

ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

УДК [556+54.01]:574(262.5)

**РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
АКВАТОРИИ КАРАДАГСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА И
ПРИЛЕГАЮЩИХ ПРИБРЕЖНЫХ МЕЛКОВОДИЙ В 2012-2018 ГОДАХ**

Мальцев В.И., Смирнова Ю.Д., Кондратьева Е.Н.

ФГБУН «Карадагская научная станция им. Т.И.Вяземского – природный заповедник РАН»

г. Феодосия, пгт. Курортное, Российская Федерация

e-mail: maltsev1356@gmail.com, julia.karadag@gmail.com, celenakd@mail.ru

В статье обобщены и проанализированы результаты гидролого-гидрохимического мониторинга акватории заповедника и прилегающих к ней акваторий против ближайших селитебных территорий (всего 11 станций) за 2012–2018 гг. Температура поверхностных вод в акватории заповедника и на сопредельных акваториях изменялась от 8 °С в зимний период до 26 °С в июле-сентябре. Прозрачность воды по диску Секки, в исследуемых акваториях изменялась от 0,5 до 16 м, в целом имеет место тенденция снижения прозрачности в акваториях против посёлков Коктебель и Курортное. Концентрация растворённого кислорода в поверхностном слое воды колебалась в пределах 7–16 мг О₂/л, (обычно в течение года – от 8 до 12 мг О₂/л). На мелководных участках акватории, дно которых покрыто макроводорослями, в летнее время наблюдалось значительное повышение концентрации кислорода в придонном слое по сравнению с поверхностным. Показатели перманганатной окисляемости (ХПК) находились в пределах 1,2–9,2 мг О/л, основной же массив значений лежит в «коридоре» 2–7 мг О/л. Значения биохимического потребления кислорода (БПК₅) изменялись от 0,2 до 8 мг О₂/л, кривые величин БПК₅ свидетельствуют о наличии загрязняющего эффекта со стороны селитебных территорий. В целом данные мониторинга свидетельствуют об относительном экологическом благополучии заповедной акватории. Наилучшим годом, с точки зрения экологического благополучия вод акватории заповедника, был 2015, хорошие показатели демонстрирует также год 2018. Наихудшие гидрохимические показатели получены для 2014 г. В целом результаты наших исследований свидетельствуют о тенденции улучшения экологического состояния заповедной акватории.

Ключевые слова: Карадагский заповедник, заповедная акватория, температура, прозрачность, кислород растворённый, ХПК, БПК₅.

Введение

Карадагский природный заповедник расположен на побережье Юго-восточного Крыма между пгт Коктебель и Курортное. В состав заповедника входит прибрежная акватория площадью 800 га (рис. 1). Заповедный статус акватории обуславливает потребность в мониторинге её экологического состояния, поэтому силами сотрудников ФГБУН «КНС – ПЗ РАН» здесь ведётся регулярный гидрологический, гидрохимический и гидробиологический мониторинг (Смирнова и др., 2004, 2006, 2009, 2013.); кроме того, Институтом морских биологических исследований РАН проводятся комплексные гидролого-гидрохимические исследования 1–2 раза в год (Ковригина, Бобко, 2006; Трощенко, Субботин и др., 2015).

№	Название станции	Координаты	Характеристика полигона
5.	Бухта Львиная	44°54.949 N 35°14.020 E	Глубоководная (10–15 м) бухта в заповедной акватории, с востока непосредственно примыкающая к отвесному скальному массиву Карадага. Дно сложено разноразмерными каменно-скальными обломками.
6.	Скала Золотые Ворота	44°54.872 N 35°13.865 E	Относительно глубоководная часть заповедной акватории (10–15 м), непосредственно примыкающая с запада к отвесной стене скалы Золотые Ворота. Дно песчаное, покрыто разноразмерными каменно-скальными обломками.
7.	Скала Иван Разбойник	44°54.646 N 35°12.792 E	Глубоководная часть заповедной акватории (15–20 м), непосредственно примыкающая к отвесному скальному массиву Карадага. Дно сложено разноразмерными каменно-скальными обломками.
8.	Мыс Кузьмичевы камни	44°54.646 N 35°12.792 E	Мелководная (2–5 м) часть заповедной акватории среди торчащих из воды обломков скал. Дно песчаное, покрыто разноразмерными каменно-скальными обломками, заросшими макроводорослями с доминированием цистозир.
9.	Бухта Биостанции	44°54.640 N 35°12.456 E	Относительно мелководная (3–7 м) акватория, непосредственно примыкающая к заповедной акватории. Дно песчаное, покрыто разноразмерными каменно-скальными обломками, заросшими макроводорослями с доминированием цистозир.
10.	Бухта против очистных сооружений	44°54.533 N 35°11.734 E	Участок мелководного (2–5 м) залива за пределами заповедной акватории, находится под загрязняющим воздействием стоков от станции аэрации пгт Курортное. Дно песчаное, покрыто разноразмерными каменно-скальными обломками, заросшими макроводорослями с доминированием цистозир.
11.	Устье р. Отузки	44°54.493 N 35°11.365 E	Участок мелководного (2–5 м) залива за пределами заповедной акватории. Дно песчаное, покрыто разноразмерными каменно-скальными обломками, заросшими макроводорослями с доминированием цистозир. Пляжная зона пгт Курортное, пребывающая под комплексным воздействием населённого пункта со слабо развитой экозащитной инфраструктурой (загрязняющий эффект многократно усиливается во время курортного сезона).

