернскую конвенцию и 31 вид – Боннскую.

*Караларская степь.* На территории Караларской степи с 1988 г. функционирует государственный ландшафтный заказник местного значения «Караларский», который в 1989 г. был передан под охранное обязательство Багеровскому гарнизону, а после расформирования гарнизона двум поселковым советам: Багеровскому – 5059 га и Белинскому – 841 га. В настоящее время уровень природоохранной деятельности в районе расположения заказника «Караларский» не соответствует современным требованиям, и при сохранившихся темпах антропогенной нагрузки уникальные природные комплексы будут разрушены.

Северная часть Керченского полуострова, куда входит заказник, характеризуется уникальным сочетанием флоры и фауны и является самым крупным и наиболее сохранившимся ковыльным массивом в Украине. Практически это единственное в Украине и одно из немногих в Европе место, где одновременно обитают редкие степные виды, которые во многих местах исчезли.

Территория IBA 77 «Багерово» площадью 20 510 га выделена в качестве важного для сохранения видового разнообразия птиц по международным критериям. Она получила регистрационный номер в национальном списке IBA-территорий, который хранится в базе данных Международной Ассоциации Охраны Птиц (BirdLife International) в городе Анхем (Нидерланды). Уникально и то, что наряду с фауной, прекрасно сохранилась и степная флора. Есть вероятность, что создание и соблюдение заповедного режима на территории Карапарской степи, а также осуществление научного мониторинга будут способствовать реальному сохранению растительного и животного мира Крыма. Таким образом, уникальные природные экосистемы Карапарской степи можно рассматривать как исключительно ценную в научном, природоохранном и социально-культурном отношении территорию, требующую охраны.

#### Геологические достопримечательности

В большинстве мульд и сводовой части размытых анклинальных структур наблюдаются сопки и конусы, связанные с грязевулканической деятельностью. Наиболее показательные находятся между Кировским и Орджоникидзевским районами в административном отношении, или Керченской и Камыш-Бурунской мульдами – в геологическом. Здесь вблизи улицы Ворошилова наблюдаются 3 редко встречающиеся *грязевулканические постройки*, обладающие большой привлекательностью. Высота конусов не превышает 3 м, расстояние между ними около 5 м. Грязевулканическая брекчия размыта, состоит из однородных шоколадных плотных глин с дресвой и щебнистыми обломками известняка и сидерита. Основание сопок находится на сарматских и меотических глинах. Рядом с сопками в 50 м к западу расположено неглубокое озеро в русле Джарджавской долины, сформировавшееся, по мнению ученых, в частности академика Шнюкова, в провальной кальдере таких сопок. Длительное время сопки спокойны, но 1-2 раза в году активизируются. Тогда из центрального жерла и грифонов изливается грязь, в большинстве случаев со следами битума, то есть подчеркивается нефтегазоносность района. Еще один грязевулканический центр – вблизи села Бондаренково. В почти равнинной местности лежит неглубокая пустынная котловина поперечником около 400 м. Повсюду голая буровато-серая земля с разбросанными холмиками конической формы. В центре котловины матово поблескивает круглое озеро, заполненное грязью. Это и есть Булганакское поле с самой большой в Крыму группой из 7 грязевых вулканов. Внешний вид грязевых вулканов довольно разнообразен. У некоторых широкий кратер (до 15-20 м), до краев заполненный густой грязью. Внешние склоны пологие, и издали такой вулкан похож на озерко, слабо приподнятое над окружающей местностью. Время от времени грязь вздувается, и появляющиеся пузыри газа с шумом лопаются. Состав газа сложный, в нем содержатся метан, азот и углекислый газ. Уровень грязи в кратере меняется. Иногда он настолько повышается, что густая масса переливается через края и растекается несколькими широкими потоками. Свежая сопочная грязь содержит важные для оздоровления человека йод, буру и соду. Не удивительно, что воздух около сопок, особенно в летнее время, насыщенарами йода и является целебным.

