

На правах рукописи



ДЕГТЯРЕВА ЛАРИСА ВЯЧЕСЛАВНА

**ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ
СЕВЕРНОГО КАСПИЯ И ЕГО РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ
КОРМОВОЙ БАЗЫ И УЛОВОВ ПРОМЫСЛОВЫХ ВИДОВ РЫБ**

Специальность 06.04.01 – Рыбное хозяйство и аквакультура

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Новосибирск – 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства»

Научный руководитель доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ **Зайцев Вячеслав Федорович**

Официальные оппоненты:

Ядренкина Елена Николаевна, доктор биологических наук, ФГБУН Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской академии наук (ИСиЭЖ СО РАН), лаборатория зоологического мониторинга, старший научный сотрудник

Ушивцев Владимир Борисович, кандидат биологических наук, ФГБУН Каспийский филиал учреждения Российской академии наук «Институт океанологии им П.П. Ширшова РАН», директор

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Южный научный центр Российской академии наук

Защита диссертации состоится «16» ноября 2017 г. в 13:30 час. на заседании диссертационного совета Д 999.181.03, созданного на базе ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ» по адресу: 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, д. 160.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке по адресу: ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» по адресу: 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, д. 160.

Тел./факс: 8(383)267-05-10, Email: kropachev@ngs.ru

Автореферат разослан « » октября 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Д.В. Кропачев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Северный Каспий – уникальный природный объект, имеющий большое хозяйственное значение и как рыбопромысловый, и как нефтегазоносный район.

В современный период на экосистему моря воздействует ряд антропогенных факторов, доминирующими из которых являются загрязнение и эвтрофирование. Загрязнение, в том числе и органическими токсикантами (Салманов, 1999; Карыгина и др., 2014), формируется главным образом за счёт поступления загрязняющих веществ с речным стоком. В результате развития эвтрофикационных процессов увеличилась скорость новообразования органического вещества, нарушились трофические связи (Салманов, 1999). В сложившихся в Северном Каспии условиях усиления интенсивности первичного продуцирования органики, вызванного развитием эвтрофикационных процессов, а также возрастанием выноса органических соединений, особую значимость приобретает исследование органического вещества как показателя степени эвтрофирования и загрязнения. Внутри данной задачи особенно остро стоит проблема изучения органического вещества донных отложений (ДО) как наиболее информативного показателя экосистемы (Комов, 1999) и пищевого субстрата для бентосных организмов (Яблонская, 1952).

Необходимость комплексного изучения взаимодействия компонентов в экосистеме, выявление зон особой уязвимости для целей экологизации производственной деятельности, прогноза изменения численности и биомассы северо-каспийского кормового зообентоса и потенциальных уловов рыб-бентофагов определяет актуальность данной работы.

Степень разработанности темы. Изучению органического вещества в ДО Северного Каспия посвящены работы многих учёных (С. В. Бруевич (1940, 1947), М. В. Кленова (1948, 1956), А. С. Пахомова (1956, 1959, 1961), Т. И. Горшкова (1952, 1973), О. К. Бордовский (1969), И. А. Хрипунов (1976, 1978), Ю. П. Хрусталева (1978, 1989) и др.). Однако исследования проводились нерегулярно, не были выявлены факторы среды, влияющие на пространственное распределение, многолетнюю и сезонную динамику содержания органики в ДО. Несмотря на неоднократные указания многими исследователями на неоди-

наковые условия в осадконакоплении, на акватории Северного Каспия не проведено районирование по источникам питания грунтов органическим материалом. Не выявлены зависимости биомассы бентосных организмов и уловов рыб от уровня накопления органического вещества в ДО Северного Каспия.

Цель исследований: изучить пространственно-временное распределение органического углерода ($C_{орг.}$) в ДО западной части Северного Каспия, выявить факторы, его обуславливающие, провести районирование Северного Каспия по условиям формирования ДО органическим материалом, выявить зависимости количества бентоса и уловов рыб от уровня накопления органики в ДО.

Задачи исследований:

- изучить пространственное распределение $C_{орг.}$ в ДО с выявлением факторов среды, его определяющих;
- изучить сезонную и годовую динамику уровня накопления $C_{орг.}$ и факторов, их обуславливающих, на основании чего провести районирование акватории по источникам питания осадков органическим материалом (аллохтонным и автохтонным);
- выявить корреляционные зависимости между содержанием $C_{орг.}$ в ДО и количественными показателями бентосных организмов;
- определить влияние уровня накопления $C_{орг.}$ в ДО на уловы промысловых видов рыб.

Научная новизна. Впервые на основе многолетних исследований оценён современный уровень содержания $C_{орг.}$ в ДО западной части Северного Каспия. Определена многолетняя и сезонная динамика уровня накопления органики, а также факторы, её определяющие. Выделены районы аллохтонного и автохтонного питания осадков органическим материалом, на основе чего предложено районирование акватории северо-западной части моря по способу питания осадков органическим веществом. Впервые выявлены зависимости между содержанием органического вещества в ДО Северного Каспия и численностью и биомассой бентоса, а также уловами промысловых рыб-бентофагов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Данные и выводы, представленные в работе, имеют значение для оценки современного экологического состояния Северного Каспия в условиях хронического антропогенного

воздействия на его экосистему. Предложенное в работе районирование Северного Каспия может быть использовано при разработке программ эколого-геохимического мониторинга, составлении долгосрочных экологических прогнозов и проведении природоохранных мероприятий. Методологические подходы, использованные в данной работе, могут быть применены при мониторинге других районов моря. Полученные зависимости позволяют прогнозировать тенденции изменения состояния северо-каспийского кормового зообентоса и потенциальные уловы рыб-бентофагов.

Методология и методы исследования. Для выполнения поставленных задач был выполнен комплекс работ, включающий гидрохимические и гидро-биологические исследования, и дальнейшую математическую обработку полученных данных. В рамках гидрохимического направления были определены факторы, влияющие на содержание $C_{орг.}$ в ДО: температура придонного слоя воды, насыщение поверхностных и придонных вод кислородом, солёность в придонном слое, pH у поверхности, растворённые биогенные элементы в поверхностном и придонном горизонтах, фитопигменты. При этом были использованы аттестованные методики или методы, рекомендованные ведущим институтом Росрыболовства (ВНИРО) для рыбохозяйственных исследований.

Для районирования акватории по условиям питания органическим материалом кроме вышеперечисленных факторов учитывались данные по органическому стоку р. Волга и прозрачности.

При оценке влияния органического вещества на кормовые объекты учитывались количественные показатели бентоса, отобранного на тех же станциях. Для исследования были выбраны предпочитаемые объекты питания рыб-бентофагов: воблы, леща, бычков, сазана, осетровых, судака (на первом году жизни). Для выявления влияния содержания $C_{орг.}$ в ДО на рыб-бентофагов были использованы многолетние данные по вылову промысловых видов рыб.

Работа выполнена в ФГБНУ «КаспНИРХ» в 1994–2014 гг.

Благодарности. Автор выражает благодарность директору ФГБНУ «КаспНИРХ» А. В. Мирзояну, исполнительному директору ООО «НИИ экологии южных морей» А. А. Курапову, сотрудникам ФГБНУ «КаспНИРХ» Т. В. Васильевой, Д. В. Кашину, О. А. Письменной, Е. Л. Петренко, А. М. Нефедову, О. Н. Рылиной, Н. В. Галушкиной, Е. А. Кравченко.