Пробы воды отбирали в 50–100 м от берега с глубины 0,5–0,7 м от поверхности. При этом измеряли температуру воды, концентрацию растворённого в воде кислорода (с помощью термооксиметра-МАРК 303 или по методу Винклера), интегральную прозрачность (видимость диска Секки в м), перманганатную окисляемость в щелочной среде (ХПК) и биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅) – по общепринятым методикам (Руководство по гидрологическим..., 1977).

Результаты

Температура поверхностных вод в акватории Карадагского заповедника и сопредельных акваториях (рис. 2–4) в среднесезонном аспекте изменялась от 8 °С в зимний период до 26 °С в июле-сентябре. В один и тот же сезон от станции к станции температура меняется очень мало, может наблюдаться незначительное её увеличение на мелководных участках против пгт Коктебель и Курортное (ст. 1, 10, 11). При сгонных северных ветрах падение температур воды на 2-3 градуса происходит в акваториях, не защищенных скалами (ст. 1, 2, 9, 10, 11).

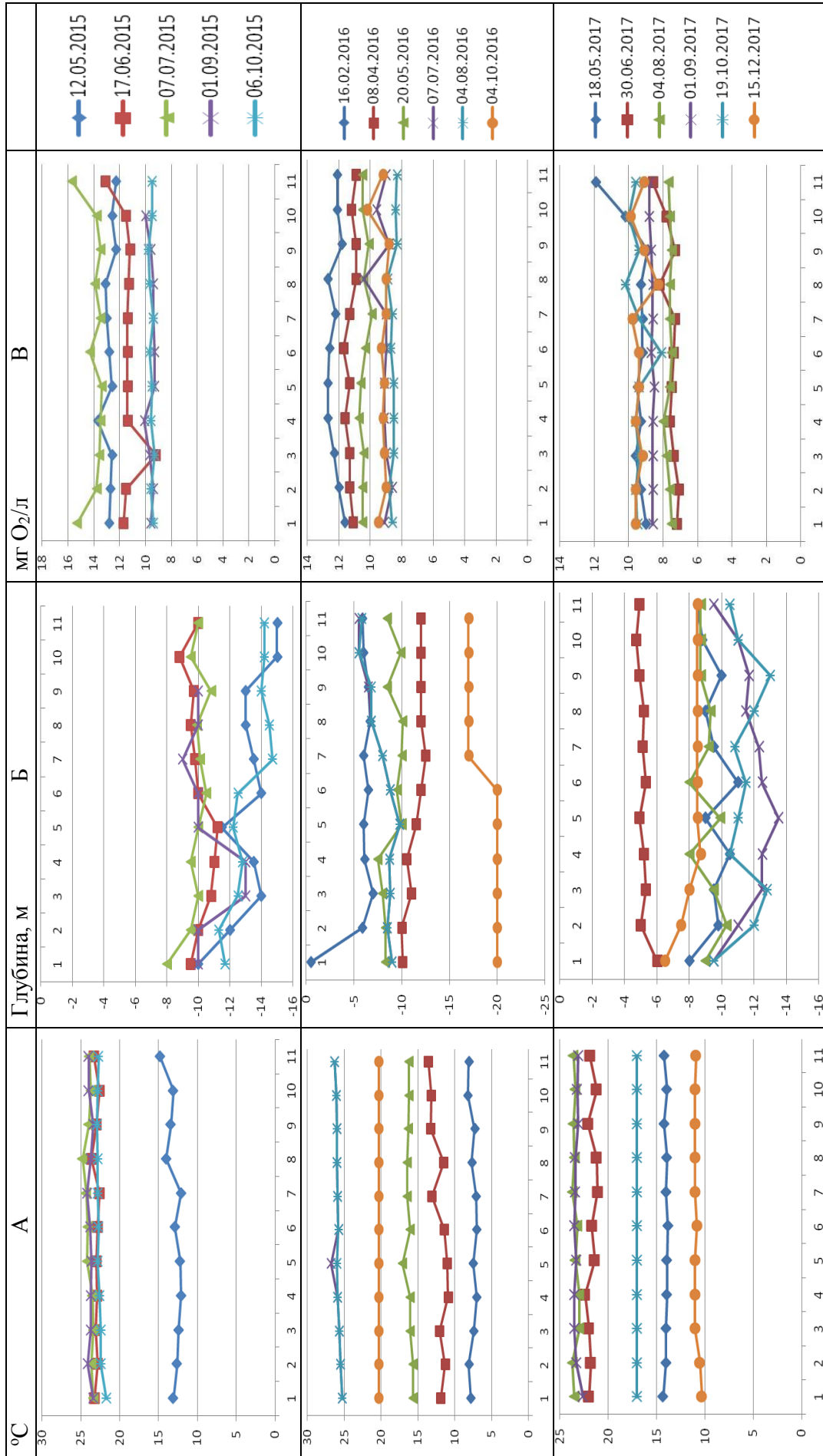


Рис. 3. Динамика температуры воды (А, °С), показателя прозрачности воды (Б, глубина, м) по диску Секки и концентрации растворённого кислорода (В, мг О₂/л) в поверхностном слое в 2015-2017 гг. на полигонах (цифры по горизонтали), поименованных в табл. 1

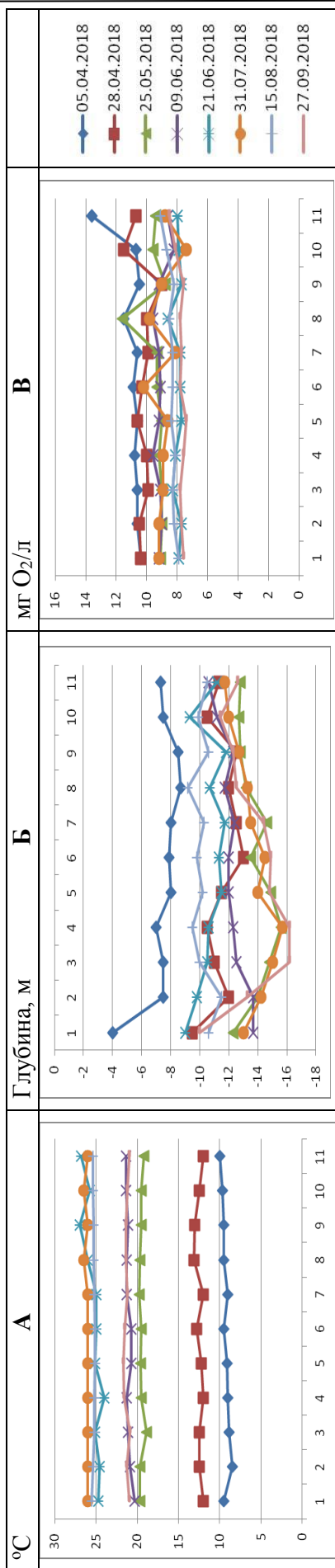


