

О.А. Трощенко¹, канд. геогр. наук., ст. науч. сотр., **А.А. Субботин¹**, канд. геогр. наук,
ст. науч. сотр., И.Ю. Ерёмин¹, мл. науч. сотр.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОХАЛИННОЙ СТРУКТУРЫ ВОД В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КАРАДАГСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА ПО ДАННЫМ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Проанализированы межгодовые и сезонные изменения термохалинных параметров по материалам экспедиционных наблюдений на Карадагском взморье за 2004 – 2014 гг. Показано, что наибольшая изменчивость, как межгодовая, так и пространственная характерна для весеннего сезона. Проведено сравнение полученных данных со средне-голетними величинами. Отмечена тенденция к увеличению поверхностных значений температуры в весенне-летний период.

Ключевые слова: термохалинная структура, верхний квазиоднородный слой, сезонный термоклин, изменчивость, субмаринная разгрузка, акватория Карадагского заповедника.

Карадагский заповедник имеет самую большую охраняемую морскую акваторию из всех природных и биосферных заповедников Крыма. Несмотря на важность изучения данной акватории, системные исследования термохалинной структуры вод этого района начались только в 2004 г. сотрудниками отдела аквакультуры и морской фармакологии Института биологии южных морей. Ранее была опубликована одна обобщающая статья по термохалинной структуре вод данного района (Чекменёва, Субботин, 2004). Однако результаты этой работы основывались на значительном пространственном осреднении, т.е. для получения искомым термохалинных характеристик рассматривалась акватория, значительно превышающая площадь морской части заповедника. Большинство станций, включенных в общую базу данных для осреднения, находились мористее границ заповедника на глубинах 50 м и более. Поэтому целью данной работы стал анализ многолетних данных по термохалинной структуре, собранных в акватории заповедника и непосредственно граничащих с ним водах.

Материал и методы. Исследования выполнялись на 4-х разрезах по 3-м станциям на каждом и на 2-х станциях на траверзе п. Курортное (рис.1). Станции располагались на изобатах 10, 20 и 30 м (мористая граница заповедника). Всего было выполнено 24 съёмки: по одной съёмке в апреле (2005 г.), в июне (2010 г.), в октябре (2008 г.) и в ноябре (2004 г.), 5 съёмок – в июле (2005 – 2007 гг., 2009 г., 2014 г.) и по 7 – в мае (2006 – 2009 гг., 2011 – 2013 гг.) и в сентябре (2008 – 2014 гг.).

Изучение термохалинной структуры проводилось с помощью различных STD-зондов («КАТРАН – 04» и MINI STD/STD model SD204), имеющих сертификат поверки на момент проведения гидрологических работ. Зондами измерялось давление (глубина), температура и электропроводность (пересчитывается в солёность). Все измерения проводились в рамках непрерывного зондирования от поверхности до дна. Обработка и анализ данных выполнялись согласно общепринятым методикам (Руководство по гидрологическим работам... 1977).

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, РФ.