Основные положения, выносимые на защиту:

- оценка уровня накопления $C_{орг.}$ в ДО западной части Северного Каспия;
- зависимость пространственного распределения $C_{орг.}$ в ДО от факторов среды;
- сезонная и годовая динамика содержания $C_{орг.}$ в ДО Северного Каспия;
- районирование акватории Северного Каспия по условиям формирования ДО органическим материалом;
- зависимость количественных показателей бентоса от содержания $C_{орг.}$ в ДО;
- влияние содержания $C_{орг.}$ в ДО Северного Каспия на запасы промысловых рыб (вобла, лещ, судак), а также на кормовые объекты (бычковые).

Степень достоверности и апробация работы. При выполнении исследований использовались методики отбора проб, рекомендованные ГОСТ, а также аттестованные или стандартные методы обработки проб. Многолетние и обширные данные позволяют сказать, что исследования достаточно достоверны. Исследования имеют комплексный подход и соответствуют определённым в данной работе целям и задачам. Выводы базируются на основе анализа полученных результатов и полностью раскрывают задачи, поставленные в диссертации.

Основные результаты работы и положения диссертации были представлены: на конференции молодых учёных «Биомониторинг и рациональное использование морских и пресноводных гидробионтов» (Владивосток, 1999 г.); на конференции ГосНИОРХ «Проблемы рыбного хозяйства на внутренних водоёмах» (Санкт-Петербург, 1998 г.); на второй международной конференции молодых учёных и специалистов «Комплексные исследования биологических ресурсов южных морей и рек» (Астрахань, 2007 г.); на четвёртом международном форуме (девятой международной конференции) «Актуальные проблемы современной науки» (Самара, 2008 г.); на десятой международной конференции «Актуальные проблемы современной науки» (Самара, 2009 г.); на IV международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» (Астрахань, 2011 г.); на конференции VII Международной биогеохимической школы «Фундаментальные и инновационные аспекты биогеохимии» (г. Астрахань, 2011 г.); на Всероссийской конференции с международным участием «Физиологиче-

ские, биохимические и молекулярно-генетические механизмы адаптаций гидробионтов» (Борок, 2012 г.); на V Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» (Астрахань, 2013 г.); на Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в образовании и науке» (Тамбов, 2013 г.), на международной научно-практической конференции «Сохранение биологических ресурсов Каспия» (Астрахань, 2014 г.), на международной научно-практической конференции «Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности» (Астрахань, 2015 г.), International Congress on «Soil Science in International Year of Soils» (Сочи, 2015 г.); обсуждались на биологических секциях Каспийского научно-исследовательского института, на объединенном пленуме Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии и Гидробиологического общества при РАН «Проблемы эвтрофирования водоемов и трофологии гидробионтов» (Москва, 2013 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 29 печатных работ, в том числе в журналах, рекомендованных перечнем ВАК РФ – 7.

Структура и объём работы. Работа состоит из введения, литературного обзора, материалов и методов исследований, результатов исследований, изложенных в пяти главах, заключения, выводов, списка использованных источников и приложения. Диссертация изложена на 137 страницах машинописного текста. Работа иллюстрирована 51 рисунком и 23 таблицами. Список литературы содержит 220 источников, из них 27 – иностранных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В главе представлена характеристика района исследования, рассматриваются источники поступления седиментационного материала и основные черты осадкообразования. Описывается пространственное распределение растворённого и взвешенного органического вещества и его сезонная динамика. Рассматриваются основные пути седиментации органики. Приводятся данные по биохимическому составу органического вещества морской воды, взвеси и донных отложений. Дана характеристика донных отложений: гранулометрический со-

став грунтов и содержание в них органического вещества по результатам работ предыдущих исследователей. Изложены сведения по использованию органического вещества донных отложений в питании бентосных организмов. Дана характеристика северо-каспийских рыб-бентофагов.

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в северо-западной части Каспийского моря в летне-осенний периоды 1994, 1996–1999, 2005–2014 гг. во время ежегодных мониторинговых исследований Каспийского моря, осуществляемых ФГБНУ «КаспНИРХ», по стандартной сетке станций, общим количеством – 41 станция, с равномерным распределением по акватории.

Объектами исследования являются: донные отложения, бентос, рыбы.

Основные этапы и пути исследования представлены в программно-целевой модели на рис. 1.

Отбор проб донных отложений проводился в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80. Пробы воды отбирались в соответствии с ГОСТ Р 51592-2000.

В пробах ДО, содержащих менее 0,6 % хлоридов, концентрацию $C_{орг.}$ определяли по ГОСТ 26213-91. В образцах ДО, где содержание хлоридов превышало 0,6 %, концентрацию $C_{орг.}$ определяли методом Тюрина в модификации Заславского.

В течение всего периода исследований на тех же станциях определялись следующие показатели: глубина; температура придонного слоя воды; насыщение поверхностных и придонных вод кислородом по РД.52.10.243-92. Также по РД.52.10.243-92 определялись солёность в придонном слое (2010–2012 гг.) и pH у поверхности (1994–2009 гг.). В 2005–2011 гг. в пробах воды дополнительно определяли растворённые биогенные элементы в поверхностном и придонном горизонтах: органический углерод – бихроматным сжиганием (Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге, 2003), органический фосфор и органический азот – методом Королёва–Вальдеррама (РД.52.10.243-92, 1993); фитопигменты (хлорофиллы «а», «b», «с», феофитин, каротиноиды) – спектрофотометрическим методом (Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге, 2003). В 2007–2011 гг. проводились работы по определению

гранулометрического состава грунтов по ГОСТ 12536-79.