Рис. 4. Динамика температуры воды (А, °С), показателя прозрачности воды (Б, глубина, м) по диску Секки и концентрации растворённого кислорода (В, мг О₂/л) в поверхностном слое в 2018 г. на полигонах (цифры по горизонтали), поименованных в табл. 1

Прозрачность воды, измеряемая глубиной видимости белого диска (Секки), в исследуемых акваториях изменялась от 0,5 до 16 м (рис. 2–4). Наименьшие значения этого показателя наблюдались в акваториях против пгт Коктебель и Курортное (25.04.2012 г., 19.06.3013 г., 24.06.2014 г., 16.02.2016 г.). В целом имеет место тенденция снижения прозрачности в акваториях против посёлков, что, очевидно, связано с загрязняющим воздействием селитебных территорий, расположенных на побережье.

Концентрация растворённого кислорода в поверхностном слое воды (рис. 2–4) колебалась в пределах 7–16 мг О₂/л, (обычно в течение года – от 8 до 12 мг О₂/л). В летнее время эти значения соответствовали 110–140% насыщения. Впродолжение одного и того же дня пробоотбора концентрация кислорода в поверхностном слое от станции к станции менялась незначительно на всём протяжении от пгт Коктебель до пгт Курортное. На мелководных участках акватории, дно которых покрыто макроводорослями, в летнее время наблюдалось значительное повышение концентрации кислорода в придонном слое по сравнению с поверхностным (табл. 2).

Таблица 2.