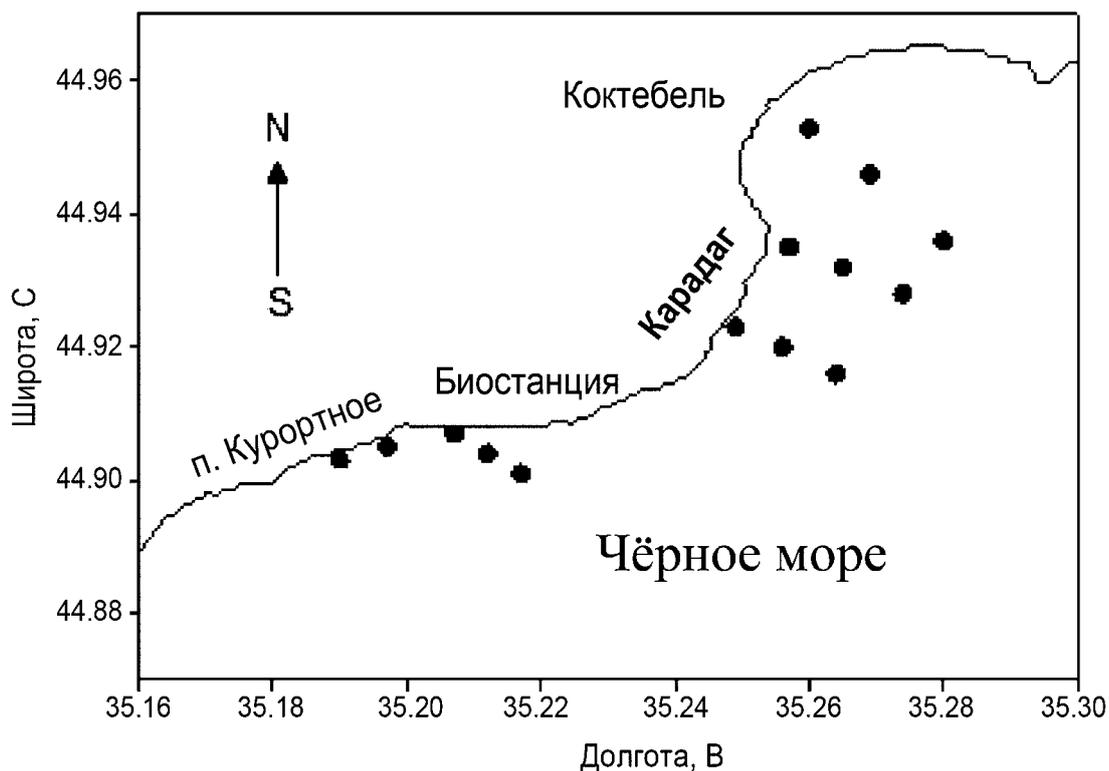


Рис. 1. Схема гидрологических станций

Результаты и обсуждение. Выполненные в 2004 – 2014 гг. съёмки охватили все гидрологические сезоны: апрель – зимний, май-июнь – весенний, июль-сентябрь – летний, октябрь-ноябрь – осенний. Термохалинная структура и её пространственные особенности по результатам каждой съёмки описаны в ежегодниках «Летопись природы Карадага» (см., напр. Ковригина и др., 2009). Поэтому в данной работе сделано обобщение всех собранных материалов. Анализ параметров термохалинной структуры осуществлялся по следующим направлениям: сезонная, межгодовая и пространственная изменчивости (табл. 1.).

Табл. 1. Изменчивость термохалинных характеристик поверхностного слоя воды в районе Карадага

Месяц	Температура, °С					Солёность, ‰				
	Сред.*	Max	Min	dT ₁	dT ₂	Сред.	Max	Min	dS ₁	dS ₂
Апрель	9,2	7,22	6,80	0,41		17,55	16,98	16,71	0,17	
Май	13,9	20,74	12,55	2,67	8,19	17,37	17,66	16,02	1,64	1,64
Июнь	17,7	21,50	21,10	0,40		17,62	17,19	17,05	0,14	
Июль	20,7	24,52	20,40	1,34	4,12	17,73	17,58	16,58	0,36	1,00
Сентябрь	22,2	24,23	19,91	1,80	4,32	17,81	18,12	17,47	0,34	0,65
Октябрь	19,9	18,50	18,00	0,50		17,89	17,98	17,88	0,10	
Ноябрь	15,7	13,8	13,2	0,6		17,88	17,65	17,47	0,18	

Примечание: *Среднемноголетние значения температуры и солёности для каждого месяца взяты из (проект «Моря СССР», 1991); dT₁, dS₁ – максимальная разность значений в одной съёмке (пространственная); dT₂, dS₂ – максимальная разность значений за период наблюдений (межгодовая). Пробел в этой графе говорит о том, что в этом месяце была одна съёмка, поэтому межгодовая изменчивость не рассматривается.

В начале апреля, по среднегодовым данным, у восточных берегов Крыма продолжается зимний гидрологический сезон. Поэтому съёмка, выполненная 6 апреля 2005 г., характеризует гомогенную термохалинную структуру со значениями температуры около 7°C от поверхности до дна (рис. 2) и относительно небольшими пространственными отличиями – $0,4^{\circ}\text{C}$ по температуре и $0,17\text{‰}$ по солёности. При этом температура была примерно на 2°C , а солёность на $0,6\text{‰}$ ниже средних для этого времени значений.

Весной (май) в районе Карадага наблюдается формирование сезонного термоклина (СТ). В это время СТ, как правило, ещё слабо выражен, а вертикальные градиенты температуры в нём незначительны (Чекменёва, Субботин, 2004). Средняя температура на поверхности моря в исследуемый период составила $\sim 15^{\circ}\text{C}$, что на 1°C выше среднегодовой. Для этого периода исключением являлся май 2007 г., когда температура на поверхности была аномально высокой – более 20°C , т.е. была близка к летним значениям.