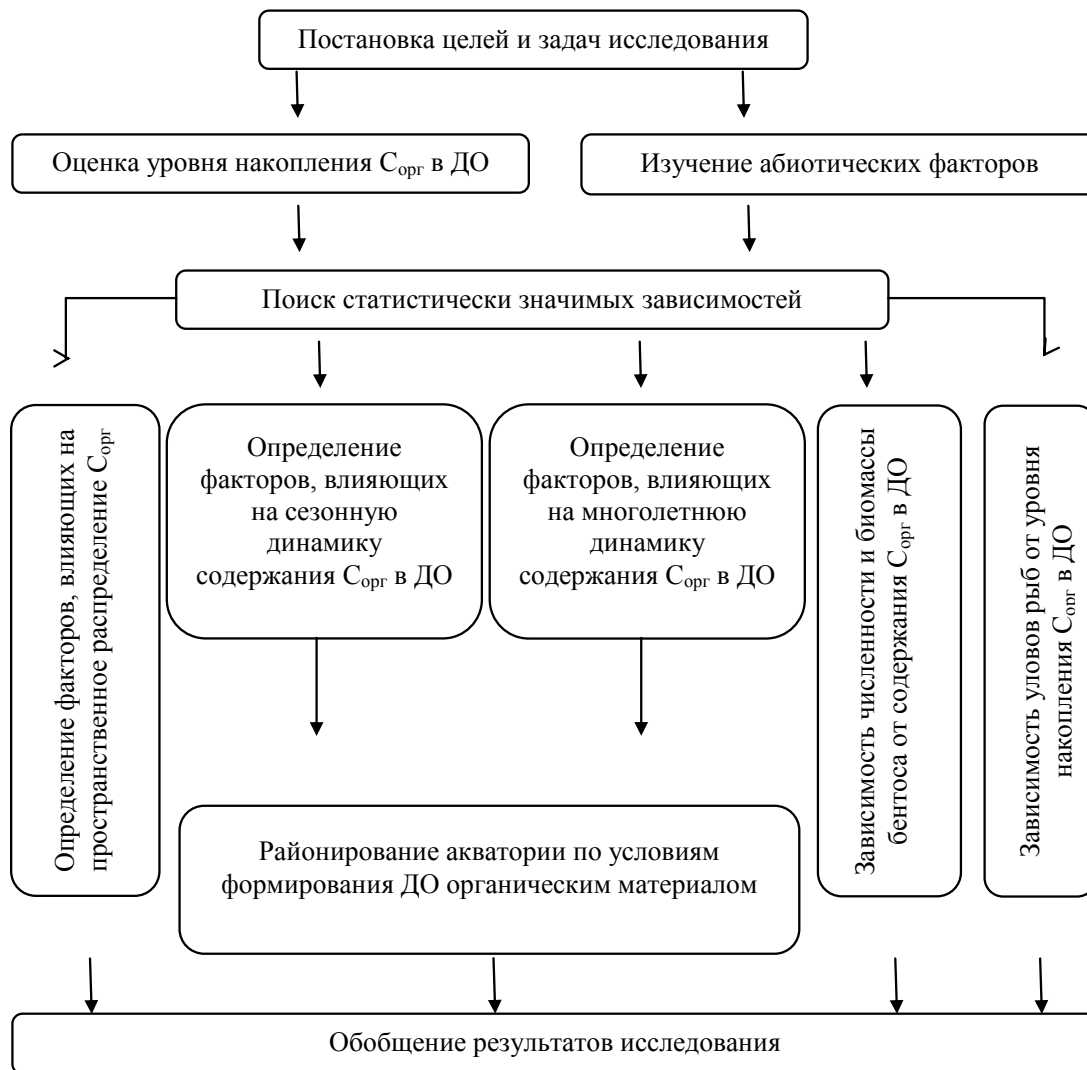


Рис. 1. Программно-целевая модель исследования

Также в работе были использованы данные по уровню моря и органическому стоку р. Волга за весь исследуемый период.

Для выделения участков по условиям питания органическим материалом было проведено районирование исследуемой акватории. Воздействие аллохтонной органики на накопление $C_{\text{орг}}$ в ДО оценивалось по степени влияния органического стока и прозрачности на концентрацию $C_{\text{орг}}$ в ДО, автохтонной – по тесноте зависимости между $C_{\text{орг}}$ в ДО и показателями интенсивности первичной продукции (рН, кислород, растворенные биогенные элементы в органической форме, фитопигменты в поверхностном слое воды).

Для оценки сорбционных свойств ДО был рассчитан коэффициент донной аккумуляции (В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко, 2005).

Определение организмов зообентоса проводилось до вида (Атлас беспозвоночных Каспийского моря, 1968). Для исследования были выбраны предпочитаемые объекты питания рыб-бентофагов: воблы, леща, бычков, сазана, осетровых, судака (на первом году жизни). Определение бентоса проводилось сотрудниками лаборатории гидробиологии ФГБНУ «КаспНИРХ». В работе использованы многолетние данные по вылову промысловых видов рыб-бентофагов.

Математические и статистические расчёты проводились в компьютерных программах «Exell» и «StatPlus 2009 5.7.6.0» (расчёт средних величин, оценки достоверности, коэффициента корреляции). Для оценки статистических закономерностей использовалась шкала Любарского (Е. Л. Любарский, 1975).

Статистический анализ связей между уровнем накопления $C_{\text{орг.}}$ в ДО и количественными показателями бентоса был выполнен по данным внутри каждого года. При недостаточном количестве случаев обнаружения организмов массивы группировались в периоды лет.

Всего было исследовано 728 образцов грунта на содержание $C_{\text{орг.}}$ в ДО, 94 – для определения гранулометрического состава; 314 для подсчёта количественных показателей бентоса; а также 187 проб воды для определения солёности, 452 – рН, 1 190 – содержания кислорода, а также по 862 пробы воды для измерения концентрации органического углерода, органического фосфора, органического азота, и 464 – фитопигментов. Данные по вылову промысловых видов рыб-бентофагов охватывают период с 1994 по 2014 гг.

Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Пространственное распределение органического углерода в донных отложениях Северного Каспия

В результате проведённых исследований обнаружено, что содержание органического углерода в донных отложениях Северного Каспия в период 1994–2014 гг. изменялось от 0,01 до 2,82 %. Распределение органики в грунтах неоднородно (рис. 2) и зависит от типа ДО, гидродинамических и продукционных процессов.

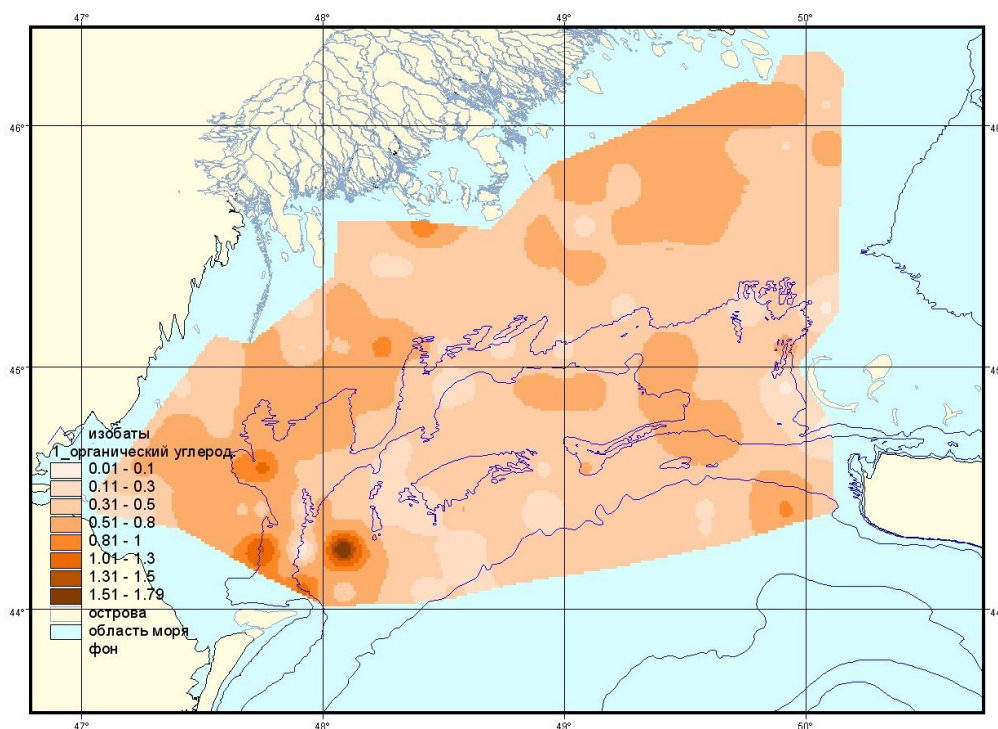


Рис. 2. Среднегодовое содержание $C_{орг.}$ в ДО западной части Северного Каспия, %

Содержание $C_{орг.}$ в ДО находится в прямой положительной зависимости от процента пелитовой и алевритовой фракций осадка (с достижением коэффициента корреляции +0,73 и +0,76 соответственно). Наиболее высокая интенсивность накопления органического углерода свойственна мелкодисперсным грунтам, обладающим наибольшей сорбционной способностью.