Концентрация растворённого кислорода в поверхностном слое и у дна на мелководных участках акватории, заросших макроводорослями

Станция (согласно табл. 1)	Дата	t°, °C	Концентрация растворённого кислорода в поверхностном слое воды*, мг О ₂ /л	Глубина до дна, м	Концентрация растворённого кислорода в придонном слое воды*, мг О ₂ /л	% увеличения концентрации растворённого кислорода в придонном слое воды
3	04.08.17	23,0	<u>7,8</u> 110%	10	<u>8,9</u> 125%	14
8	01.09.17	23,4	<u>8,6</u> 121%	9	<u>9,2</u> 129%	7
8	15.08.18	25,3	<u>8,5</u> 124%	7	9,3 136%	9
9	01.09.17	23,1	<u>8,7</u> 122%	8,5	9,2 129%	6
9	21.06.18	27,0	<u>7,7</u> 117%	6	<u>8,9</u> 135%	16
9	27.09.18	21,4	<u>7,6</u> 103%	2,5	<u>9,7</u> 131%	28
10	20.05.16	16,2	9,1 112%	3,5	<u>12,7</u> 156%	40
10	04.08.17	23,4	<u>7,6</u> 107%	3,5	<u>10,1</u> 142%	33
10	27.09.18	21,2	<u>8,1</u> 110%	2,5	<u>12,4</u> 168%	53
11	20.05.16	16,2	<u>9,5</u> 117%	5	<u>12,7</u> 156%	34
11	01.09.17	23,1	<u>8,8</u> 124%	2,5	<u>9,4</u> 132%	7
11	09.06.18	21,4	<u>8,6</u> 116%	1,5	<u>12,1</u> 164%	41

* В знаменателе – проценты насыщения кислородом воды на соответствующих станциях отбора проб

Показатели перманганатной окисляемости в щелочной среде, или химического потребления кислорода (ХПК) на исследуемой акватории (рис. 5–6) колебались в пределах 1,2 мг О/л (28.04.2018 г., ст. № 8; близкое значение – 1,5 мг О/л – наблюдалось тогда же на ст. № 4) до 9,2 мг О/л (11.10.2013 г., ст. № 10). Последнее значение окисляемости логично связать с воздействием стоков со станции аэрации пгт

Курортное, причём, с возможно возникшей здесь нештатной ситуацией. Основной же массив значений ХПК лежит в «коридоре» 2–7 мг О/л.

