ГЛАВА 5

СОВРЕМЕННЫЕ УРОВНИ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ (ХОП) В АБИОТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТАХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

М.С. Лягуша¹, А.П. Черняев¹

Исследовано содержание хлорорганических пестицидов (ХОП) изомеров ГХЦГ и ДДТ и его метаболитов в абиотических компонентах речных и морских экосистем акватории Японского и Охотского морей. Дана оценка длительности нахождения и поступления токсикантов в акватории морей. Рассчитаны коэффициенты, указывающие на давность поступления ХОП в экосистемы.

Ключевые слова: ГХЦГ, ДДТ, вода, донные отложения, Японское море, Охотское море.

¹ Школа естественных наук, Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ), 690922, Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10. E-mail: s-i-o@inbox.ru.

¹ School of School of Natural Sciences, Far Eastern Federal University, 10 Ajax Bay, Russky Island Vladivostok, Russia, 690922. E-mail: s-i-o@inbox.ru.

Для цитирования: Лягуша М.С., Черняев А.П. Современные уровни хлорорганических пестицидов (ХОП) в абиотических компонентах экосистем северо-западной части Тихого океана // Стойкие органические загрязняющие вещества (СОЗ) в Дальневосточном регионе: моря, организмы, человек : монография / В.Ю. Цыганков, М.М. Донец, Н.К. Христофорова [и др.] ; науч. ред. В.Ю. Цыганков. – Владивосток : Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2020. – С. 101–127. – <https://doi.org/10.24866/7444-4891-2/101-127>.

For citing: Liagusha M.S., Cherniaev A.P. Current levels of organochlorine pesticides (OCPs) in the abiotic components of the Northwest Pacific ecosystems // Persistent organic pollutants (POPs) in the Far Eastern Region: Seas, Organisms, Human : monograph / V.Yu. Tsygankov, M.M. Donets, N.K. Khristoforova [et al.] ; ed. by V. Yu. Tsygankov. – Vladivostok : Publishing House of the Far Eastern Federal University, 2020. – P. 101–127. – <https://doi.org/10.24866/7444-4891-2/101-127>.

CHAPTER 5. CURRENT LEVELS OF ORGANOCHLORINE PESTICIDES (OCPS) IN THE ABIOTIC COMPONENTS OF THE NORTHWEST PACIFIC ECOSYSTEMS

M.S. Liagusha¹, A.P. Cherniaev¹

The content of organochlorine pesticides (OCPs) such as HCH isomers and DDT metabolites in abiotic components of aquatic ecosystems of the Sea of Japan / East Sea and the Sea of Okhotsk was studied. Estimation of the duration of the presence and intake of toxicants in the water area of the seas was given. The coefficients indicating the time of OCPs circulation in ecosystems were calculated.

Keywords: HCHs, DDTs, water, bottom sediments, the Sea of the Japan, the Sea of the Okhotsk.

Пестициды – особая группа химических соединений, которые преднамеренно вносят в окружающую среду с целью уничтожения определенных живых организмов. Помимо необходимых человеку эффектов (защита урожая и уничтожение вредителей), эти соединения загрязняют биоту и абиотические компоненты экосистем, снижая устойчивость и биоразнообразие экосистем. Кроме того, многие пестициды способны отрицательно влиять на здоровье человека, вызывая отравления или повышая риск развития онкологических заболеваний [17].

Пестициды широко применяются в сельском хозяйстве в борьбе с вредителями зерновых, зернобобовых, технических культур, плодовых деревьев и виноградников, овощных и полевых культур.

Хлорорганические пестициды (ХОП) признаны одними из самых опасных за счет своей высокой токсичности, биологической активности, устойчивости в окружающей среде, способностям к биоаккумуляции и биомагнификации. Продукты их распада или трансформации, более стабильные, чем исходные пестициды также являются опасными для здоровья человека. Примеры ХОП – известный ДДТ (*n,n*-дихлордифенилтрихлорэтан) и

хлорпроизводные диоксина. Отдельные представители этого класса веществ – сильнейшие яды, в десятки тысяч раз токсичнее цианистого калия [13].

Хлорорганические пестициды в основном проникают в организм человека посредством дыхания, дермального контакта и с пищей. Основные пути выведения ХОП – почки и желудочно-кишечный тракт. К хлорорганическим соединениям существует индивидуальная, видовая и возрастная чувствительность [1]. ХОП *обладают политропным действием*, являются паренхиматозными ядами, поражают центральную нервную систему, печень, почки, мышцу сердца, слизистую оболочку желудка и кишечника, органы внутренней секреции (главным образом надпочечники, щитовидную железу, яичники). Выраженные морфологические изменения в организме теплокровных при отравлении ХОП варьируют от незначительных расстройств кровообращения и обратимых дистрофических изменений до очаговых некрозов, что зависит от организма, дозы, длительности экспозиции и других факторов [23].

Эффективность пестицидов зависит от их способности проникать в целевой организм, транспортироваться в нем к месту действия и подавлять жизненно важные процессы, от количества применяемого вещества (измеряется дозой в мг на весь организм или единицу его веса, либо концентрацией действующего вещества в рабочем растворе) и времени воздействия. Мера активности пестицидов – ЛД₅₀ или СК₅₀ (летальная доза или средняя концентрация раствора, вызывающая гибель 50 % организмов, соответственно), на практике – норма расхода действующего вещества на единицу площади (массы, объема), при которой достигается необходимый защитный эффект [26].

Экологическая безопасность пестицидов связана с их избирательностью, а также большей или меньшей персистентностью – способностью сохраняться определенное время в окружающей среде, не теряя своей биологической активности. Персистентность одного и того же пестицида может существенно меняться в различных объектах окружающей среды и в различных климатических условиях [26].

Многие пестициды токсичны для людей и теплокровных. По острой пероральной токсичности (измеряемой чаще всего на крысах) для пестицидов в СССР была принята следующая классификация: чрезвычайно опасные – ЛД₅₀ до 15 мг/кг, высокоопасные 15–150 мг/кг, умеренноопасные – 150–5000 мг/кг, малоопасные – выше 5000 мг/кг [26].

Наибольшее внимание ученых и общественности вызвал инсектицид под сокращенным названием **ДДТ – дихлордифенилтрихлорметилметан**. Оценка перспективности и безопасности этого соединения быстро сменялась от надежды и восторженных отзывов до горького разочарования и обвинений. Пестициды называли чудом современной химии и непростительной ошибкой ученых [19].

ДДТ обладает высокой устойчивостью к разложению: ни критические температуры, ни ферменты, ни свет не способны оказать на процесс разложения этого соединения заметного эффекта. В результате, попадая в окружающую среду, ДДТ так или иначе попадает в пищевую цепь, где накапливается в значительных количествах сначала в растениях, затем в животных, и наконец, в человеческом организме [3].