Именно в мульдах находится геологический киммерийский стратотип – *киммерийские железные руды*. Долгое время они разрабатывались по причине доступности с поверхности, близости доставки и развития инфраструктуры добычи, не-

взирая на низкую концентрацию. В бывших карьерах сегодня можно найти местные минеральные друзы из керченита. Выходы железных руд хорошо просматриваются в береговом уступе и подстилаются меотическими ракушечными известняками. Мощность пачки железных руд достигает 8 м.

С геологической точки зрения интерес холмогорья представляют и 4 *террасовых стратотипа кайнозоя*. Первый находится в северном борту озера Тобечик и представляет собой древнеэвксинскую террасу. Второй – общеизвестная карангатская морская терраса на берегу Керченского пролива между пгт. Героевка и озером Тобечик (ближе к последнему). Третий – на восточном побережье озера Узунлар, представленный одноименной фауной. И четвертый – уже в окрестностях города Керчи между бывшей аглофабрикой и ТЭЦ – нимфейская терраса.

Особый интерес представляет комплекс *Скалы-корабли*, находящиеся напротив мыса Опук. Это останцовные скалы выходов из морской среды островерхих островков, сложенных керченским ноздреватым известняком или детритовым ракушечником. Необходимо обладать необыкновенной крепостью в условиях морской абразии, чтобы до сих пор сохраниться в морской среде.

#### Военно-исторические достопримечательности

К ним относятся *фортификационные сооружения* вблизи мыса Опук. Оборонительные сооружения цитадели – это система мощных оборонительных стен, призывающих к плато и следующих вдоль водораздела. На перешейке между Кояшским и Узунларским озерами находится земляной оборонительный вал, воздвигнутый предположительно в IV в. до н. э. По всей видимости, он относится к системе знаменитого Киммерийского вала в один из этапов его существования. Длина вала более 2 км.

*Крепость Керчь* представляет собой ландшафтный памятник города, удачно приспособленный к местности, с естественным озеленением и элементами военной архитектуры XIX века, памятник природы с присутствием эндемиков. Крепость Керчь находится в 4-х км на юг от г. Керчь на мысах Белый (Ак-Бурун) и Павловский, а также на прилегающих к ним высотах и занимает площадь в 250 га. Мыс Ак-Бурун глубоко впадает в Керченский пролив, отделяя Керченскую и Камыш-Бурунскую бухты. Восточная оконечность мыса раздваивается Павловской бухтой, обраzuя к северу от нее собственно мыс Ак-Бурун, а к югу – мыс Павловский. Сюда со стороны Таманского полуострова подходит коса Тузла, с 1925 г., со времени образования Тузлинской промоины, имеющая вид острова. Очень высокие берега мыса понижаются только в районе Павловской бухты. Сравнительно небольшая его территория имеет изрезанный рельеф, плодородную почву и несколько источников воды. Такие условия, несомненно, являлись благоприятными для заселения этой местности в древности и использования ее в дальнейшее время. В настоящее время крепость Керчь представляет значительный по территории ландшафтный участок города общей площадью 400 га с элементами военной архитектуры XIX в. (более 200 строений), имеющими высокую историко-культурную ценность. Изучению так же подлежат общая планировка крепости, ее крепостной ров, окружающий крепость с суши, с хорошо сохранившейся каменной кладкой, капониры, казематированные казармы, погреба для хранения боеприпасов, тоннельные ворота, потерны, контрминные галереи, технические помещения.

В северо-восточной части Керчи у самого берега моря расположена турецкая крепость *Ени-Кале* («Новая крепость»). Она была построена в 1703 г., когда после южных походов Петра I Турция ощутила «русскую опасность». Бывшая турецкая крепость находится в поселке Сипягино по дороге из Керчи на паромную переправу и расположена напротив самой узкой части Керченского пролива, ширина которого в этом месте не превышает 4 км. С ее высоких стен, взбегающих по крутым склонам берегового откоса, в хорошую погоду видны прилегающие к проливу акватории Азовского и Черного морей, и берега Кавказа, в связи с чем крепость занимает очень выгодное стратегическое положение.