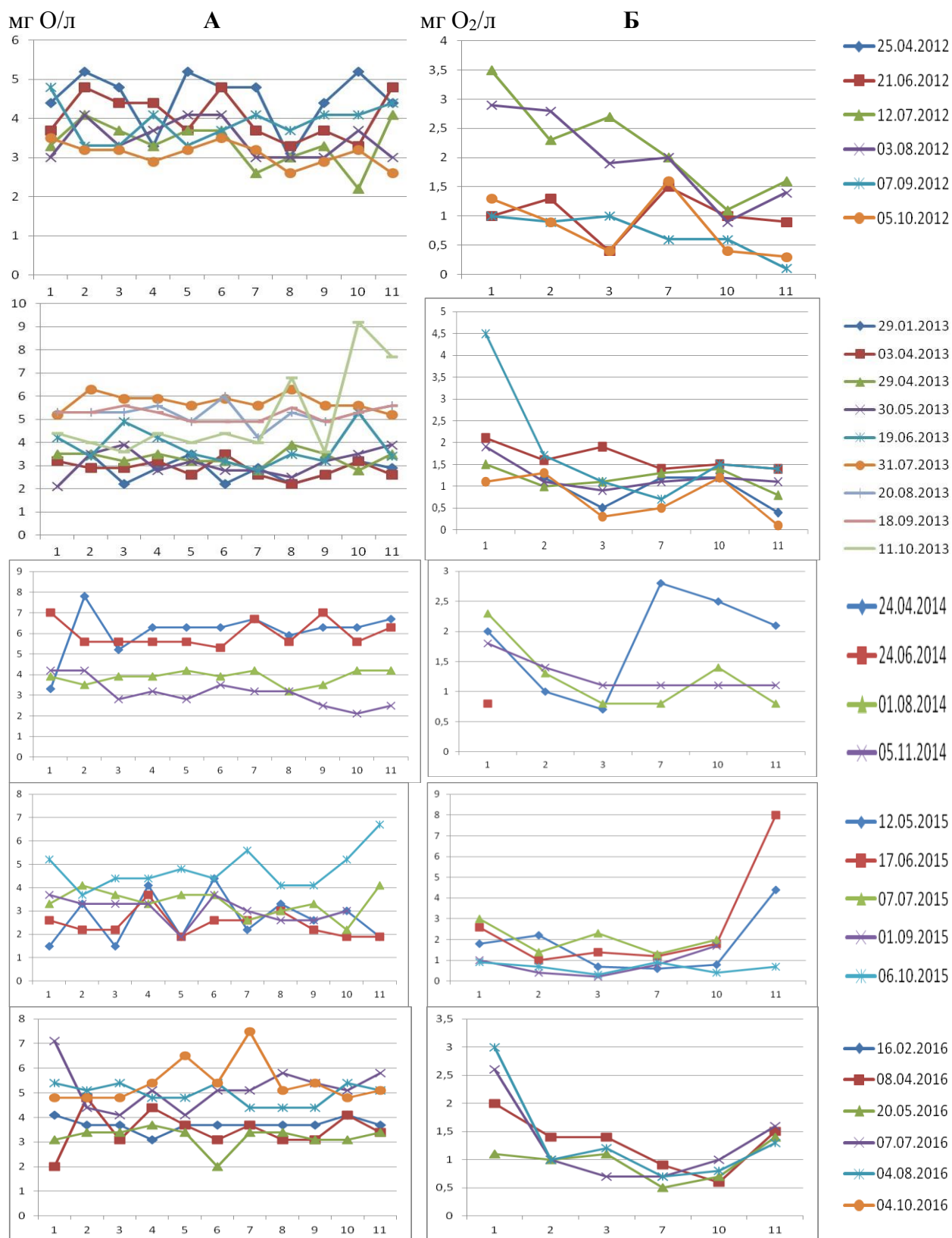


Рис. 5. Химическое потребление кислорода (перманганатная окисляемость, **А**, мг О/л) и биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅, **Б**, мг О₂/л) в 2012-2016 гг. на стационарных полигонах (цифры по горизонтали), поименованных в табл. 1

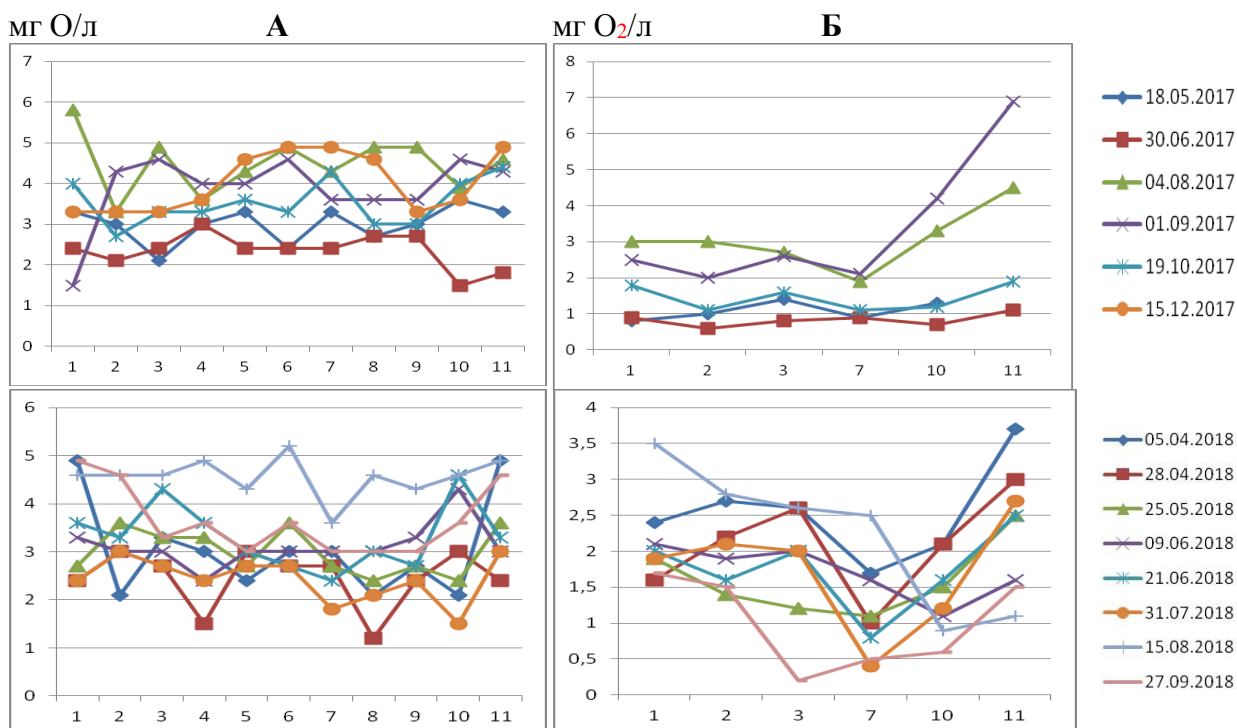


Рис. 6. Химическое потребление кислорода (перманганатная окисляемость, **А**, мг О/л) и биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅, **Б**, мг О₂/л) в 2017-2018 гг. на полигонах (цифры по горизонтали), поименованных в табл. 1

Значения биохимического потребления кислорода (БПК₅) за исследуемый период изменялись от 0,2 до 8 мг О₂/л. Последнее значение имело место 17.06.2015 г. на станции № 11 (против устья р. Отузки, пгт Курортное); близкое к этому значение БПК₅ (7 мг О₂/л) было отмечено 01.09.2017 г. на той же станции. Данные наших исследований свидетельствуют о загрязняющем эффекте прибрежных селитебных территорий.