ГХЦГ (гексахлорциклогексан, гексахлоран) представляет собой смесь нескольких стереоизомеров. В чистом виде получено восемь изомеров этого вещества, из которых только γ -изомер (линдан) обладает выраженными инсектицидными свойствами. ГХЦГ относится к токсичным соединениям кожно-резорбтивного действия. Обладает выраженными кумулятивными свойствами. Вызывает гиперемии кожи, отеки, появление пузырьков и пустул, раздражение конъюнктивы глаз. ГХЦГ длительно задерживается в органах и тканях организма (особенно в жировой ткани), выделяется через почки, толстую кишку, переходит в молоко кормящих женщин и т. д. В отдельных странах разрешено применение линдана. Он высокотоксичен для млекопитающих (LD_{50} – 25–200 мг/кг) [5].

ХОП обладают высокой химической стойкостью к воздействию различных факторов внешней среды, относятся к группе высоко- и сверхвысокостабильных пестицидов. Обладая этими свойствами, они накапливаются в гидробионтах и передаются по пищевой цепи, увеличиваясь примерно на порядок в каждом последующем звене. Однако не все хлорорганические соединения обладают одинаковой персистентностью и кумулятивными свойствами. В гидросфере и организме гидробионтов они постепенно разлагаются с образованием метаболитов. По вышеназванным причинам в зонах интенсивного земледелия остатки ХОП и их метаболитов в организме гидробионтов обнаруживаются постоянно, что следует учитывать при диагностике отравлений [2].

В пресных и морских водоемах, а также гидробионтах, помимо хлорорганических пестицидов, встречаются сходные с ними полихлориро-

ванные бифенилы (ПХБ) и терфенилы (ПХТ), используемые в промышленности. По своим физико-химическим свойствам и физиологическому действию на организм, а также методам анализа они весьма близки к хлорорганическим пестицидам. Поэтому необходима дифференциация этих групп хлорированных углеводородов [2].

5.1. Загрязнение морей и океанов

Загрязненность морских экосистем такими ХОП, как ДДТ и ГХЦГ, стала их неотъемлемой особенностью и приобрела глобальные масштабы. Обусловлено это множеством факторов – непрекращающимся применением ХОП, их чрезвычайно высокой стабильностью, способностью кумулироваться в живых организмах, а также большими масштабами атмосферного, гидродинамического переноса и высокой миграционной способностью внутри экосистем [23].

Хотя, на первый взгляд, уровни содержания ХОП в морских водах представляются незначительными, вследствие их биоконцентрации и биоаккумуляции в морских организмах, эти соединения способны отрицательно воздействовать на экосистемы Мирового океана.

В приводном слое атмосферы над Мировым океаном постоянно в ультрамалых концентрациях обнаруживаются ДДТ и его метаболиты. Над наиболее загрязненной частью Мирового океана – акваторией Северной Атлантики – концентрация аэрозольной фракции находилась в интервале 0,002–0,02 нг/м³ (в период 1970–1980 гг.) [23].

ХОП концентрируются в поверхностном микрослое (ПМС) воды и над так называемым слоем скачка плотности (обычно от десятков до 150–200 м). Значительная их часть включена в биохимические циклы, находясь в составе взвеси, донных отложений и в морских организмах. Наибольшая аккумуляция характерна для ДДТ, присутствие изомеров ГХЦГ обнаружено в отдельных пробах зоопланктона и рыбы в виде γ -формы. Таким образом, очевидна потенциальная опасность загрязнения морей и океанов в глобальном, и в региональном масштабах [23].

5.2. Трансграничный перенос

Несмотря на то, что ХОП имеют низкое давление насыщенных паров, они способны испаряться с поверхности почвы и воды в воздух. В особенности значительные количества этих соединений поступают в атмосферу при применении сельскохозяйственной авиации, поскольку при распылении они способны переноситься на тысячи километров с воздушными потоками.

ХОП хорошо адсорбируются органическим веществом почвы или донным илом и за счет этого способны переноситься с поверхностными водами. Степень адсорбции ХОП увеличивается в ряду «песок–донные отложения–почва».

Весьма значимой характеристикой переноса ХОП в окружающей среде считается их концентрация в атмосферных осадках. Загрязнение водоемов обусловлено главным образом поверхностным стоком загрязняющих веществ, а также их осаждением из атмосферы. Попадая в водоемы, эти соединения активно перераспределяются между водой и донными отложениями. Одна существенная доля ХОП интенсивно поглощается гидробионтами и со временем метаболизируется, другая – адсорбируется на взвешенных в воде частицах и оседает на дно водоемов, где сохраняется десятки и даже сотни лет. Наибольшие концентрации ХОП в поверхностных водах наблюдаются в периоды половодья. Самые высокие уровни этих поллютантов обнаружены в Африке, Латинской Америке, Китае, Индии что является результатом активного использования пестицидов в этих регионах [4].

5.3. Мониторинг поверхностных вод и донных отложений

Несмотря на то, что в общем балансе гидросферы Мировой океан занимает основное место, немаловажное значение для биосферы в целом играет пресная вода, в связи с чем особое внимание уделяется исследованию водоемов на загрязненность стойкими в окружающей среде ксенобиотиками.

Природная вода представляет собой систему открытого типа, обменивающуюся веществами и энергией с другими средами (атмосфера, вод-

ные объекты, донные отложения) и с ее биологическими составляющими. Кроме того, в природной воде присутствует множество взвешенных частиц и микропузырьков. Многие ХОП загрязняют грунтовые воды, при этом их концентрация может достигать нескольких нг/л.

Наиболее важным источником поступления хлорорганических пестицидов на орошаемые поля могут служить ирригационные воды. Для донных отложений оросительных полей также характерно высокое содержание ХОП, что связано с выносом пестицидов поверхностными стоками и их дальнейшим депонированием в донные отложения. Следствием этого является переход пестицидов из донных осадков в воду. Высокие уровни ХОП обнаруживаются в тех водных объектах, которые в большей степени подвергаются загрязнению за счет повторного использования воды на орошение. В общем балансе ХОП доля метаболитов значительно выше таковой для самих пестицидов [12].

В настоящее время отмечено распространение на большие расстояния многих поллютантов. Загрязнение окружающей среды из-за миграции загрязняющих веществ между природными средами носит комплексный характер. Опыт экологических исследований показывает, что антропогенному воздействию независимо от источников подвергаются все элементы биосферы: поверхностные и подземные воды, атмосфера, почвенные экосистемы, растения и др.

5.4. Физико-географическая характеристика Японского и Охотского морей

Японское море является обширной глубоководной впадиной, отделенной от океана и Охотского моря Сахалино-Японской островной дугой. Его площадь оценивается от 1008 до 1062 тыс. км², объем вод – от 1360 до 1700 тыс. км³, максимальная глубина – от 3669 до 3695 м [27].

Берег северо-западной части Японского моря большей частью высокий, обрывистый. В зал. Петра Великого выступает обширный полуостров Муравьева-Амурского. Этот полуостров разделяет залив на два больших залива: Амурский и Уссурийский [9].