В результате исследований выявлена зональность в распределении органического вещества по солёности придонного горизонта воды. Депоцентром накопления в осадках $C_{орг.}$ является область, занятая водами с солёностью 4–5 ‰, где в результате активизации процессов флокуляции и сорбции, сопровождающихся переходом растворённых органических веществ в ДО (Лисицын, 1994), наблюдается повышение уровня накопления $C_{орг.}$.

Количество органического вещества в ДО увеличивается с возрастанием интенсивности продукционных процессов, что подтверждается обнаруженными положительными корреляционными связями между уровнем накопления $C_{орг.}$ в ДО и показателями интенсивности продуцирования органического вещества (насыщением поверхностных вод кислородом, концентрацией фитопигментов и растворённых органических биогенных веществ: фосфора, азота, углерода).

В связи между $C_{\text{орг.}}$ в ДО и насыщением поверхностных вод кислородом максимальный коэффициент корреляции был равен $+0,74$ ($n = 16$, $p < 0,05$; июнь, 2011 г.); $C_{\text{орг.}}$ в ДО и водородным показателем pH в поверхностном горизонте – $+0,78$ ($n = 31$, $p < 0,05$; август, 1994 г.) (рис. 3).

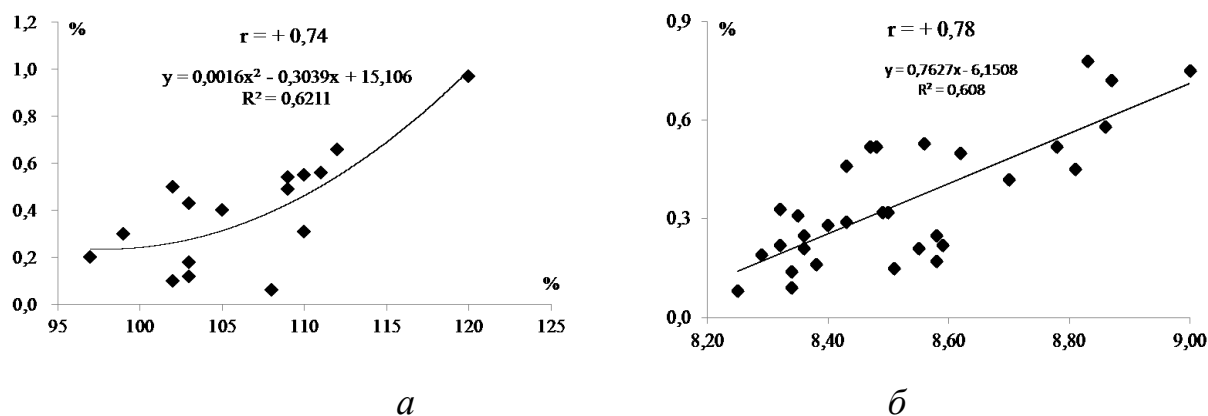


Рис. 3. Максимальные зависимости накопления $C_{\text{орг.}}$ (%) в ДО от насыщения поверхностных вод кислородом (%) (а) и pH (б)

Проведённые исследования показали наличие зависимости между уровнем накопления $C_{\text{орг.}}$ в ДО и концентрацией фитопигментов в поверхностном слое (табл. 1). Наиболее высокие коэффициенты корреляции отмечены в связях $C_{\text{орг.}}$ – хлорофилл «а» и $C_{\text{орг.}}$ – каротиноиды (фитопигменты, наиболее активно накапливающиеся в ДО). Воздействие концентрации фитопигментов на накопление $C_{\text{орг.}}$ в ДО усиливается к августу, что можно объяснить сезонным отложением первичнопродуцируемого органического вещества.

Коэффициенты корреляции в связи $C_{\text{орг.}}$ в ДО – концентрация органического фосфора в поверхностном и придонном слое достигали соответственно $+0,83$ и $+0,65$ ($n = 23$, $p < 0,05$; 2010 г.). Максимальные коэффициенты корреляции в связи $C_{\text{орг.}}$ в ДО – концентрация азота в поверхностном и придонном слое, достигали $+0,62$ и $+0,72$ (соответственно $n = 32$, $p < 0,05$, 2011 г.; и $n = 28$, $p < 0,05$, 2007 г.).

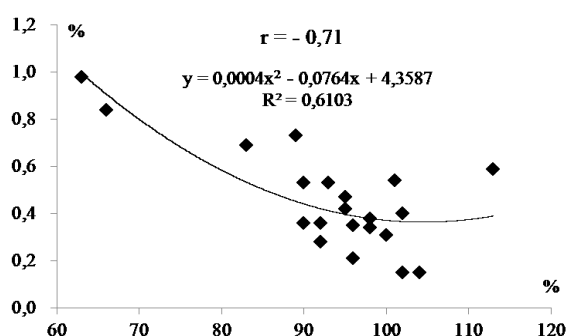
В зависимости $C_{\text{орг.}}$ в ДО от концентрации растворённого углерода в поверхностном и придонном слое коэффициенты корреляции достигали соответственно $+0,79$ (при $n = 41$, $p < 0,05$; 2008 г.) и $+0,70$ ($n = 48$, $p < 0,05$; 2009 г.).

**Коэффициенты корреляции между уровнем накопления $C_{орг.}$
в ДО и концентрацией фитопигментов**

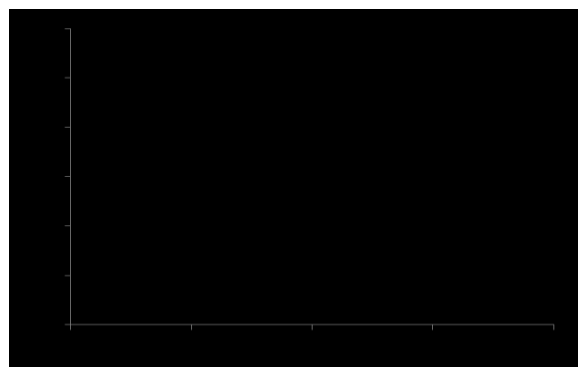
	2005 г. VI	2008 г. VII	2009 г. VII	2010 г. VII	2011 г. VII	2011 г. VIII	2008 г. IX–X
«а»	+0,63	+0,79	+0,46	+0,50	–	+0,79	+0,53
«б»	–	–	–	+0,79	–	+0,62	–
«с»	–	–	+0,40	+0,56	+0,52	+0,65	–
феофитин	+0,89	+0,73	–	+0,7	–	+0,79	+0,48
каротиноиды	–	+0,79	–	+0,58	–	+0,84	+0,54
Σabc	–	+0,77	+0,47	+0,55	–	+0,83	–
n	13	12	21	15	12	17	30

Примечание: * – отсутствие статистически значимой связи.

Уровень накопления органического вещества в осадках определяется содержанием кислорода в придонном слое воды. Коэффициент корреляции между содержанием $C_{орг.}$ в ДО и относительным содержанием кислорода в придонном слое достигал $-0,71$ (при $n = 21$, $p < 0,05$; сентябрь, 2010 г.) (рис. 4а).