*Аджимушкайские каменоломни* расположены в одноименном поселке в восточной части полуострова,. Это место открытых подземных разработок камня-ракушечника для строительных целей. Первый поселок камнерезов появился здесь в 30-х гг. XIX века. Само название «Аджимушкай» переводится как «седой, старый камень». По некоторым историческим данным разработка камня велась здесь еще с античных времен. В результате длительной разработки камня к 40-м гг. XX века в районе поселка Аджимушкай сложился сложный лабиринт подземелий, состоящий из Больших и Малых каменоломен, связанных между собой. Их общая площадь составляет примерно 160-170 га.

*Эльтигенский мемориал десантникам 1943 г.* – это гигантский парус, экспозиции музея, открытая площадка с образцами вооружения, подземная операционная, госпиталь. Сегодня к нему приобщен удачно сочетающийся с музеем пляж. Мемориал находится в поселке Героевское к югу от Керчи.

#### Археологические достопримечательности

Сюда относятся городища, сельские усадьбы, поселения, стоянки, могильники, гидroteхнические и другие сооружения. Большинство из них расположено на юге полуострова и вблизи города Керчи.

На западном склоне горы Опук находится *городище Киммерик*, возникшее в V в. до н. э. На плато Опуха располагалась цитадель, построенная во II в. н. э. на культурных напластованиях античного времени. Она прекратила свое существование в VII-VIII вв. н. э.

*Сельские поселения, усадьбы.* На территории заповедника обнаружены сельские поселения античного, позднеантичного, раннесредневекового времени и татарские деревни: Опук, Чокур-Кояш, Чебак.

*Стоянки.* К этому типу археологических памятников относятся Кизил-Кобинская стоянка у подножия горы Приозерная на берегу Кояшского озера, частично уничтоженная абразией, и культурные слои эпохи бронзы на одном из холмов в юго-восточной части Опуха.

*Могильники.* В эту группу входят каменные ящики, курганы, склепы, грунтовые могилы и мусульманские кладбища позднего времени.

*Гидroteхнические и иные инженерные сооружения.* К этим объектам отнесены колодцы, плотины, дороги, искусственные террасы и другие сооружения. Комплекс древних колодцев находится на приморском склоне горы Опук. Часть из них функционирует до настоящего времени. У некоторых колодцев находятся поилки для скота, выдолбленные в известняке. Вероятно, колодцы построены в античное время, а в дальнейшем подвергались переделке. Пока обнаружено 12 колодцев. В известняках юго-восточного края горы Опук вырублены винодавильни (тарпаны), возможно использовавшиеся для сбора влаги из атмосферных осадков. На Опухе обнаружена печь для обжига IV-VII вв. н. э. Древние дороги прослеживаются в

разных местах приморского склона горы Опук; их отдельные отрезки вырублены в известняках и хорошо сохранились до нашего времени. На северо-восточном склоне, неподалеку от плато, находятся штольни, в которых, вероятно, в прошлом веке и ранее выпиливали известняковые блоки для строительства.

### Историко-культурные ценности

*Юз-Оба* – это 100 курганных могильников. Могильники возвышаются на гребне с северного борта Камыш-Бурунской мульды в виде отдельных холмов, частично разрушенных и разграбленных. Требуется исследование о целостности некоторых могильников. Под могильниками, поскольку гребни представлены известковыми выходами, заложены штольни, где велась разработка пильного камня.

*Митридат* – гора, размещенная на втором гребне у южного борта Керченской мульды. Высота 91 м над уровнем моря. Здесь расположен обелиск Славы, Вечный огонь и большая смотровая площадка, с которой виден почти весь город.

*Пантикопей* расположен у подножья вышеупомянутой горы, где ведутся раскопки. Это столица Боспорского царства (VI-IV в. до н. э.), у самого подножья находятся колонны Пританея (общественный дворец, III в. до н. э.).

*Нимфей* – раскопки античного города на одноименной террасе. В перспективе планируется музейный комплекс.