Береговая линия Японского моря в целом, слабо изрезана. Все это отражается на формировании характера циркуляции во и особенностях биологии гидробионтов [27].

Заливы Амурский, Уссурийский и Находка являются приемниками нормативно-очищенных и загрязненных сточных вод городов Владивосток, Находка, Артем, Большой Камень, Фокино, Шкотовского, Хасанского, Надеждинского муниципальных районов.

Одним из основных источников эмиссии поллютантов в морскую среду являются терригенные стоки, в большинстве своем попадающие в реки, пресноводные озера, водохранилища и далее в моря. Одной из самых крупных пресноводных экосистем Приморского края является бассейн озера Ханка (Охотское море).

Озеро Ханка – самое крупное озеро Приморского края располагается в центре Приханкайской низменности на границе с Китайской Народной Республикой провинции Хэйлунцзян. Северная часть озера принадлежит территории Китая. Форма озера – грушевидная с расширением в северной его части. Площадь поверхности воды непостоянна, она меняется в зависимости от климатических условий. В среднем сток в озеро равен $1,94 \text{ км}^3$ за год, из озера около – $1,85 \text{ км}^3$. Таким образом источники эмиссии поллютантов могут находиться и на территории России, и на территории КНР. На берегах озера активно занимаются выращиванием риса и сои. В прибрежной зоне много промышленных предприятий, кроме того оз. Ханка является крупной рекреационной зоной. В связи с этим воды озера принимают огромное количество загрязнителей разных классов: токсичные элементы, хлорорганические соединения (пестициды), углеводороды различного происхождения [15].

Охотское море – типичное материково-окраинное море, далеко вдающееся в азиатский материк и почти повсеместно имеющее естественные сухопутные границы, за исключением узких проливов, соединяющих его с Тихим океаном и Японским морем. Площадь моря составляет по оценкам разных авторов от $1579,9$ до $1603,2$ тыс. км^2 , длина береговой линии 10460 км , средняя глубина 821 м , наибольшая 3916 м , объем вод 1318 тыс. км^3 [27].

Охотское море – самое холодное из дальневосточных морей. Обоснованно считается, что его климат, а также термический режим в зимнее время мало отличается от обстановки в арктических морях [6]. Этим оно обязано в первую очередь своим физико-географическим особенностям.

Море сильно вдается в материк, поэтому располагается близко от полюса холода северного полушария. Глубинная циркуляция вод Охотского моря изучена очень слабо. Ее формируют тихоокеанские воды, заходящие в море через глубоководные проливы Курильских островов, при этом подвергающиеся сильной трансформации в результате вертикальной динамики и смешения с охотоморскими промежуточными водами [27].

5.5. ХОП в северо-западной части Тихого океана

Пробоподготовку и анализ ХОП проводили согласно ПНД Ф 14.1:2:3:4.204-04 [20] на газовом хроматографе Agilent 6850 с детектором электронного захвата (Agilent Technologies, USA).

Прибрежные районы залива Петра Великого Японского моря являются одним из самых густонаселенных мест Дальнего Востока. Хозяйственная деятельность приводит к интенсивному антропогенному воздействию на акваторию залива и его бухты вдоль береговой полосы. Основными загрязнителями морских вод являются промышленные (предприятия электроэнергетики, судостроительной, химической и угольной промышленности, машиностроения и металлообработки, а также торговый, военный, рыболовецкий и маломерный флот) и муниципальные (коммунальные сбросы жилых массивов) сточные воды, речной и ливневый сток, сброс твердых отходов и мусора в море. Существенный вклад в загрязнение прибрежной зоны залива вносят реки. Около двух сотен водопользователей Приморского края сбрасывают сточные воды в поверхностные водные объекты более чем пятью сотнями организованных выпусков [7].

В Российской Федерации ограничительные нормы содержания хлорорганических пестицидов в водах акваторий рыбохозяйственного значения регламентируются Приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года № 552 [21] Предельно допустимые концентрации в воде водоемов для ДДТ = 0,000001 мг/л, для ГХЦГ = 0,00001 мг/л, для ГХБ = 0,00001 мг/л.

Для удобства читателя информация разделена по блокам: бассейн Охотского моря (водосборный бассейн озера Ханка), бассейн Японского

моря (Залив Петра Великого и водосборные бассейны его заливов второго порядка – Амурский, Уссурийский, заливы Находка, Посыета).

5.5.1. Охотское море

Содержание пестицидов в Охотском море оценивали только в морской воде. Районами исследования являлись: прибрежные акватории северо-восточной части острова Сахалина, центральная часть моря.

«Сахалин-3» – перспективный нефтегазовый проект на побережье острова Сахалин. В него входит четыре блока месторождений: Киринский, Венинский, Айяшский и Восточно-Одоптинский на шельфе Охотского моря. Нужно отметить, что под названием «Сахалин-3» скрыто три огромных нефтегазовых проекта, соразмерных проектам «Сахалин-1» и «Сахалин-2», инвестиции в которые – десятки миллиардов долларов [30]. Прогнозные извлекаемые ресурсы превышают 700 млн т нефти и 1,3 трлн. м³ природного газа [31].

Лицензиями на Киринский, Айяшский и Восточно-Одоптинский владеет ОАО «Газпром», на Венинский блок – компания «Роснефть». Газ месторождений ОАО «Газпром» участка «Сахалин-3» является основной ресурсной базой для наполнения газопровода «Сахалин–Хабаровск–Владивосток» [32].

Так или иначе во время деятельности нефтегазового комплекса в прибрежной зоне и на морском шельфе возможны аварийные ситуации, сопровождающиеся выбросом буровых растворов и отработанных масел, в том числе трансформаторных, в следствие чего для защиты крайне чувствительных экосистем севера острова Сахалин необходим постоянный мониторинг их состояния. Данное намерение согласуется с рекомендациями группы экспертов штата Аляска (США) на осуществление экологического мониторинга при добычи нефти на шельфе о. Сахалин [8]. В ходе работы нам не удалось установить связи с географическим расположением станций и обнаружением на них ХОП.

5.5.2. Озеро Ханка

Еще одной серьезной проблемой влияния хозяйственной деятельности на экологическое благополучие региона является загрязнение оз. Ханка. По данным Приморского центра мониторинга загрязнения окружающей среды, вода оз. Ханка характеризуется как «очень загрязненная». Водоем уже не может самостоятельно ассимилировать загрязнение, поступающее в него с хозяйственно-бытовыми и поверхностными стоками. Серьезный урон окружающей среде наносят применяемые методы обустройства мелиоративных систем на возделываемых вблизи озера рисовых чеках, вынос плодородного слоя с которых (в сбросные каналы и далее в само озеро) негативно воздействует на окружающую среду, ее растительный и животный мир из-за применения большого количества пестицидов и агрохимикатов китайской стороной, а так же нарушение условий хранения и использования пестицидов на российской территории.