Верхний квазиоднородный слой (ВКС) в мае, обычно, только начинает формироваться, и температура плавно понижается от поверхности до дна (рис. 2, профиль 2а). В то же время в отдельные годы (2007 и 2011 гг.) этот слой уже сформировался, а его мощность составляла от 3 до 8 м (рис. 2, профиль 2б).

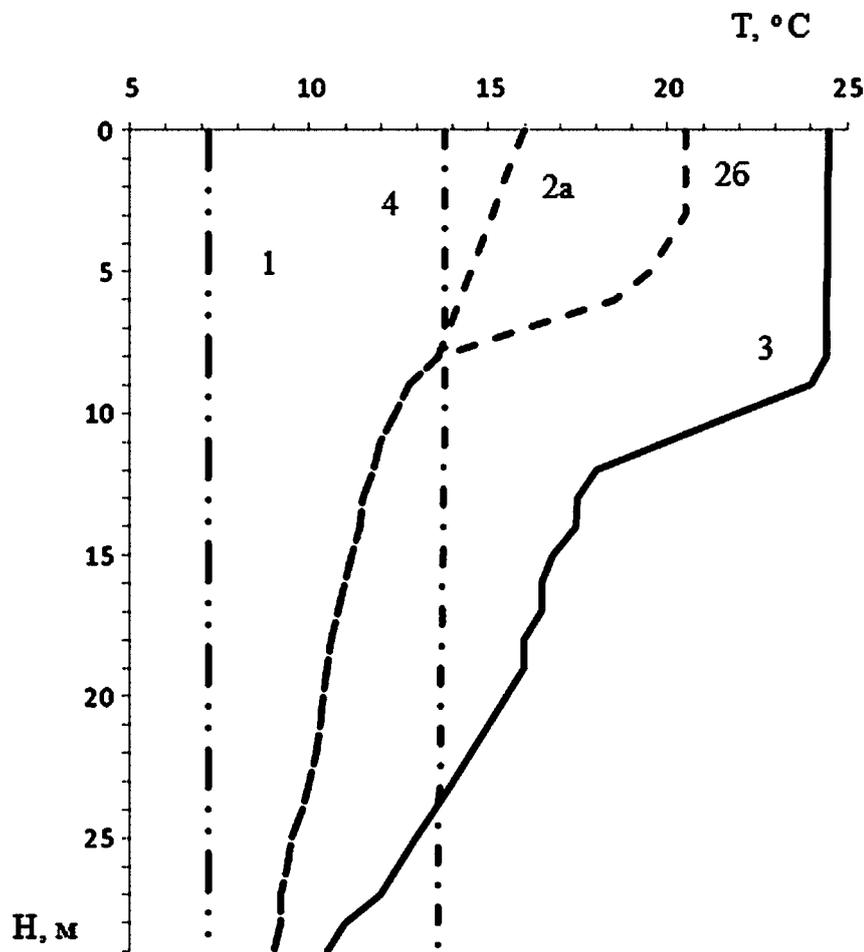


Рис. 2. Вертикальные профили температуры: 1 – зима; 2 – весна; 3 – лето; 4 – осень

В этот же период отмечаются самые низкие значения солёности (16,02‰), связанные с максимальным притоком распреснённых азовоморских вод. В мае наблюдаются самые большие как межгодовые, так и пространственные колебания по температуре и солёности. Это связано, с одной стороны, с условиями прогрева вод в разные годы, с другой – с межгодовыми колебаниями водообмена между Азовским и Чёрными морями.

В летний гидрологический сезон (июль – сентябрь) окончательно формируется ВКС, а его толщина может превышать 10 м. В отдельные годы (июль 2005 г.) ВКС занимает всю изучаемую толщу вод до глубин 25–30 м при средней температуре 23–24°C. СТ также обретает наиболее законченную форму с вертикальными градиентами температуры, достигающими несколько °С на метр. В целом, в летний период поверхностная температура превышала среднемноголетние значения на 1–2°C. Пространственная изменчивость была ниже, чем в весенний период и не превышала 1–2°C (табл. 1).

Солёность является более консервативной характеристикой, чем температура. В летний период для района Карадагского взморья ее временная и пространственная изменчивость определяется, прежде всего, сезонной изменчивостью притока распреснённых азовоморских вод (так же как в весенний период) и влиянием прибрежного апвеллинга. В первом случае значения солёности поверхностного слоя могут понижаться по отношению к среднемноголетним за счет усиления притока распреснённых вод (до 16,82‰ – июль 2005 г.), во втором – повышаются (до 18,12‰ – сентябрь 2008 г.) за счет подъема более соленых промежуточных вод. Приведённые значения, однако, не нарушают общей тенденции понижения солёности поверхностных вод за последние 10 лет (0,2–0,3‰) по отношению к среднемноголетним величинам.