а



б

Рис. 4. Максимальные зависимости накопления $C_{орг.}$ в ДО (%)
от насыщения придонных вод кислородом (%) (а)
и температуры придонного слоя воды ($^{\circ}\text{C}$) (б)

Снижение уровня накопления $C_{орг.}$ определяется и возрастанием температуры придонного слоя воды, с повышением которой увеличивается скорость

разложения органики (Бессонов и др., 1987; Лобковский и др., 2005). Коэффициент корреляции в связи $C_{орг.}$ в ДО – температура придонного горизонта, достигал $-0,72$ (при $n = 12$, $p < 0,05$; октябрь, 2008 г.) (рис. 4б).

Из всех факторов наиболее тесные зависимости отмечены в связях $C_{орг.}$ – pH, $C_{орг.}$ – фитопигменты, $C_{орг.}$ – кислород, $C_{орг.}$ – пелитовая фракция. То есть наибольшее влияние на пространственное распределение $C_{орг.}$ в ДО оказывают интенсивность первичной продукции и гранулометрический состав.

3.2. Сезонная динамика органического углерода в донных отложениях Северного Каспия

Исследования показали, что направленность сезонного хода $C_{орг.}$ в ДО в различных районах Северного Каспия неодинакова. Внутригодовые изменения изучаемого компонента зависят от источников питания осадков органическим материалом. Районирование исследуемой акватории позволило выделить участки, подверженные влиянию аллохтонной органики и автохтонной органики.

В районах, находящихся под влиянием аллохтонной органики, сезонная динамика в накоплении $C_{орг.}$ в ДО состоит в зависимости от выноса органического вещества с речным стоком. Влияние западной струи волжского стока (Волго-Каспийского канала (ВКК)) прослеживается до 8-метровой изобаты, восточных, характеризующихся меньшей мощностью, чем ВКК, рукавов – до глубины 5 м (коэффициенты корреляции были равны $+0,93$ и $+0,61$ соответственно).

На акватории за 8-метровой глубиной на западе и 5-метровой глубиной на востоке влияние выноса органического вещества с волжским стоком в период половодья на изменение содержания органического углерода в ДО не выявлено ($r = +0,07$). В этой области сезонная динамика накопления органического вещества в ДО не зависит от выноса органики с волжским стоком.

В районах, ДО которых питаются в основном автохтонным органическим материалом (за 5-метровой изобатой на западе и 4-метровой изобатой на востоке), содержание органического вещества зависит от продуцирования органики и находится в зависимости от показателей интенсивности продукционных процессов: насыщения поверхностных вод кислородом ($r = +0,87$), pH ($r = +0,78$), растворённого органического углерода ($r = +0,92$) и фитопигментов ($r = +0,99$).

3.3. Многолетняя динамика накопления органического углерода в донных отложениях Северного Каспия

Направленность межгодового хода содержания $C_{\text{орг.}}$ в ДО зависит от источников питания осадков органическим веществом. Районирование западной части Северного Каспия определило участки, подверженные влиянию аллохтонной органики, а также интенсивности продукционных процессов, где многолетние изменения исследуемого компонента зависят от насыщения вод кислородом, pH, растворённого $C_{\text{орг.}}$ и фитопигментов.

Воздействие стока ВКК отмечено до 8-метровой изобаты, восточных рукавов – до 5-метровой изобаты ($r = +0,72$ и $+0,62$ соответственно).

На акватории за 8-метровой глубиной на западе и 5-метровой глубиной на востоке влияния выноса органического вещества с волжским стоком в период половодья на межгодовые изменения содержания органического углерода в ДО не выявлено ($r = -0,26$). Вынос органического вещества не оказывает влияния на межгодовую динамику накопления $C_{\text{орг.}}$ в ДО, залегающих в этой зоне.

Многолетние изменения концентрации $C_{\text{орг.}}$ в зависимости от показателей интенсивности продукционных процессов: насыщения вод кислородом ($r = +0,72$), pH ($r = +0,82$) и хлорофилла «а» ($r = +0,70$) в поверхностном горизонте) выявлены в западной части исследуемой акватории за изобатой 5 м и в восточной части за изобатой 4 м.

3.4. Районирование Северного Каспия по условиям формирования донных отложений

Одной из задач исследования являлось разделение западной части Северного Каспия на локальные зоны по условиям формирования осадков путём оценки влияния аллохтонной и автохтонной органики на накопление $C_{\text{орг.}}$ в ДО.

Степень влияния аллохтонного органического вещества на накопление органики в ДО оценивалась по зависимости содержания $C_{\text{орг.}}$ в ДО от выноса органического вещества со стоком р. Волги (основным источником поступления аллохтонных биогенных веществ в Северный Каспий) в период половодья. Для оценки вклада автохтонной органики были проанализированы данные по относительному содержанию кислорода в поверхностном слое воды, водородному показателю (pH), а также по концентрации фитопигментов и растворённого

органического углерода (показателей интенсивности первичной продукции).

К районам, органическое вещество осадков которых имеет аллохтонный генезис (область аллохтонного формирования ДО органическим материалом), относится западная часть с глубинами до 5 м и восточная – до 4 м. К районам, где накопление органики зависит от поступления автохтонного органического вещества (область автохтонного формирования ДО органическим материалом), принадлежит акватория, расположенная за изобатой 8 м на западе и 5 м на востоке. Глубины 5–8 м на западе и 4–5 м на востоке являются областью смешанного питания ДО органическим материалом (рис. 5).

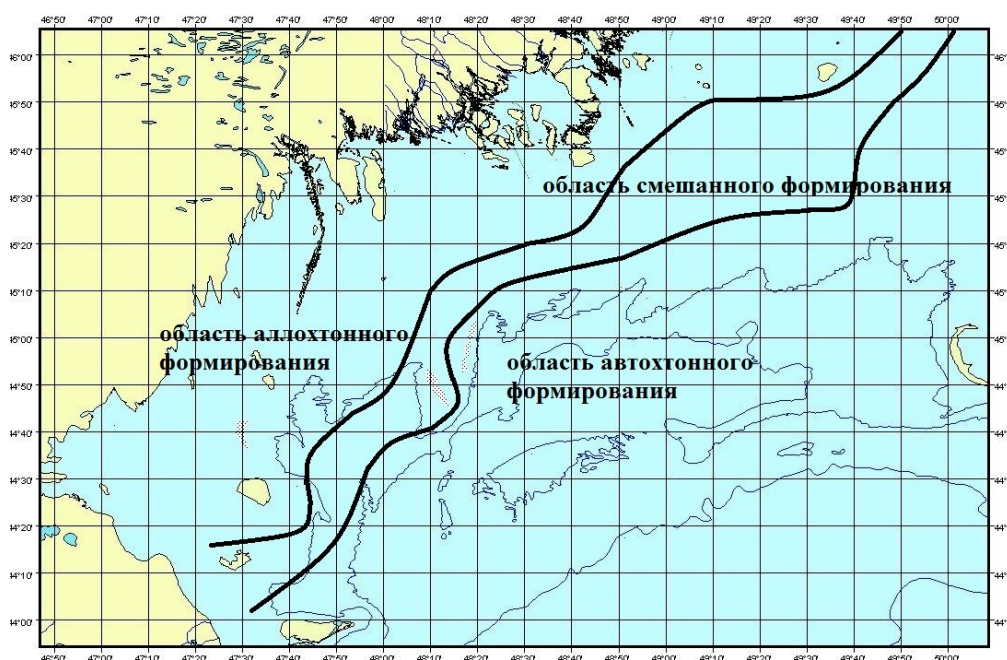


Рис. 5. Районирование акватории Северного Каспия по условиям формирования донных отложений органическим материалом

Коэффициент донной аккумуляции в пределах акватории исследования не превышал 2,22, что свидетельствует о благоприятной экологической ситуации в западной части Северного Каспия (Шитиков и др., 2005). Районами наибольшего аккумулярования органического вещества донными осадками являются: Промрейд ВКК, область к северо-востоку от о. Чечень и банка Ракушечная-Горбачек, что указывает на уязвимость этих областей при возможной дополнительной антропогенной нагрузке.