*Большая Митридатская лестница* расположена с северного склона митридатской горы, имеет 432 ступени, обзорные площадки и орлиновоголовых грифонов.

*Мелек-Чесменский курган* (IV в. до н. э.). В виде небольшой сопки расположен в центре территории автовокзала. В настоящее время здесь находится Лапидарий.

*Мирмекий* – античный город. Расположен в Ленинском районе ул. Казакова вблизи пляжа. Отсюда открывается прекрасный вид на Керченскую бухту, квартет каменных глыб и островов в проливе. Последние состоят из меотических известковых рифовых останков.

*Царский курган* (IV в. до н. э.) расположен в районе Аджимушкайских камено-ломен. Здесь также размещен Лапидарий.

### Культурные достопримечательности

*Этнографический музей* по ул. Бувина. Здесь сосредоточена выставка крымско-татарского быта.

*Историко-археологический музей* основан в 1826 г., здесь была собрана коллекция скифского золота, отправленная впоследствии в Эрмитаж.

*Музей богини плодородия Деметры* – технологическая модель склепа Деметры. Это античный двор-театр у основания Большой Митридатской лестницы.

*Картичная галерея* по ул. Театральной в районе центральной площади. Выставка «Шедевры античного искусства».

*Экспозиция морской флоры и фауны* (ул. Свердлова) в ЮГНИРО. Здесь собран удивительный мир рыб, растений, кораллов, моллюсков и пр.

*Церковь Иоанна Предтечи* – памятник архитектуры X в. н. э. Ныне действующий православный собор.

Из выше описанного следует, что степень интереса к восточному сектору Керченского полуострова чрезвычайно большая. Если к этому добавить функционирующие санатории, пансионаты, дома отдыха предприятий, детские лагеря, городские пляжи, то становится очевидно, что и рекреационная индустрия здесь имеет все основания для развития.

## ЗАДАЧИ СЛУЖБЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАТАСТРОФ

О. В. Свиридова

ЮгНИРО

Существующий в настоящее время уровень природно-техногенной безопасности Украины в значительной степени обуславливается чрезмерными техногенными нагрузками на природную среду. Если принять во внимание уникальное местоположение Крыма, а также Керчи, находящейся на соединении двух морей – Азовского и Черного, усиленную эксплуатацию природных ресурсов, возросшее количество проходящих через Керченский пролив судов, то мы должны постоянно учитывать возможность возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного (55 %) и природного(45 %) характеров в нашем регионе.

Проблема будущего всегда волновала человечество, а сегодня она более чем актуальна. В ходе своей хозяйственной деятельности человечество изменяет мир и среду своего обитания. Сегодня эта проблема принимает глобальный характер. Возникло понятие – экология – наука о сохранении целостности естественной природной среды перед лицом угрозы со стороны современной индустрии и технологий. Требуется взаимопонимание и взаимоуважение всех служб предприятий, которые заняты в хозяйственном производстве [6].

Закон Украины № 1264-XII от 25 июня 1991 г. «Об охране окружающей природной среды» определяет экологическую политику, направленную на сохранение безопасной для существования живой и неживой природы окружающей среды, защиты жизни и здоровья населения от отрицательного воздействия, обусловленного загрязнениями окружающей природной среды, достижения гармоничного взаимодействия общества и природы, охрану, рациональное использование и воспроизведение природных ресурсов [2].

Катастрофа – происшествие, возникшее в результате природной или техногенной чрезвычайной ситуации, повлекшее за собой гибель людей или какие-либо трагические последствия. Чрезвычайная ситуация – это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей, причиненное аварией, катастрофой, стихийным бедствием или другим опасным действием, которое привело или может привести к гибели людей или значительным материальным потерям. Под нормой следует понимать такое прохождение процессов или явлений, до которого население или промышленность в своей длительной жизнедеятельности приспособилась путем длительных исследований или специальных научно-технических разработок [1]. Даные о чрезвычайных ситуациях в Украине стали регистрироваться с 1992 г. Отсутствие до этого классификатора чрезвычайных ситуаций не давало возможности надлежащим образом определять и анализировать статистику аварий, катастроф, стихийных бедствий. Указом Президента Украины № 105-96 от 28 октября 1996 г. создано Министерство Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций и по делам защиты населения от последствий Чернобыльской катастрофы. В середине девяностых годов было создано министерство по чрезвычайным ситуациям, начались работы по систематизации информации о чрезвычайных ситуациях.