Обсуждение

От года к году температурный режим исследуемой акватории менялся мало, в целом соответствуя климатической норме. Так, например, температура поверхностных слоёв в весенне-летний период 2017 г. в целом была на 3–4 °С ниже соответствующих значений в 2016 г. и на 1–2 °С ниже среднеголетних значений (Трощенко и др., 2015); однако в 2018 г. температурный режим уже практически «вернулся» к таковому 2016 г.

Как уже отмечалось, имеет место тенденция снижения прозрачности в акваториях против посёлков, что, очевидно, связано с загрязняющим воздействием селитебных территорий, расположенных на побережье. В отдельные даты отбора проб наблюдалось повышение значений ХПК вблизи селитебных зон, что, по-видимому, связано с нештатными ситуациями в их коммунальном хозяйстве.

Уровни концентрации растворённого кислорода в продолжение наших наблюдений практически не отличались от таковых в разные годы в те же месяцы (Смирнова и др., 2006, Ковригина и др., 2009, 2010, Трощенко и др., 2018). В зонах влияния селитебных территорий, в частности, против пгт Курортное, иногда в весенний

и летний период наблюдалось увеличение концентрации растворённого кислорода по сравнению с акваторией заповедной (рис. 2–4).

Величины биохимического потребления кислорода БПК₅ в период исследований в целом не высоки и мало отличаются от таковых, полученных другими исследователями (Ковригина и др., 2010, Троценко и др., 2018). Кривые величин этого показателя свидетельствуют о наличии загрязняющего эффекта (преимущественно недоочищенными коммунальными стоками) со стороны селитебных территорий (пгт Коктебель и Курортное), причём, в некоторые годы (2015, 2016, 2018) эти кривые имеют достаточно выраженный U-образный характер: подъёмы в крайних точках, соответствующие акваториям, прилегающим к посёлкам. К тому же отношение показателей БПК₅ к ХПК, являющееся показателем чистоты (либо загрязнённости) акватории (Скопинцев, 1975), впродолжение наших исследований редко превышает 1, и те немногочисленные случаи, когда это отношение превышает 1, также относятся в основном к акваториям, прилегающим к посёлкам.

По показателям растворённого кислорода ни на одной из исследованных станций не наблюдалось выхода за пределы требований к составу и свойствам морской воды для рекреационного водопользования (Санитарно-эпидемиологические требования..., 2010); в отдельных случаях (рис. 5Б, 2013 и 2015 гг., рис. 6Б, 2017 г.) имело место превышение этих требований по БПК₅, (4 мг О₂/л). Стоит отметить, однако, что в 1950–60-х годах величины окисляемости морской воды были 1–1,5 мг О/л (Скопинцев, 1975).

В 2003–2009 гг. (Смирнова, 2009), а также в 2010 г. наблюдалось прогрессирующее нарастание показателей окисляемости, что говорило об увеличении концентрации органических веществ в воде на фоне уменьшения биомассы моллюсков-фильтраторов, заиления дна и придонных поверхностей. С 2011г. наблюдается тенденция к снижению значений ХПК (окисляемости) в теплое время года в водах заповедника, в зимне-весенний период имеет место даже приближение их к величинам 2,5–3 мг О/л, характерным для открытого моря.

В целом всё сказанное свидетельствует об относительном экологическом благополучии заповедной акватории за период наблюдений.

Для оценки межгодовой динамики экологического благополучия акватории заповедника по контролируемым показателям нами предпринято следующее (табл. 3):

Таблица 3.

Расчёт сумм баллов, отражающих экологическое благополучие акватории в годы исследований

Средние значения показателей в летний период	Годы исследований						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<u>Прозрачность,* м</u> баллы	<u>8,2</u> 3	<u>7,9</u> 2	<u>7,2</u> 1	<u>10,9</u> 5	<u>11,4</u> 6	<u>8,6</u> 4	<u>12,8</u> 7
Концентрация <u>кислорода,* мг О₂/л</u> баллы	<u>9,1</u> 5	<u>9,2</u> 6	<u>8,8</u> 3	<u>11,2</u> 7	<u>9,0</u> 4	<u>8,0</u> 1	<u>8,6</u> 2
<u>ХПК,** мг О/л</u> баллы	<u>3,6</u> 5	<u>5,0</u> 3	<u>4,9</u> 4	<u>3,4</u> 6	<u>5,2</u> 2	<u>3,6</u> 5	<u>3,3</u> 7
<u>БПК₅,** мг О₂/л</u> баллы	<u>1,3</u> 6	<u>1,3</u> 6	<u>1,2</u> 7	<u>1,5</u> 5	<u>1,3</u> 6	<u>2,4</u> 3	<u>1,6</u> 4
Сумма баллов	19	17	15	23	18	16	20