3.5. Влияние содержания органического углерода на количественные показатели зообентоса и уловы промысловых видов рыб

Представители инфавны (*Chironomidae*, *Polyhaeta*), в процессе жизнедеятельности механически воздействующие на грунт и усиливающие приток кислорода, влияют на деструкцию органического вещества в ДО. Коэффициент корреляции в связи $C_{орг.}$ – численность *Chironomidae* достигал $-0,89$ (2011 г.); $C_{орг.}$ – численность *Hediste diversicolor* – $-0,62$ (2007 г.) (рис. 6); $C_{орг.}$ – биомасса *Hypaniola kowalevskyi* – $-0,55$ (2012 г.).

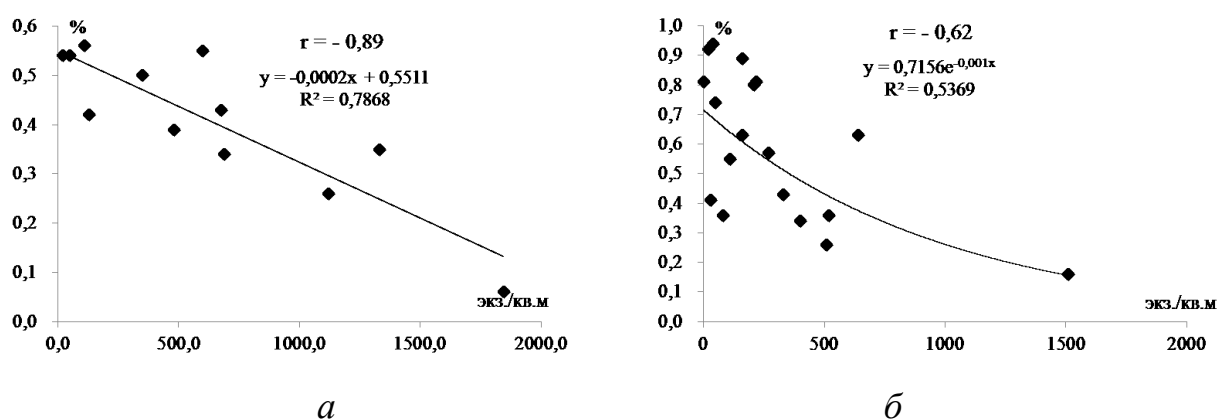


Рис. 6. Взаимозависимость уровня накопления $C_{орг.}$ в ДО (%) и численности *Chironomidae* (а), *Hediste diversicolor* (б) (экз./м²)

Установлены положительные корреляционные зависимости количественных показателей мизид и моллюсков от $C_{орг.}$ в ДО, что доказывает важную роль органического вещества в питании данных бентических организмов.

В связи $C_{орг.}$ в ДО – численность мизид (нектобентос, фильтраторы и собиратели) коэффициент корреляции достигал $+0,86$ (2005–2012 гг.); $C_{орг.}$ в ДО – биомасса *Hypania angusticostata* (монодакна, фильтраторы) достигал $+0,86$ (2005–2012 гг.). Максимальный коэффициент корреляции в связи $C_{орг.}$ в ДО – биомасса *Didacna protracta* (эндобиос, фильтраторы) был равен $+0,75$ (2009 г.), $C_{орг.}$ в ДО – *Abra ovata* (подвижные организмы, собиратели) $+0,95$ (1994–1997 гг.) (рис. 7).

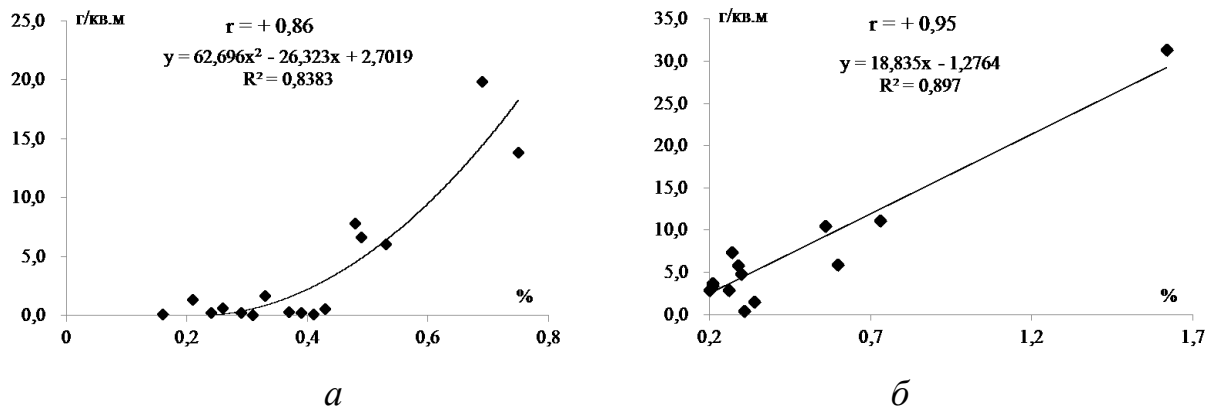


Рис. 7. Взаимозависимость уровня накопления Сорг. в ДО (%) и биомассы *Hypania angusticostata* (а) и *Abra ovata* (б)

Тесные зависимости между содержанием $C_{орг.}$ в ДО и уловами бентосоядных рыб свидетельствуют о влиянии органического вещества в ДО на запасы воблы, леща, судака, бычков. Максимальные коэффициенты корреляции для воблы и леща были получены при анализе данных со смещением на 2 года (+0,92 и +0,77 соответственно) (рис. 8).

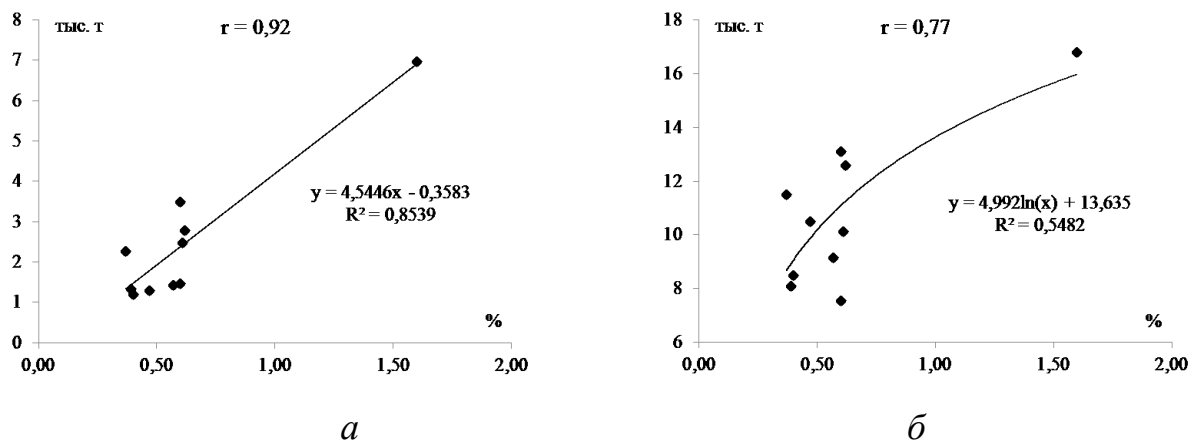


Рис. 8. Зависимость уловов (тыс. т) воблы (а) и леща (б) от накопления Сорг. в ДО (%) с лагом 2 года