Осенью (октябрь – ноябрь), в связи с охлаждением поверхности моря, начинаются процессы конвективного перемешивания. Поэтому от поверхности до дна значения температуры и солёности выравниваются. Так, разность температуры от поверхности до глубины 25 м может составлять всего 0,1°C, а солёности – в пределах ошибки измерения. Также уменьшаются и пространственные отличия. Измеренные значения температуры превышали среднемноголетние значения, а солёность была близка к ним.

Интересным фактом является периодическое обнаружение, как правило, в весенний период, субмаринной разгрузки пресных вод в районах м. Мальчин и Сердоликовой бухты. Натурные наблюдения показали, что субмаринные воды отличаются от окружающих морских вод пониженной солёностью и рН, пониженным содержанием кислорода, повышенным содержанием кремниевой кислоты и фосфатов, повышенными или чаще пониженными значениями температуры, а также другими гидрохимическими и гидрооптическими параметрами. Проявления такой разгрузки были обнаружены в мае 2005–2007 гг. и в мае 2009 г., а также и в июле 2004 и 2014 гг. Наиболее отчетливо она прослеживалась в мае 2007 г., когда солёность у дна (12 м) была ниже поверхностной на 0,5‰ (Ковригина и др., 2009).

В результате длительного воздействия такие воды могут вносить существенные изменения в биоразнообразие, морфологический и морфометрический состав и другие характеристики морских экосистем, расположенных в зоне влияния субмаринных вод, вплоть до образования специфических сообществ. В то же время нужно отметить, что распреснённые воды могут су-

щественно уменьшать биомассу за счет вытеснения из ареала своего влияния традиционно живущих там морских организмов. Хотя субмаринная разгрузка проявляется не каждый год, обнаружение в прибрежной зоне видов, обитающих в распреснённых или солоноватых водах, говорит об их квазистационарности (Трощенко и др., 2005).

Выводы. 1. Отмечается превышение значений поверхностной температуры в летний период (до 4°C) и понижение солёности (до 1‰) по сравнению со среднемноголетними значениями. 2. Наиболее значительная пространственная изменчивость термohалинных характеристик наблюдается в весенний и летний гидрологические сезоны, что объясняется неравномерностью прогрева верхних слоев моря, а также колебаниями интенсивности водообмена между Чёрным и Азовским морями. 3. Периодическое обнаружение проявлений субмаринной разгрузки пресных вод говорит о необходимости дальнейшего, более тщательно-го изучения этого явления, как с точки зрения гидролого-гидрохимических, так и биологических исследований.

Литература

Ковригина Н.П., Трощенко О.А., Щуров С.В., Бобко Н.И., Родионова Н.Ю. Гидролого-гидрохимические исследования акватории Карадагского природного заповедника в весенне-летний период 2007 г. // *Летопись природы: Том XXIV. 2007 год* / Под ред. к.б.н. А.Л. Морозовой. – Симферополь: Н. Орианда. – 2009. – С. 37 – 47.

Проект «Моря СССР». // Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. IV. Чёрное море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 430.

Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Л.: Гидрометеиздат, 1977. – С. 725.

Трощенко О.А., Гринцов В.А., Губанов В.И., Евстигнеева И.К., Субботин А.А. Источники субмаринной разгрузки как фактор биоразнообразия в районе Карадага // *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія».* – 2005. – № 4(27). – С. 250 – 251.

Чекменёва Н.И., Субботин А.А. Термohалинная структура вод Карадагского побережья // Карадаг. Гидробиологические исследования / Сборник научных трудов, посвященный 90-летию Карадагской научной станции им. Т.И.Вяземского и 25-летию Карадагского природного заповедника) НАН Украины. Кн. 2-я. – Симферополь: СОНАТ, 2004. – С. 7 – 11.

Variability of the thermohaline structure in the coastal waters of Karadag nature reserve based on long term observations. Troshchenko O.A., Subbotin A.A., Ieromin I.U. Interannual and seasonal fluctuations in thermohaline parameters of Karadag coastal waters were analyzed based on expeditionary observations performed in years 2004–2014. It was shown that the largest interannual and spatial variability was attributed to Spring season. The hydrological data obtained in the current research was compared to the long-term average values. An increasing trend in surface water temperatures during the Summer-Spring period was observed.

Keywords: Thermohaline Structure, Upper Quasihomogeneous Layer, Seasonal Thermocline Layer, Submarine Unload.