Содержание ДДТ в водах оз. Ханка варьировались в пределах – от 0,0000249 до 0,0000496 мг/л, ДДД – от 0,0000202 до 0,0000341 мг/л, ГХБ (гексахлорбензол) – от 0,0000061 до 0,000025 мг/л, γ -ГХЦГ – от 0,000003 до 0,0000149 мг/л, α -ГХЦГ – от 0,0000095 до 0,0000178 мг/л, β -ГХЦГ – от 0,0000157 до 0,0000649 мг/л (рис. 5.1). С точки зрения времени нахождения ГХЦГ применялись относительно давно, о чем свидетельствует коэффициент отношения γ -формы к сумме α - и β -изомеров. На всех исследованных станциях он не превышал 0,2, что говорит о давности поступления активного изомера – линдана. Напротив отношение ДДТ/(ДДЕ+ДДД) было выше 2,5, что несомненно подтверждает активное использование ДДТ в настоящее время в сельском хозяйстве в качестве инсектицида, несмотря на ратификацию Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях.

Наиболее загрязненной точкой оказалась р. Астраханка протекающая возле одноименного села около оз. Ханка. Сумма содержания хлорорганических пестицидов составила 0,001034 мг/л. Превышение ПДК ГХЦГ в 38 раз, ДДТ в 315 раз и ГХБ в 32 раза. Поступление ДДТ в р. Астраханку считается относительно давним, а вот ГХЦГ – «свежим».

Ерик – небольшая нерестовая река, впадающая в оз. Ханка вблизи села Камень-Рыболов. В прибрежной ее части, как в прочем и везде, в Приханской низменности, расположены зоны, на которых ведется актив-

ное сельское хозяйство. Визуальный осмотр показал, что воды с сельскохозяйственных территорий беспрепятственно поступают в этот водоток. Содержание нетрансформированного ДДТ – 0,0000619 мг/л. Метаболитов ДДТ обнаружено не было, что является прямым свидетельством незаконного применения запрещенного инсектицида в агрохимических целях на территории Приморского края. В донных отложениях этой реки были обнаружены все изомеры ГХЦГ (α – 0,0105 мг/кг, β – 0,0084 мг/кг, γ – 0,0050 мг/кг) – поступление оценивается как давнее, метаболиты ДДТ (ДДТ – 0,0172 мг/кг, ДДЕ – 0,0072 мг/кг, ДДД – 0,0160 мг/кг) и гексахлорбензол. Суммарное содержание ХОП составила 0,0677 мг/кг, а соотношение трансформированных изомеров и метаболитов говорит о хроническом загрязнении.

Рис. 5.1. Содержание ХОП в исследованных образцах воды (реки)

Схожая ситуация была зафиксирована в экосистеме р. Абрамовка. Содержание ДДТ было несколько ниже – 0,0000437 мг/л, метаболитов ДДТ также не обнаружено. Несмотря на то, что в воде не было обнаружено ГХЦГ и гексахлорбензола, в донных отложениях их концентрации со-

ставили 0,0117 мг/кг и 0,0045 мг/кг соответственно. Концентрации ДДД сопоставимы с таковыми для ДДТ. Общее содержание пестицидов в донных осадках составило 0,0467 мг/кг.

5.5.3. Японское море

Основным поставщиком хлорорганических пестицидов в акваторию Японского моря со стороны Российской Федерации является залив Петра Великого (ЗПВ), поэтому основное внимание было уделено акваториям, входящим в залив и испытывающих сильный антропогенный стресс.

Наиболее крупными заливами второго порядка ЗПВ, на берегах которых расположены крупные промышленные предприятия, являются Амурский залив, Уссурийский залив, залив Находка, залив Посыета.

Уссурийский залив является частью ЗПВ. К его западному берегу выходит восточная часть г. Владивостока, а также расположен рекультивированный в 2011 г. полигон твердых бытовых отходов города. В северную часть залива – б. Муравьиную впадают р. Артемовка с крупным притоком р. Кневичанкой, собирающих стоки г. Артема и его пригородов. В восточную часть залива впадает р. Шкотовка, куда сбрасывают сточные воды п. Шкотово. Еще южнее на восточном побережье залива располагается бух. Суходол с одноименной рекой, которая несет загрязнения от пос. Смоляниново и с. Романовка. На берегу бухт Большого камня и Андреева расположен г. Большой камень, известный своим предприятием – центром судостроения и судоремонта ОАО Дальневосточный завод «Звезда» [18].

Основное антропогенное влияние в результате сброса загрязненных сточных вод испытывают следующие водные объекты округа: р. Артемовка, р. Шкотовка, р. Суходол, р. Рязановка. Река Раздольная с притоками является приемником загрязненных и недостаточно очищенных сточных вод г. Уссурийска и Октябрьского муниципального района; р. Партизанская – г. Партизанска и его муниципального района [7]. В бассейне р. Раздольной находятся МУП Водоканал, АО «Приморский сахар», АО «Дальсоя», картонная фабрика и другие предприятия – водопользователи, которые забирают чистую воду реки для производства, затем сбрасывают сточные воды с недостаточной степенью очистки обратно. Сточные воды не всегда сбрасываются непосредственно в реку или ее притоки, доста-

точно часто приемником их служит рельеф местности и тогда загрязнения попадают в реку с ливневыми стоками [25].

Результаты расчета показали (рис. 5.1), что свежего поступления γ -ГХЦГ в воды р. Артемовки, р. Шкотовки, р. Суходол в исследованный период не было, а содержание α -изомера составило 0,0000228 мг/л, 0,0000370 мг/л и 0,0000133 мг/л соответственно. Напротив ДДТ был обнаружен в водах всех рек, и его содержание составило 0,0000640–0,0000796 мг/л. Содержания ГХБ (гексахлорбензол) варьировались в пределах – от 0,0000128 мг/л до 0,000027 мг/л. Известно, что ДДТ достаточно устойчив в окружающей среде, его трансформация происходит в течение длительного времени. Обнаруженные содержания метаболита ДДД в водах этих рек было достаточно высоким и достигало 0,0000314 мг/л (р. Шкотовка). Таким образом загрязнение с одной стороны является острым (превышение ПДК по ДДТ составило в 31 раз), с другой стороны – хроническим из-за сопоставимого с ДДТ содержанием глубоко трансформированного метаболита ДДД. Согласно количественным отношениям концентраций изомеров ГХЦГ можно сделать вывод о том, что линдан практически перестал использоваться на территориях сельхозугодий в пределах водосборного бассейна этих рек, а поступление соединений, образовавшихся в результате изомеризации ГХЦГ с течением времен, все еще существенно.

В донных отложениях рек Уссурийского залива ситуация была менее критична, хотя достаточно высокие концентрации ХОП были обнаружены в донных отложениях р. Шкотовки, р. Артемовки, р. Партизанской. Однако здесь общее содержание не превышало 0,0947 мг/кг, а поступление ДДТ и ГХЦГ было оценено как давнее. Источником загрязнения донных отложений исследованных акваторий несомненно является активное сельское хозяйство на берегах рек, а также деятельность крупных предприятий энергетики и рыбоперерабатывающей промышленности.