Достоверная зависимость уловов судака от содержания $C_{орг.}$ в ДО была получена при анализе синхронных данных ($r = +0,71$) (рис. 9а), что объясняется использованием в его питании бычковых рыб и подтверждается тесной зависимостью между уровнем накопления органического вещества в ДО и численностью

бычков ($r = +0,78$) (рис. 9б). Наиболее тесная зависимость уловов судака от содержания $C_{орг.}$ в ДО была выявлена при смещении данных на 1 год ($r = +0,81$).

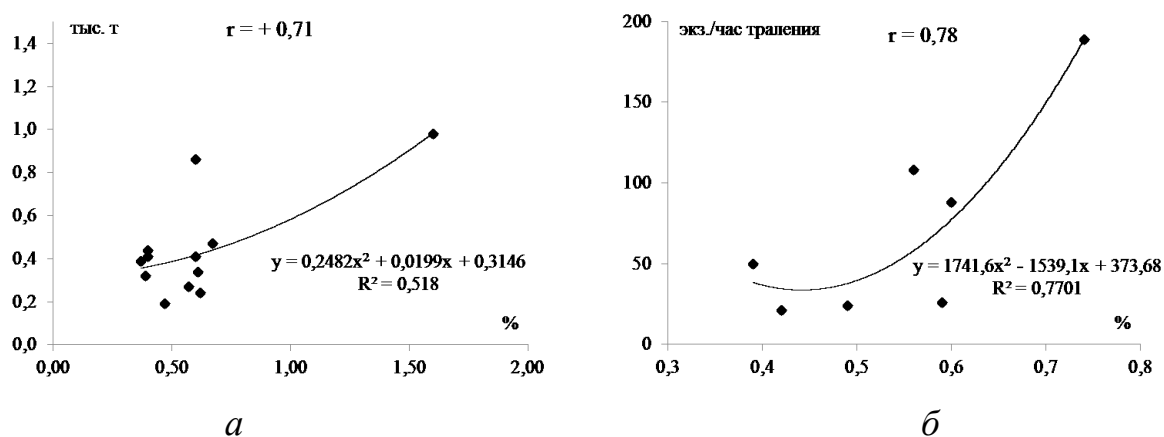


Рис. 9. Зависимость уловов судака (тыс. т) (а) и численности бычков (экз./час траления) (б) от накопления $C_{орг.}$ в ДО (%)

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что за исследуемый период (1994–2014 гг.) концентрация $C_{орг.}$ в ДО западной части Северного Каспия изменялась от 0,01 до 2,82 %. Депоцентр располагается в зоне солёности 4–5 ‰.

2. Доказано, что пространственное распределение $C_{орг.}$ зависит от дисперсности осадка и от показателей уровня развития продукционных процессов: кислорода в поверхностном слое воды ($r = +0,82$), pH ($r = +0,78$), фитопигментов Σabc ($r = +0,83$), содержания растворённых форм органических биогенов.

3. Выявлены зависимости между содержанием $C_{орг.}$ в ДО и температурой придонного горизонта ($r = -0,72$), насыщением кислородом придонного слоя воды ($r = -0,71$) и количеством инфауны, доказывающие, что эти факторы определяют деструкцию органики в ДО.

4. Предложено районирование акватории Северного Каспия по условиям питания осадков органическим материалом. Область аллохтонного формирования расположена на глубинах менее 5 м на западе и менее 4 м на востоке. Область автохтонного формирования – более 8 м на западе и 5 м на востоке. Глубины 5–8 м на западе и 4–5 м на востоке являются областью смешанного питания ДО органическим материалом.

5. Показано, что сезонная и годовая динамика содержания $C_{\text{орг.}}$ в ДО в области аллохтонного питания определяется поступлением органического вещества в составе волжского стока в период половодья. В области автохтонного питания – интенсивностью продукционных процессов.

6. Установлено, что количественные показатели бентоса находятся в тесной зависимости с содержанием $C_{\text{орг.}}$ в ДО. Положительные коэффициенты корреляции получены для мизид ($r = +0,93$) и моллюсков: *Hypanis angusticostata* ($r = +0,86$); *Abra ovata* ($r = +0,95$); *Didacna protracta* ($r = +0,75$), что доказывает важную роль органического вещества донных осадков в питании данных бентических организмов.

7. Выявлены тесные зависимости между содержанием $C_{\text{орг.}}$ в ДО и уловами воблы ($r = +0,92$, со смещением на 2 года), леща ($r = +0,77$, со смещением на 2 года), судака ($r = +0,81$, со смещением на 1 год), бычков ($r = +0,78$, синхронные данные), свидетельствующие о влиянии органического вещества в ДО на запасы данных рыб.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Рекомендуется использовать представленные в работе данные и выводы при мониторинге экологического состояния Северного Каспия, разработке методов контроля и проведения природоохранных мероприятий, прогнозе тенденции изменения состояния северо-каспийского кормового зообентоса и потенциальных уловов промысловых видов рыб.

Список наиболее значимых работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Кашин, Д. В. Оценка состояния вод Северного Каспия по биогидрохимическим показателям / Д. В. Кашин, Л. В. Дегтярева // **Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе.** – 2013. – № 5. – С. 60–64.

2. Дегтярева, Л. В. Пространственное распределение органического вещества в донных отложениях Северного Каспия в зависимости от абиотических и биотических факторов среды / Л. В. Дегтярева // **Естеств. науки.** – 2013. – № 2 (43). – С. 49–55.

3. Дегтярёва, Л. В. Влияние факторов среды на межгодовую динамику содержания органического углерода в донных отложениях Северного Каспия /

Л. В. Дегтярева // **Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во.** – 2013. – № 2 (сентябрь). – С. 35–41.

4. Дегтярева, Л. В. Сезонная динамика содержания органического углерода в донных отложениях западной части Северного Каспия / Л. В. Дегтярева // **Изв. Самар. науч. центра РАН.** – 2013. – № 3 (1). – С. 484–488.

5. Дегтярева Л. В. Экологические аспекты распределения органического вещества в воде и донных отложениях Северного Каспия / Л. В. Дегтярева, Д. В. Кашин // **Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе.** – 2014. – № 12. – С. 39–44.

6. Дегтярёва, Л. В. Влияние содержания органического углерода в донных отложениях Северного Каспия на численность и биомассу зообентоса / Л. В. Дегтярёва, О. А. Письменная, Е. Л. Петренко // **Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во.** – 2015. – № 1 (март). – С. 37–46.

7. Курапов, А.А. Районирование Северного Каспия по условиям накопления органических веществ в донных отложениях / А. А. Курапов, Л. В. Дегтярева / **Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе** // Июнь, 2016. С. 26-29.