Что касается классификации чрезвычайных ситуаций, то это – система, согласно которой все ситуации делятся на классы и подклассы в зависимости от характера их возникновения. По масштабам возможных последствий чрезвычайные ситуации классифицируются по уровням: государственному, региональному, местному (городской), объектовому (предприятие).

По характеру возникновения чрезвычайные ситуации делятся на техногенные, природные (экологические), социально-политические, военные [1].

Экологическая катастрофа – загрязнение окружающей среды – это процесс отрицательного видоизменения окружающей среды – воздуха, воды, почвы путем интоксикации веществами, которые угрожают жизни живых организмов.

Существуют различные виды загрязнений: биологические, микробиологические, механические, химические, физические (тепловое, световое, шумовое, электромагнитное, радиоактивное), визуальные. Последствия экологических катастроф выражаются сменой состояния суши, гидросферы, сменой состояния и свойств атмосферы, биосферы [1].

Гражданская защита представляет собой единую систему организационных, инженерно-технических, санитарно-гигиенических, противоэпидемических и других мероприятий, которые осуществляются центральными и местными органами исполнительной власти, органами самоуправления, подчиненными им силами и средствами на предприятиях, в учреждениях независимо от форм собственности. Это система технических, медико-биологических, финансово-экономических мероприятий, направленных на защиту материальных и культурных ценностей, окружающей среды путем проведения оценки уровня риска на основании мониторинга, экспертиз, исследования и прогнозов относительно возможного течения событий с целью недопущения возникновения чрезвычайной ситуации или смягчения ее последствий.

Законом Украины № 1859-IV от 24 июля 2004 г. «О правовых основах гражданской защиты» определены задачи служб гражданской защиты:

- оповещение и информирование населения;
- наблюдение и лабораторный контроль;
- укрытие в защитных сооружениях;
- осуществление мероприятий по эвакуации населения;
- инженерная защита территории;
- медицинская защита и обеспечение эпидемического благополучия в районах чрезвычайных ситуаций;
- психологическая защита;
- биологическая защита;
- экологическая защита;
- радиационная и химическая защита;
- защита населения от неблагоприятных бытовых или нестандартных ситуаций.

В этом же законе определена структура Единой системы гражданской защиты, которую составляют центральные и местные органы исполнительной власти, органы местного самоуправления и создаваемые ими функциональные и территориальные подсистемы единой системы гражданской защиты.

За последние годы в Украине создана законодательная база, позволяющая государству, объектам хозяйственной деятельности в полной мере осуществлять за-

щиту населения, территории от аварий, катастроф техногенного, экологического, природного характера, а в случае возникновения чрезвычайной ситуации – от опасных последствий.

Законом Украины № 1908-111 от 13 июля 2000 года «О зоне чрезвычайной экологической ситуации» определены основные принципы, регулирующие правовой режим, это:

- приоритет защиты здоровья человека;
- соблюдение конституционных прав и свобод человека и гражданина;
- комплексность мероприятий, направленных на нормализацию экологической обстановки;
- обеспечение населения достоверной информацией;
- ответственность лиц, повинных в чрезвычайной экологической ситуации [3].

Постановлением Кабинета Министров Украины № 1198 от 03 августа 1998 г. принято «Положение об Единой государственной системе предупреждения и реагирования на ЧС техногенного и природного характера в Украине». Согласно требованиям этого Постановления решениями исполнительных органов власти при исполнении созданы комиссии по вопросам техногенно-экологической безопасности.