Основными эмитентами хлорорганических пестицидов в воды Амурского залива являются выпуски сточных воды Владивостока и Уссурийска. Вклад г. Уссурийска обусловлен стоком р. Раздольной, а вклад Владивостока – с выпусками недостаточно очищенных или неочищенных вод в черте города: «Верхне-Портовый», «Первая Речка», «Вторая Речка», «Де-Фриз».

Содержание хлорорганических пестицидов в кутовой части Амурского залива (эстуарная зона реки Раздольная) составляет 0,0001868 мг/л и

по отдельным компонентам превышает ПДК в 160 раз. В донных отложениях эстуария реки Раздольная суммарное содержание ХОП – 0,0326 мг/кг. Расчет коэффициентов давности поступления свидетельствуют о том, что ДДТ все еще продолжает поступать в воды залива (терригенный сток с сельскохозяйственных угодий). Загрязнение ГХЦГ можно оценить как относительно давнее, однако суммарное содержание его изомеров свидетельствует о хроническом загрязнении. В центральной части залива содержание хлорированных пестицидов несколько снижается, но остается существенным даже в открытой части залива. Так в водах западной части островных территорий (о. Рейнеке и Рикорда) суммарное содержание ХОП превышало значение, зафиксированное в кутовой части, и составило более 0,000025 мг/л. Вероятно такая высокая концентрация связана со стоянкой судов на рейде, незаконной бункеровкой и сбросом льяльных вод в этом районе.

Гексахлорбензол был обнаружен в водах всех исследованных акваторий Амурского залива. Его содержание составляло до 0,0000270 мг/л и превышало ПДК в 2,7 раза.

Одна из крупных и освоенных бухт острова Русский – б. Новик, глубоко вдающаяся в северную часть западного берега острова. Содержания γ -ГХЦГ находились в пределах – от 0,0000072 до 0,0000105 мг/л, α -ГХЦГ – от 0,0000041 до 0,0000082 мг/л. ГХБ (гексахлорбензол) был обнаружен только в восточной части бухты – 0,0000065 мг/л, там же был обнаружен метаболит ДДД – 0,0000064 мг/л. На остальных станциях ДДТ, ДДЕ и β -ГХЦГ обнаружены не были, их содержание находилось ниже границы определяемых концентраций. Сумма хлорорганических пестицидов находилась в диапазоне от 0,0000112 до 0,0000271 мг/л (рис. 5.2).

Результаты расчета показали относительно «свежее» поступление γ -ГХЦГ на всех исследованных станциях. Поступление ДДТ на всех станциях оказалось давним. Превышение ПДК метаболита ДДД составило 6,4 раза.

Таким образом, самой загрязненной частью бухты оказался прибрежный район ее восточной части. Наличие загрязнения вероятнее всего связано с рекреационной нагрузкой, активным судоходством маломерных судов, строительством объектов, принадлежащих кампусу ДВФУ на побережье бухты Лесника, а также несанкционированным сбросом сточных вод на рельеф, постепенно стекающих в б. Новик. По оценкам отходы жизнедеятельности населения о. Русского составляют не менее 10 тыс. м³

ежедневно, или 4 млн. м³ в год. Эти объемы грязной пресной воды могут существенно изменить экологическую ситуацию в узкой, мелководной бухте Новик. Таким образом, через несколько лет безусловно возникнет необходимость в оценке состояния вод б. Новик, а также в регулярном контроле состояния среды и биоты, позволяющем отследить формирующиеся тенденции в экосистеме бухты [24].

Рис. 5.2. Содержание ХОП в исследованных образцах воды (морская вода)

Как уже говорилось выше, основными «поставщиками» ХОП в Амурский залив является терригенный сток, однако нельзя забывать и о чрезвычайно негативном воздействии морских портов, железнодорожного транспорта и активно развивающейся дорожной сети (мостовые переходы, развязки, скоростные трассы, проходящие в прибрежной части залива).

В отличие от морской воды, содержание хлорорганических пестицидов в донных отложениях значительно меньше подвержено колебаниям и может достовернее характеризовать уровень и степень загрязнения.

В исследованных донных отложениях на всех станциях зафиксированы α - и β -изомеры ГХЦГ (0,0050–0,0017 мг/кг). Линдан был обнаружен только в грунтах открытой части залива (0,0404–0,1211 мг/кг). Причем отношение, свидетельствующее о давности поступления, было значительно выше единицы, что в целом нехарактерно для исследованных экосистем. Происхождение загрязнения линданом части Амурского залива с достаточно активным гидрохимическим режимом может иметь только одно объяснение. На берегах юго-западной части Амурского залива расположены ремонтные предприятия в пгт. Славянка имеют в своем составе очистные сооружения с механическими и биологическими методами очистки промышленных и бытовых стоков предприятий и жилой застройки. Выделенные в процессе очистки осадки вывозятся с очистных сооружений и дальнейшей утилизации не подвергаются. Очищенные сточные воды используются для технологических целей и сбрасываются в прибрежные воды Амурского залива [16]. По данным водного бассейнового управления Росводресурсов по Приморскому краю (государственная статистическая отчетность по использованию воды, форма 2ТП-водхоз) в зал. Посъета в 2013 г. осуществляли сброс сточных вод 6 предприятий – ООО «Зарубинская база флота», ООО «Морской порт», тепловой район «Хасанский» КГУП «Примтепло-энергия», ОАО «Славянка», торговый порт «Посъет», ООО «Акватехнологии». Наибольшее количество сточные воды сбрасывают предприятия водно-коммунального хозяйства (тепловой район «Хасанский» и филиал уссурийского ОАО «Славянка»), что составляет порядка 75 % от общего стока. Сточные воды, сбрасываемые в зал. Посъета, имеют категорию «без очистки» и «недостаточно очищенные» [16].

В донных отложениях рек бассейна Амурского залива суммарное содержание хлорорганических пестицидов варьировалось от 0,0049 до 0,1850 мг/кг. Наиболее загрязненными являлись грунты рек Раздольная и Барабашевка. Максимально содержание ХОП в донных отложениях зафиксировано в р. Пойме – 0,1850 мг/кг. Причем поступление ГХЦГ и ДДТ оценивается как давнее. Одним из возможных эмитентов ХОП, являются тихоокеанские лососи, накапливающие пестициды в тканях в местах нагула и переносящие их в районы нереста. [29] По уровню загрязнения

ХОП реки можно расположить в следующем порядке: Нарва и Пойма (не обнаружено) < Грязная (0,0000465 мг/л) < Гладкая (0,0000789 мг/л) < Амба (0,0000798 мг/л) < Барабашевка (0,0000885 мг/л) < Рязановка (0,0001035 мг/л) < Раздольная (0,0001868 мг/л). В отношении донных отложений, как свидетельство о хроническом загрязнении, порядок рек будет иной: Рязановка (0,0057 мг/кг) < Грязная (0,0168 мг/кг) < Раздольная (0,0326 мг/кг) < Нарва (0,0491 мг/кг) < Барабашевка (0,0553 мг/кг) < Пойма (0,1850 мг/кг).