* *Большее количество баллов соответствует большему значению показателя*

** *Большее количество баллов соответствует меньшему значению показателя*

- для показателей прозрачности, концентрации растворённого кислорода, ХПК и БПК₅ рассчитаны средние значения за летний сезон (в дни, когда температура морской воды превышала 19 °С);

- каждому показателю мы поставили в соответствие определённое количество баллов в диапазоне от 1 до 7 (по числу лет исследований); большему количеству баллов соответствует более благополучная ситуация;

- суммируя баллы по каждому году исследования получаем некую интегральную оценку экологического благополучия, позволяющую сравнивать разные годы с точки зрения экологической ситуации, развивающейся впродолжение года.

Наилучшим годом, с точки зрения экологического благополучия вод акватории заповедника, был 2015 (23 балла), хорошие показатели демонстрирует также год 2018 (20 баллов). Наименьшая сумма баллов (15) получена для 2014 г.

Заключение

Температурный режим исследуемой акватории менялся мало, в целом соответствуя климатической норме. Имеет место тенденция снижения прозрачности в акваториях против посёлков, что, очевидно, связано с загрязняющим воздействием селитебных территорий, расположенных на побережье. В зонах влияния этих территорий, в частности, против пгт Курортное, иногда в весенний и летний период наблюдалось увеличение концентрации растворённого кислорода по сравнению с акваторией заповедной. Также в отдельные даты отбора проб наблюдалось повышение значений ХПК вблизи селитебных зон, что, по-видимому, связано с нештатными ситуациями в их коммунальном хозяйстве.

Величины биохимического потребления кислорода БПК₅ в период исследований в целом не высоки. Кривые величин этого показателя свидетельствуют о наличии загрязняющего эффекта (преимущественно недоочищенными коммунальными стоками) со стороны селитебных территорий (пгт Коктебель и Курортное), причём, в некоторые годы (2015, 2016, 2018) эти кривые имеют достаточно выраженный U-образный характер (подъёмы в крайних точках, соответствующие акваториям, прилегающим к посёлкам). Отношение показателей БПК₅ к ХПК впродолжение наших исследований редко превышает 1. Немногочисленные случаи, когда это отношение превышает 1, также относятся в основном к акваториям, прилегающим к посёлкам.

По показателям растворённого кислорода ни на одной из исследованных станций не наблюдалось выхода за пределы «Требований к составу и свойствам морской воды для рекреационного водопользования». В отдельных случаях имело место превышение этих требований по БПК₅. Величины окисляемости за исследуемый период имели тенденцию к снижению в акватории заповедника, а в зимне-весенний сезон даже приближались к значениям регистрируемым в 2003 г. (Смирнова и др., 2006).

Наилучшим годом, с точки зрения экологического благополучия вод акватории заповедника, был 2015, хорошие показатели демонстрирует также год 2018. Наихудшие показатели получены для 2014 г. В целом результаты наших исследований свидетельствуют о тенденции улучшения экологического состояния заповедной акватории.