Публикации в других изданиях

8. Дегтярева, Л. В. Органическое вещество донных отложений Северного Каспия / Л. В. Дегтярева // Биомониторинг и рациональное использование морских и пресноводных гидробионтов. Тез. докл. конф. молодых ученых. Владивосток 24-26 мая 1999. – Владивосток, 1999. – С. 133.

9. Дегтярева, Л. В. Содержание органического углерода в донных осадках Северного Каспия / Л. В. Дегтярева // Проблемы рыбного хозяйства на внутренних водоемах. Тез. конф. ГосНИОРХ (23-25 марта 1998 г). – С-Петербург, 1999. – С. 239-240.

10. Дегтярева, Л. В. Органическое вещество донных осадков дельты Волги и мелководья Северного Каспия / Л. В. Дегтярева // Каспийский Плавающий Университет. Научный бюллетень №1 (2001г.). – Астрахань: Изд-во Каспийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства, 2001. – С. 127.

11. Дегтярева, Л. В. Органическое вещество донных осадков Северного

Каспия / Л. В. Дегтярева, Д. В. Кашин // Материалы второй международной конференции молодых ученых и специалистов. «Комплексные исследования биологических ресурсов южных морей и рек (11-13 апреля 2007 г. Астрахань). – Астрахань, 2007. – С. 38-39.

12. Дегтярева, Л. В. Некоторые особенности биогенного режима Северного Каспия в 2007 году / Л. В. Дегтярева // Актуальные проблемы современной науки. Тр. 3-го Международного форума (8-й международной конференции). Естественные науки. Ч.13: Экология. – Самара: Изд-во СамГТУ, 2007. – С. 16-17.

13. Карыгина, Н. В. О закономерностях накопления органического вещества и нефтяных углеводородов донными осадками Северного Каспия / Н. В. Карыгина, Л. В. Дегтярева // Актуальные проблемы современной науки. Тр. 4-го международного форума (9-й международной конференции). Естественные науки. Ч.113: Экология. – Самара: Изд-во СамГТУ, 2008. – С. 31-32.

14. Дегтярева, Л. В. Сезонные изменения содержания органического углерода в водах северного Каспия / Л. В. Дегтярева // Актуальные проблемы современной науки. Тр. 10-й международной конференции. Естественные науки. Ч.14: Экология. – Самара: Изд-во СГОУ(Н), 2009. – С. 11-13.

15. Дегтярева, Л. В. Сезонные изменения уровня накопления органического вещества в донных осадках Северного Каспия / Л. В. Дегтярева, Ю. А. Ротов // Актуальные проблемы современной науки. Тр. 10-й международной конференции. Естественные науки. Ч.14. Экология. – Самара: Изд-во СГОУ(Н), 2009. – С. 15-16.

16. Дегтярева, Л. В. Оценка состояния донных отложений западной части Северного Каспия / Л. В. Дегтярева // Материалы IV международ. науч.-практич. конф. Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений. 11-13 октября 2011 г. Астрахань, 2011. – С. 77–79.

17. Дегтярева, Л. В. Биогеохимические аспекты содержания нефтяных углеводородов в составе органического вещества в аквасистеме Северного Каспия / Л. В. Дегтярева, Н. В. Карыгина // Фундаментальные и инновационные

аспекты биогеохимии. Материалы VII биогеохим. шк. (12–15 сентября, 2011 г.). М., 2011. – С. 168–170.

18. Дегтярева, Л. В. Содержание органических соединений в грунтах Северного Каспия и их влияние на кислородный режим придонного слоя воды / Л. В. Дегтярева, Н. В. Карыгина // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Физиологические, биохимические и молекулярно-генетические механизмы адаптаций гидробионтов» (Борок, 22-27 сентября 2012 г). – Борок: Изд-во Борок, 2012. – С. 113-116.

19. Дегтярева, Л. В. Сезонная динамика содержания органического углерода в воде и донных отложениях западной части Северного Каспия / Л. В. Дегтярева // Рыбохозяйственные исследования в низовьях реки Волги и Каспийском море: Сборник научных трудов. – Астрахань: Изд-во ФГУП «КаспНИРХ», 2012. – С. 55-57.

20. Дегтярева, Л. В. Динамика накопления органического вещества в донных отложениях Северного Каспия / Л. В. Дегтярева // Мат-лы V Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» 26-27 сентября 2013 г. – Астрахань, 2013. – С. 67-70.

21. Карыгина, Н. В. Накопление органических соединений в донных отложениях маргинального фильтра Каспийского моря / Н. В. Карыгина, Л. В. Дегтярева, Е. Г. Лардыгина // Мат-лы V Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» 26-27 сентября 2013 г. – Астрахань, 2013. – С. 100-103.

22. Карыгина, Н. В. Влияние органических соединений на кислородный режим придонного слоя воды Северного Каспия / Н. В. Карыгина, Л. В. Дегтярева // Современные тенденции в образовании и науке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 октября 2013 г.: в 26 частях. Часть 19. М-во обр. и науки РФ. – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес- Наука- Общество», 2013. – С. 52-53.

23. Дегтярева, Л. В. Содержание фитопигментов и накопление органического вещества в донных отложениях Северного Каспия / Л. В.

Дегтярева, Е. А. Кравченко // «Сохранение и восстановление биологических ресурсов Каспийского моря (посвящается 100-летию Азербайджан. Науч.-Исследов. Ин-та Рыб. Хоз-ва). Сб. статей. – Баку : Элм, 2013. – С. 266–270.

24. Зайцев, В. Ф. Пространственно-временная динамика органического углерода в донных отложениях мелководной зоны Северного Каспия / В. Ф. Зайцев, Л. В. Дегтярева // Сохранение биологических ресурсов Каспия. Международ. науч.-практич. конф., Астрахань, 18–19 сентября 2014 г.: материалы и докл. – Астрахань, 2014. – С. 172–174.

25. Degtjareva, L. The content of the organic carbon in grounds of the Caspian sea / L. Degtjareva, V. Zajcev // The Proceedings of the International Congress on “Soil Science in International Year of Soils”. 19–23 October, 2015. Sochi, RUSSIA. Article book. – P. 84–86.

26. Дегтярева, Л. В. Содержание органического вещества и тяжелых металлов в донных отложениях Северного Каспия. / Л. В. Дегтярева, О. А. Лазарева, О. В. Попова, А. М. Кривошекова // Наука и образование в XXI веке: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 октября 2014 г. Часть 10. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2014. – С. 44-46.

27. Дегтярева, Л. В. Оценка кумулятивных свойств донных отложений Северного Каспия / Л. В. Дегтярева // Рыбохозяйственные исследования в Каспийском море в условиях освоения нефтегазовых месторождений : сб. науч. тр. – Астрахань : Изд-во КаспНИРХ, 2015. – С. 55–58.

28. Дегтярева Л. В. Содержание органического вещества в донных отложениях / Л. В. Дегтярева // Материалы международной научно-практической конференции «Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности» (16-17 октября 2015 года, Астрахань, Российская Федерация). – Астрахань: Издатель Сорокин Роман Васильевич, 2015. – С. 41-43.

29. Васильева, Т. В. Влияние органического вещества донных отложений Северного Каспия на запасы промысловых видов рыб. / Т. В. Васильева, Л. В. Дегтярева, А. А. Курапов // Национальная Ассоциация Ученых (НАУ). Ежемесячный научный журнал. – 2016. – № 2 (18). – С. 83-86.