Река Туманная большей своей частью является водной границей между КНР и КНДР, в низовьях и эстуарной части – между КНДР и Россией. 70% водостока реки формируется на территории КНР и почти 30% – на территории КНДР. Доля России в формировании водосбора составляет менее 1,0%. Согласно расчетным данным годовой сток реки Туманной составляет 5,7 км³ [22].

Экологическое состояние реки можно расценивать как катастрофическое. Обнаруженная концентрация ХОП составила 0,005636 мг/л. ПДК для ГХЦГ было превышено в 4470 раз, ДДТ в 65 раз, ГХБ в 85 раз. Показано, что практически все пестициды претерпели серьезную трансформацию: обнаружены значительные содержания α - и β -изомеров ГХЦГ (0,0007663 мг/л и 0,00208 мг/л соответственно) и метаболитов ДДТ (ДДЕ – 0,0001651 мг/л, ДДД – 0,0000803 мг/л), что может свидетельствовать о сокращении использования этих пестицидов в КНР и КНДР, но чрезвычайно серьезное загрязнение в настоящий момент территории водосборного бассейна реки Туманной в КНР и КНДР еще долго будет негативно сказываться на экологическом состоянии не только вод реки, но и вод залива Петра Великого, куда она впадает и эмитирует высокотоксичные продукты трансформации ХОП. Со стороны Российской Федерации река Туманная не является судоходной, на ее берегах отсутствуют крупные населенные пункты. Таким образом вывод о том, что основное загрязнение поступает со стороны правого рукав реки, расположенного на территории КНР, где в последние годы идет интенсивное развитие промышленности, является вполне логичным.

В пробах воды, взятых в озере Лотос, расположенном всего в нескольких сотнях метров от реки Туманной, содержание ХОП почти в сто раз меньше, чем в водах р. Туманной. Зафиксирован был только ДДТ, что свидетельствует о остром загрязнении (отбор проб воды производился в

период сильных ливневых дождей и нетрансформированный ДДТ попал с терригенным стоком).

В одном из излюбленных мест отдыха туристов, в б. Витязь, расположенной на юго-западе зал. Петра Великого, в отношении загрязнения ХОП ситуация относительно благополучная. Общее содержание ХОП в воде находилось на уровне 0,00005 мг/л. Самой чистой частью Амурского залива являются прибрежные воды м. Шульца – содержание пестицидов было ниже предела обнаружения.

Таким образом по уровню загрязнения хлорорганическими пестицидами Амурский залив относится к акваториям, испытывающим сильнейший антропогенный стресс. Полученные данные свидетельствуют о хроническом характере загрязнения этой акватории.

Залив Находка является одной из наиболее освоенных акваторий в Приморском крае. На его побережье расположены порты и промышленные предприятия, в акватории – рыбопромысловые участки по добыче биоресурсов. Восточное побережье сильно подвержено рекреационному воздействию. Источником загрязнения также является р. Партизанская, впадающая в залив. С ее водами выносятся стоки г. Партизанска и близлежащих сельскохозяйственных угодий. [14]

В настоящее время экологическое состояние б. Козьмина, расположенной на крайнем востоке зал. Петра Великого, представляет большой интерес и требует постоянного контроля. Это связано с ее активным производственным и хозяйственным освоением и, как следствие, с возрастающим антропогенным воздействием на воды как непосредственно самой бухты, так и всего зал. Находка, юго-восточной, частью которого она являются [30].

Одной из самых загрязненных исследованных акваторий зал. Находка оказалось оз. Второе. Суммарное содержание пестицидов составило 0,003171 мг/л. Поступления пестицидов, как ДДТ, так и ГХЦГ по расчетным данным является давним. Превышение ПДК для вод рыбохозяйственных акваторий составило для γ -ГХЦГ более, чем в 300 раз, для ДДТ – в 120 раз, а для ГХБ более чем в 60 раз. Экологическое неблагополучие данного района безусловно связано с деятельностью промышленных предприятий г. Находка, расположенных на берегах озера, а также активным терригенным стоком.

Река Партизанская является, пожалуй, одним из основных поставщиков ХОП в акваторию зал. Находка. Летом в период тайфунов и сильных ливневых дождей содержание γ -ГХЦГ составило 0,0000156 мг/л, обнаружен α -изомер – 0,0000334 мг/л, ГХБ – 0,0000131 мг/л, ДДТ – 0,0000426 мг/л и ДДД – 0,0000188 мг/л. Суммарное содержание ХОП составило 0,0001234 мг/л, что сопоставимо с выносом пестицидов р. Артемовкой, Шкотовкой, Суходол. Поступление ДДТ оценивалось как «свежее», а ГХЦГ – давнее. В грунтах р. Партизанской были обнаружены α -ГХЦГ, что говорит о хроническом загрязнении этим пестицидом (0,0058 мг/кг) и ДДТ (0,0097 мкг/кг), что напротив свидетельствует о его недавнем поступлении (метаболиты ДДД и ДДЕ обнаружены не были).

В относительно небольших акваториях водосборного бассейна залива Находка суммарное содержание пестицидов в среднем не превышало 0,0001 мг/л за исключением аномально высоких содержаний в прибрежных водах причала Прикумск (б. Врангеля). По загрязненности воды исследованные районы бухты Находки расположились в следующем порядке: м. Козьмина (не обнаружено) < б. Козьмина (0,0000049 мг/л) < б. Врангеля, Восточный порт (0,0000066 мг/л) < м. Петровского (0,0000181 мг/л) < оз. Соленое (0,0000274 мг/л) < б. Мусатова (0,0000822 мг/л) < м. Шефнера (0,0000823 мг/л) < протока оз. Соленого (0,0001359 мг/л) < причал Прикумск (0,0005061 мг/л).

По загрязненности донных отложений порядок был несколько иной, самым загрязненным районом оказался м. Шефнера (0,1387 мг/кг), а наиболее чистым порт Восточный (0,0172 мг/кг), что также вполне объяснимо тем, что акватория зал. Находка эксплуатируется гораздо дольше и активнее, чем б. Врангеля, на берегах которой расположен топливно-наливной комплекс, продолжается активное строительство терминалов, и характер загрязнения еще не успел перейти в разряд хронического, чему могут свидетельствовать коэффициенты трансформации ХОП, которые были выше единицы.

5.5.4. Трансграничный перенос в СЗТО

С точки зрения глобального переноса загрязнения, в том числе и хлорорганических пестицидов, Российскую Федерацию не следует относить к основным странам-эмитентам ХОП. Несмотря на то, что значительная часть России расположена в Азии, большая часть ее территории никогда не подвергалась антропогенному воздействию, сельскохозяйственные угодья, где могли бы быть использованы пестициды, значимо меньше, чем у стран-соседей. Однако из-за особенностей геофизических, гидрологических и атмосферных факторов на территорию России переносятся значительные массы загрязняющих веществ от промышленно развитых азиатских стран. Краткая характеристика возможных путей переноса поллютантов в азиатско-тихоокеанском регионе представлена на рисунке 5.3.