Список литературы

1. Ковригина Н.П., Бобко Н.И. Особенности распределения гидрохимических показателей на акватории Карадагского заповедника в летне-осенний период 2004 года // *Летопись природы*: Т. XXI, 2004 год. – Симферополь, СОНАТ – 2006. – С. 30–40.
2. Ковригина Н.П., Троценко О.А., Щуров С.В. Особенности пространственного распределения гидролого-гидрохимических показателей прибрежной акватории Карадага в современный период (2005–2006 гг.) // *Карадаг – 2009: Сборник научных трудов, посвящённых 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника Национальной академии наук Украины*. – Севастополь: ЭКОСИ–Гидрофизика, 2009. – С. 446–461.
3. *Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях*. Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 725 с.
4. *Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения*. СанПиН 2.1.5.2582-10. – М.: 2010. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/57/57909/>
5. Скопинцев Б.А. Формирование современного химического состава вод Черного моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 335 с.
6. Смирнова Ю.Д., Глибина Н.А., Кондратьева Е.Н., Заклецкий А.А. Исследования экологического состояния акватории Карадагского природного заповедника и прилегающих районов // *Летопись природы*: Т. XX, 2003 год. – Симферополь, СОНАТ – 2004. – С. 30–35.
7. Смирнова Ю.Д., Глибина Н.А., Кондратьева Е.Н., Заклецкий А.А., Марченко В.С., Смирнов Д.Ю. Гидрохимические и гидробиологические исследования в акватории Карадагского природного заповедника в 2004 г. // *Летопись природы*: Т. XXI, 2004 год. – Симферополь, СОНАТ – 2006. – С. 40–50.
8. Смирнова Ю.Д., Алексеева В.Е., Кондратьева Е.Н. Исследование узкой прибрежной зоны акватории КаПриЗ в 2007 г. (гидрохимические, микробиологические показатели, состояние сообществ донных моллюсков) // *Летопись природы Карадага*: Т. XXIV, 2007 год. – Симферополь. «Н. Орианда». – 2009. — С. 228–233.
9. Смирнова Ю.Д. Результаты многолетних исследований узкой прибрежной зоны акватории Карадагского заповедника (гидрохимия, гидробиология) // *Карадаг – 2009: Сб. научн. трудов, посвященный 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника Национальной академии наук Украины* / ред. А.В. Гаевская, А.Л. Морозова. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – С. 462–473.
10. Смирнова Ю.Д., Алексеева В.Е., Кондратьева Е.Н. Исследование узкой прибрежной зоны акваторий КаПриЗ в 2008 г. (гидрохимия, гидробиология) // *Карадагский природный заповедник. Летопись природы*: Т. XXV. 2008 год. – Симферополь: Н. Орианда. – 2010. – С. 295–300.
11. Смирнова Ю.Д., Кондратьева Е.Н., Смирнов Д.Ю. Мониторинговые исследования узкой прибрежной зоны моря Карадагского заповедника // *Заповедники Крыма. Биоразнообразие и охрана природы в Азово-Черноморском регионе. Материалы VII Международной научно-практической конференции (Симферополь, 24–26 октября 2013 г.)*. – Симферополь, 2013. – С. 388–394.
12. Троценко О.А., Ковригина Н.П., Лисицкая Е.В., Капранов С. В., Еремин И.Ю., Родионова Н.Ю. Гидролого-гидрохимическая ситуация и состояние меропланктона на взморье Карадага (2017 г.) // *Труды Карадагской научной станции им. Т.И.Вяземского – природного заповедника РАН*. – 2018, № 2 (6). – С. 47–62.

13. Троценко О.А., Субботин А.А., Ерёмин И.Ю. Изменчивость параметров термохалинной структуры вод в прибрежной зоне Карадагского природного заповедника по данным многолетних исследований // 100 лет Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского: сборник научных трудов. – Симферополь: Н. Орианда – 2015. – С. 748–752.

**RESULTS OF HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL MONITORING OF
AQUATORY OF THE KARADAG NATURE RESERVE AND ADJACENT NEAR-
SHORE SHALLOW WATERS IN 2012-2018**

Maltsev V.I., Smirnova Yu.D., Kandratyeva E.N.

T.I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the RAS, Kurortnoe, Feodosia, Russian Federation

e-mail: maltsev1356@gmail.com, julia.karadag@gmail.com, celenakd@mail.ru

The article summarizes and analyzes the results of hydrological and hydrochemical monitoring of the aquatory of the Karadag Nature Reserve and adjacent aquatories opposite the nearest residential areas (totally 11 stations) during 2012–2018. Temperature of surface water varied from 8 °C in winter to 26 °C in July-September. The transparency of water estimated with the Secchi disk varied from 0.5 to 16 m; generally, there is a tendency of transparency reduction in the waters opposite the settlements of Koktebel and Kurortnoye (Crimea). The concentration of dissolved oxygen in the surface layer of water ranged from 7 to 16 mg O₂/l, (usually from 8 to 12 mg O₂/l). In shallow water areas if the bottom is covered with macroalgae in the summer there was a significant increase of the oxygen concentration in the bottom layer compared to the surface. Permanganate chemical oxygen demand (COD) were in the range of 1.2–9.2 mg/l, the main array of values lies in the "corridor" 2–7 mg/l. The values of biochemical oxygen demand (BOD₅) varied from 0.2 to 8 mg O₂/l, the curves of BOD₅ indicate the presence of a polluting effect from residential areas. In general, the monitoring data shows the relative environmental well-being of the protected aquatory. The best year in terms of the ecological well-being of the waters of the reserve was 2015, good performance also shows the year 2018. The worst hydrochemical parameters were obtained for 2014. In general, the results of our research indicate a tendency of the ecological status of the protected aquatory to be improved.

Key words: Karadag reserve, reserved aquatory, temperature, transparency, dissolved oxygen, COD, BOD₅.

Поступила в редакцию 27.10.2018 г.