Примером экологической катастрофы можно считать аварии судов в Азово-Черноморском бассейне в ноябре 2007 г. В результате продолжительного шторма было потоплено 4 судна, погибло 8 человек, спасено 43 человека, было выброшено в море 1,2 т нефтепродуктов, а на побережье Керченского полуострова – смесь мазута, водорослей, травы, ракушек. Мазут осел на дно моря и при сильном шторме, зафиксированном 15 апреля 2008 г., был повторно выброшен на Керченское побережье и остров Тузла. Потребовались значительные экономические, материальные, трудовые затраты, чтобы очистить море и побережье. Спустя 2,5 года лаборатория охраны морских экосистем ЮГНИРО сделала заключение, что пляжи Керченского побережья открыты для купания и отдыха.

Задачи служб гражданской защиты заключаются в реализации государственной политики, направленной на обеспечение безопасности и защиты населения и территорий, материальных и культурных ценностей и окружающей среды от негативных последствий чрезвычайных ситуаций в мирное время и особый период. С целью эффективной реализации заданий гражданской защиты центральные и местные органы исполнительной власти, органы местного самоуправления, подчиненные им силы и средства, предприятия, учреждения и организации независимо от формы собственности, добровольные спасательные формирования осуществляют оповещение и информирование, наблюдение и лабораторный контроль, укрытие в защитных сооружениях, эвакуацию, инженерную, медицинскую, психологическую, биологическую, экологическую, радиационную и химическую защиту [4]. Исходя из этого, следует вывод, что, планомерно выполняя свои задачи на всех уровнях, служба гражданской защиты предотвращает возникновение критических экологических ситуаций и катастроф или минимизирует их последствия.

## **Литература**

1. Довідник з цивільної оборони. – К.: ЗАТ «Укртехногрупа», 2001. – 288 с.
2. Закон України № 1264-XII от 25.06.1991 г. «Об охране окружающей природной среды».

3. Закон Украины № 1908-III от 13.07.2000 г. «О зоне чрезвычайной экологической ситуации».
4. Закон Украины № 1859-IV от 24.07.2004 г. «О правовых основах гражданской защиты».
5. Мельник А. Ю., Чернышев А. С. Разработка компенсации информационного обеспечения системы экологической безопасности // Материалы IV Международной научно-практической конференции, г. Севастополь, 2004. – С. 143.
6. Моисеева Н. А., Сороковикова В. И. Философия : Краткий курс. – СПб., 2008. – С. 271.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Куманцов М. И., Сапожников В. В.</b> Изменения экосистемы Черного моря и перспективы дальнейших исследований .....	3
<b>Боровская Р. В., Клапань С. Н., Лексикова Л. А., Аджиумеров С. Н.</b> Исследование изменчивости черноморского апвеллинга в период 2005-2009 гг. ....	6
<b>Попов Ю. И., Матыгин А. С., Ерофеев Г. А.</b> Пространственные корреляционные функции полей температуры и солености в летний период северо-западной части Черного моря .....	15
<b>Себах Л. К., Жугайло С. С., Шепелева С. М., Заремба Н. Б., Иванюта А. П.</b> Биогенные элементы в экосистеме Керченского пролива .....	20
<b>Петренко О. А., Жугайло С. С., Авдеева Т. М., Себах Л. К., Шепелева С. М., Иванюта А. П.</b> Результаты мониторинговых исследований водной среды Азовского моря .....	27
<b>Коломейченко Г. Ю., Семенова О. А., Касилов Ю. И., Каштаков В. Д.</b> Влияние антропогенного фактора на экосистемы Азово-Черноморского бассейна .....	33
<b>Золотницкий А. П., Полупанов В. Н., Сытник Н. А.</b> Математическая модель роста плоской устрицы ( <i>Ostrea edulis</i> L.) Черного моря .....	35
<b>Мельникова Е. Б.</b> Особенности определения возраста черноморского шпрота по отолитам .....	43
<b>Крючков В. Г., Елецкий Б. Д.</b> Рифы и биомелиорация морской шельфовой зоны .....	49
<b>Костур Е. А., Антюфеев В. В.</b> Особенности и тенденции многолетней динамики количества атмосферных осадков на юге Крыма .....	55
<b>Антюфеев В. В.</b> Изменчивость и точность термических характеристик в Степном отделении Никитского ботанического сада .....	62
<b>Антюфеев В. В., Рябов В. А.</b> Из опыта агроклиматического обоснования проектов промышленных плодовых насаждений на юге Украины в эпоху глобального потепления .....	68
<b>Замятина Е. А., Семик А. М.</b> Экологические проблемы Опукского природного заповедника .....	72
<b>Степанова А. И., Петренко О. А.</b> Рекреационный потенциал береговой зоны Южного берега Крыма в современных условиях .....	81
<b>Турега О. Н., Ковалевская Ю. О.</b> Перспективы развития рекреационно-туристического комплекса на восточном окончании Керченского полуострова .....	86
<b>Свиридова О. В.</b> Задачи службы Гражданской защиты по предупреждению экологических катастроф .....	92