Основным приемником и как следствие источником трансграничного переноса стойких органических загрязнителей, безусловно, являются водные массы Мирового океана. Во-первых, это связано с огромным объемом Мирового океана, разными гидрологическими гидрохимическими режимами его акваторий, что позволяет переносить даже практически нерастворимые вещества на дальние расстояния. Во-вторых, Мировой океан является приемником терригенных сточных вод с территорий, на которых расположены крупные промышленные предприятия, являющиеся одним из важнейших эмитентов СОЗ антропогенного происхождения, так или иначе попадающих в воды океанов. На достаточно сложном пути от выброса СОЗ до их растворения в водах океана происходит ряд зачастую плохо поддающихся описанию и существующим методам моделирования химических превращений, среди которых фотохимическая деградация, микробиальная деструкция, взаимодействия с компонентами экосистем. В связи с наличием огромного количества этих факторов предсказать конечную судьбу СОЗ бывает очень сложно. Однако последние годы все чаще упоминается проблема трансграничного переноса поллютантов различного происхождения на значительные расстояния. Так полихлорированные бифенилы, диоксины, хлорорганические пестициды, полиароматические углеводороды, алкилфенолы обнаружены в живых организмах, льдах, водах, донных отложениях в Арктике и Антарктике, где они никогда не производились. Поэтому проблема изучения трансграничного переноса является крайне важной.

Моря Китайское и Желтое, в зависимости от господствующих в них муссонных ветров, имеют и течения периодического характера. В Китайском море зимой течение идет от Тайваньского пролива вдоль материка Азии на юг. А у берегов Вьетнама течение разделяется: одна ветвь идет на Борнео и, повернув около него на север, проходит вдоль Филиппинских островов, образуя круговорот против часовой стрелки.

Рис. 5.3. Карта течений в северо-западной части Тихого океана. Холодные (синие стрелки) и теплые (красные стрелки) поверхностные течения, смешанная водная область (MWR) у слияния Куро-сио-Оясио. Пунктирная синяя стрелка схематически иллюстрирует опускание плотных шельфовых вод (DSW) и отток воды Охотского морского режима (OSMW) в северо-западную часть Тихого океана [28].

Зимой от Тайваньского пролива к северу в Желтом море существуют два течения. Первое – холодное течение идет вдоль материка Азии на се-

вер, оно в Тайваньском проливе придерживается берега Азии. Есть следствие существования здесь рукава теплой воды Японского течения (Курисио), которое, таким образом, омывает и восточный и западный берег Тайваня. Второе течение Желтого моря образовано ветвью Японского течения (Курисио), отходящей от него влево и идущей вдоль Кореи. Таким образом, и в Желтом море образуется круговорот против часовой стрелки.

В Желтом море при северо-западном муссоне, наблюдается общее движение вод на север вдоль Кореи, оно образовано ветвью Японского теплого течения совместно с течением, идущим на юго-восток из Китайского моря через Тайваньский пролив.

В Японском море идет ветвь Японского течения (Курисио), входящая в него с юга через Корейский пролив под именем Цусимского течения. В Японском море это течение уклоняется вправо и идет вдоль берега Японии. Большая часть теплой воды Цусимского течения выходит в океан через Сангарский пролив (пролив между японскими островами Хонсю и Хоккайдо, соединяет Японское море с Тихим океаном), остальное же течение идет до пролива Лаперуза (между о. Хоккайдо и Сахалин) и через него частью выходит в Охотское море. У берегов материка в Японском море наблюдаются холодные воды, обуславливаемые, по всей вероятности, поднятием воды с глубин. Во всяком случае, некоторое движение вод на юг вдоль русских берегов и части Кореи существует, также подтверждается, что часть Цусимского течения проходит вдоль Сахалина на север в Татарский залив.

В Охотском море течение вдоль западного берега Камчатки идет на север, а по берегу материка и Сахалина – на юг, образуя круговорот против часовой стрелки.

В Беринговом море сколько-нибудь ясно выраженных и сильных течений не существует. По восточному берегу моря и вдоль Камчатки замечается движение холодной воды на юг, которое продолжается и далее вдоль океанической окраины Курильских островов и северных Японских, давая начало холодному течению Ойясио, получающему также воду из Сангарского пролива от ветви Цусимского течения.

В Беринговом проливе господствуют приливо-отливные течения, так же, как и по всему американскому побережью этого моря. Течение у берега Азии имеет направление на юг, а у берега Америки – на север. Никакой

ветви теплого Японского течения (Курисио) не проходит в Берингово море, и, следовательно, такой ветви не может быть и в Беринговом проливе.

Сельскохозяйственные угодья расположены в основном на прибрежных равнинах и в долинах рек, поэтому неудивительно, что реки принимают сельскохозяйственные стоки и выносят остатки пестицидов в эстуарии и прибрежные зоны морей. Пестициды в речных стоках выносятся в море в растворенном состоянии и сорбированными на взвеси.

Река Чжунцзян Китай собирает воду с обширных плодородных земель и потенциально выносит остатки пестицидов в Южно-Китайское море. Далее речные стоки поступают в открытую часть Южно-Китайского моря и подхватываются течением, которое идет от Тайваньского пролива к северу в Желтое море. Течение Желтого моря, образованное ветвью Японского течения (Курисио) идет вдоль Кореи. Желтое море – район интенсивного судоходства между промышленно развитыми регионами Китая и Южной Кореи. Кроме того, из-за интенсивного судоходства здесь нередко происходят техногенные катастрофы. Таким образом, воды Желтого моря подвергаются загрязнению пестицидами. Ветвь Японского течения (Курисио) Желтого моря подхватывает загрязнения, поступившие из Южно-Китайского моря и вдоль берегов Кореи через Корейский пролив входит в Японское море под именем Цусимского течения. Большая часть Цусимского течения выходит в открытую часть Тихого океана через Сангарский пролив, небольшая часть остального течения выходит в Охотское море. Воды Охотского моря по сравнению с водами Японского моря являются более чистыми, и их основное загрязнение может быть связано с трансграничным переносом морскими течениями и воздушными массами. Пестициды, поступившие в Охотское море с течениями, переносятся Приморским течением к берегам Приморского края в зал. Петра Великого. Несмотря на загрязненность вод зал. Петра Великого обоснованных общностью некоторых рек с Китаем, сток которых направляется непосредственно в залив, также большое влияние на загрязненность оказывает трансграничный перенос загрязняющих веществ с берегов Южно-Восточной Азии.

Таким образом, предпринята попытка описать источники эмиссии ХОП в северо-западной части Тихого океана, пути поступления поллютантов, их трансформацию и перенос с водными массами из загрязненных акваторий юго-восточной Азии в воды исключительной экономической зоны Российской Федерации.

Океан остается конечным резервуаром, принимающим стойкие органические загрязнители, и биоаккумуляция пестицидов в океане по пищевым цепям продолжается. На глубинах от 0 до 100 м могут концентрироваться атмосферные выпадения и осевшие на частицы взвеси поллютанты, а также токсичные продукты разложения пластика, которые могут аккумулироваться гидробионтами [10].

Присутствие пестицидов в районах обитания гидробионтов, удалённых от хозяйственной деятельности, является следствием их глобального переноса ветрами и течениями из районов использования (тропическая и субтропическая зоны) в умеренные широты. Кроме того, мигрирующие рыбы осуществляют биотранспорт органических загрязнителей от субтропических к субарктическим экосистемам [11].

5.5. Список литературы

1. Артамонова, В.Г. Профессиональные болезни: изд. 4-е перераб. и доп. / В.Г. Артамонова, Н.А. Мухин. – М.: Медицина, 2004. – 480 с.
2. Болезни рыб: справочник / Г. В. Васильков, Л. И. Грищенко, В. Г. Енгашев [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1989. – 288 с.
3. ДДТ (инсектицид) / Академик [Электронный ресурс] : электронная энциклопедия. – Режим доступа : <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1473761>.
4. Галиулин, Р.В. Импактные зоны стойких хлорорганических соединений в окружающей среде / Р.В. Галиулин, Р.А. Галиулина // Агрохимия. – 2011. – № 3. – С. 83–89.
5. Гексахлорциклогексан (ГХЦГ)/Химик [Электронный ресурс] : сайт о химии. – Режим доступа : <http://www.xumuk.ru/toxicchem/161.html>.
6. Добровольский, А. Д. Моря СССР / А.Д. Добровольский, Б.С. Залогин. – М.: Изд. Московского университета, 1982. – 191 с.
7. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2015. / под ред. А.Н. Коршенко. – М.: «Наука», 2016. – 184 с.
8. Лоан . Д. Сахалинская нефть: как обеспечить безопасность / Д. Лоан, Р. Штайнер, Д.Уэллс. – Валдез, Аляска. – 1999. – 42 с.

9. Лоция северо-западного берега Японского моря (№ 1401) / под общ. ред. Ю.В. Старкова. – СПб.: ЦКФ ВМФ, 2005. – 395 с.
10. Лукьянова, О.Н. Биотранспорт пестицидов Тихоокеанскими лососями в северо-западной пачифике / О.Н. Лукьянова, В.Ю. Цыганков, М.Д. Боярова, Н.К. Христофорова // Доклады академии наук. – 2014. – Т. 456. – №. 3. – С. 363–365.
11. Лукьянова, О.Н. Тихоокеанские лососи рода *Oncorhynchus* как вектор переноса стойких загрязняющих веществ в океане / О.Н. Лукьянова, В.Ю. Цыганков, М.Д. Боярова, Н.К. Христофорова // Вопросы ихтиологии. – 2015. – Т. 55. – №. 3. – С. 351–355.
12. Майстренко, В.Н. Эколого-аналитический мониторинг супертоксиантов / В.Н. Майстренко, Р.З. Хамитов, Г.К. Будников. – М.: Химия, 1996. – 319 с.
13. Максименко, О. Пестициды с точки зрения химика /О. Максименко // Наука и жизнь. – 2003. – №. 3. – С. 56–57.
14. Наумов, Ю.А., Экологическое состояние залива Находка / Ю.А. Наумов, Т.Х. Найдено // Известия ТИНРО. – 1997. – Т. 122. – С. 524–537.
15. Нгуен, Д.К. Влияние температуры воды на формирование биологической и промысловой продуктивности Южно-Китайского моря / Д.К. Нгуен, В.Н. Малинин, С.М. Гордеева // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2016. – № 42. – С. 64–73.
16. Нигматулина, Л.В. Загрязнение прибрежных вод залива Посьета (залив Петра Великого, Японское море) в условиях современной хозяйственной деятельности / Л.В. Нигматулина, А.П. Черняев // Известия ТИНРО. – 2015. – Т. 182. – С. 162–171.
17. Ноймайстер, Л. Руководство к действию в области пестицидов / Л. Ноймайстер. – Гамбург. : PAN Germany, 2003. – 47 с.
18. Патрушева, О.В. Нефтеуглеводороды в водах Уссурийского залива / О.В. Патрушева, Е.Н. Чернова, О.Н. Бабичева // Новая наука: современное состояние и пути развития. – 2015. – Вып. 6–3. – С. 5–10.
19. Пестициды: вчера, сегодня, завтра / МСХА им. К.А. Тимирязева [Электронный ресурс] : сайт зооинженерного факультета. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/pesticidy-vchera-segodnya-zavtra/>.

20. ПНД Ф 14.1:2:3:4.204-04 Количественный химический анализ вод. Методика измерения массовых концентраций хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов в пробах питьевых, природных и сточных вод методом газовой хроматографии.

21. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. N 552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения"

22. Труды туманганской экспедиции // www.imb.dvo.ru.

23. Федоров, Л.А. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку / Л.А. Федоров, А.В. Яблоков. – М. : Наука, 1999. – 461 с.

24. Христофорова, Н.К. Химико-экологическое состояние вод бухты Новик (остров Русский, зал. Петра Великого, Японское море) / Н.К. Христофорова, Ю.Е. Дегтева, К.С. Бердасова, А.А. Емельянов, А.Ю. Лазарюк // Известия ТИНРО. – 2016. – Т. 186. – С. 135–144.

25. Хмельницкий, В.К. Проблемы утилизации промышленных и бытовых сточных вод прибрежных территорий Амурского и Уссурийского заливов / В.К. Хмельницкий // Технические проблемы освоения Мирового океана. – 2005. – Вып. 1. – С. 304–309.

26. Швиндлерман, Г.С. Пестициды / Г.С. Швиндлерман // Химик [Электронный ресурс] : сайт о химии. – Режим доступа : <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/3298.html>.

27. Шунтов, В.П. Биология дальневосточных морей России / В.П. Шунтов. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – Т. 1. – 579 с.

28. Rella, S.F. A Southern Ocean trigger for Northwest Pacific ventilation during the Holocene? / S.F. Rella, M. Uchida // Scientific Reports. – 2014. – V.4. No. 4046. – P. 1–11.

29. Tsygankov, V.Yu. Organochlorine pesticides in commercial Pacific salmon in the Russian Far Eastern seas: Food safety and human health risk assessment / V.Yu. Tsygankov, O.N. Lukyanova, M.D. Boyarova [et al.] // Marine pollution bulletin. – 2019. – V. 140. – P. 503–508.

30. <http://www.sakhalin.ru/>

31. <https://oilcapital.ru/>

32. <http://www.gazprom.ru/about/production/projects/deposits/sakhalin3/>