## CONTENTS

<b>Куманцов М. И., Сапожников В. В.</b> Изменения экосистемы Черного моря и перспективы дальнейших исследований .....	3
<b>Боровская Р. В., Клапань С. Н., Лексикова Л. А., Аджиумеров С. Н.</b> Исследование изменчивости черноморского апвеллинга в период 2005-2009 гг. ....	6
<b>Попов Ю. И., Матыгин А. С., Ерофеев Г. А.</b> Пространственные корреляционные функции полей температуры и солености в летний период северо-западной части Черного моря .....	15
<b>Себах Л. К., Жугайло С. С., Шепелева С. М., Заремба Н. Б., Иванюта А. П.</b> Биогенные элементы в экосистеме Керченского пролива .....	20
<b>Петренко О. А., Жугайло С. С., Авдеева Т. М., Себах Л. К., Шепелева С. М., Иванюта А. П.</b> Результаты мониторинговых исследований водной среды Азовского моря .....	27
<b>Коломейченко Г. Ю., Семенова О. А., Касилов Ю. И., Каштаков В. Д.</b> Влияние антропогенного фактора на экосистемы Азово-Черноморского бассейна .....	33
<b>Золотницкий А. П., Полупанов В. Н., Сытник Н. А.</b> Математическая модель роста плоской устрицы ( <i>Ostrea edulis</i> L.) Черного моря .....	35
<b>Мельникова Е. Б.</b> Особенности определения возраста черноморского шпрота по отолитам .....	43
<b>Крючков В. Г., Елецкий Б. Д.</b> Рифы и биомелиорация морской шельфовой зоны .....	49
<b>Костур Е. А., Антюфеев В. В.</b> Особенности и тенденции многолетней динамики количества атмосферных осадков на юге Крыма .....	55
<b>Антюфеев В. В.</b> Изменчивость и точность термических характеристик в Степном отделении Никитского ботанического сада .....	62
<b>Антюфеев В. В., Рябов В. А.</b> Из опыта агроклиматического обоснования проектов промышленных плодовых насаждений на юге Украины в эпоху глобального потепления .....	68
<b>Замятина Е. А., Семик А. М.</b> Экологические проблемы Опукского природного заповедника .....	72
<b>Степанова А. И., Петренко О. А.</b> Рекреационный потенциал береговой зоны Южного берега Крыма в современных условиях .....	81
<b>Турега О. Н., Ковалевская Ю. О.</b> Перспективы развития рекреационно-туристического комплекса на восточном окончании Керченского полуострова .....	86
<b>Свиридова О. В.</b> Задачи службы Гражданской защиты по предупреждению экологических катастроф .....	92

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ  
АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА**

**МАТЕРИАЛЫ VI МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Ответственный редактор к. геогр. н. *O. A. Петренко*

Редактор *H. A. Лебедева*

Технические редакторы *T. A. Трушина, E. A. Савчук*

Подписано в печать 30.10.2010 г.

Формат 210 x 298. Усл. печ. л. 8. Тираж 50 экз.

2010 Издательский Центр Южного  
научно-исследовательского института морского  
рыбного хозяйства и океанографии (ЮгНИРО)