

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

На правах рукописи

МАЮРОВА АЛЕКСАНДРА СЕРГЕЕВНА

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНОГО ОЧАГА
ОПИСТОРХОЗА НА ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО
АВТОНОМНОГО ОКРУГА - ЮГРЫ**

25.00.36 – Геоэкология (Науки о Земле)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург
2021

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Научный руководитель: **Кустикова Марина Александровна**
кандидат технических наук, доцент
мегафакультета биотехнологий и
низкотемпературных систем, ФГАОУ ВО
«Национальный исследовательский
университет ИТМО»

Официальные оппоненты: **Воронин Владимир Николаевич**
доктор биологических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет ветеринарной
медицины», кафедра аквакультуры и болезней
рыб.

Пряхина Галина Валентиновна
кандидат географических наук, доцент,
заведующая кафедрой гидрологии суши,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет».

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт биологии
внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской
академии наук

Защита диссертации состоится «___» _____ 2021 г. в _____ часов
на заседании диссертационного совета Д 212.197.03 при ФГБОУ ВО
«Российский государственный гидрометеорологический университет» по
адресу: г. Санкт-Петербург, пр. Малоохтинский, д. 98, Актный зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте
<http://www.rshu.ru/university/dissertations/> ФГБОУ ВО «Российский
государственный гидрометеорологический университет».

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью
организации, просим направлять по адресу: 192007, Россия, г. Санкт-
Петербург, ул. Воронежская, д. 79, Российский государственный
гидрометеорологический университет, Диссертационный совет Д 212.197.03,
Ученому секретарю.

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2021 года.
Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.197.03
к. воен. н., доцент

Соколов А.Г.

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Природно-очаговые заболевания распространяются на определенную территорию вследствие ограниченности области распространения возбудителя. Приуроченность природных очагов заболеваний к тем или иным ландшафтам связана с наличием на их территории определенных биоценозов.

Очаги болезней различаются по размерам занимаемой площади и эпидемическим проявлениям. Их размеры зависят от вида возбудителя заболевания и особенностей его связей с хозяевами, от экологической обстановки, природных и социально-бытовых условий жизни населения, от наличия естественных преград и ряда других факторов.

Одним из массовых природно-очаговых заболеваний является описторхоз, встречающийся на территориях, где природные и климатические условия обеспечивают постоянную циркуляцию возбудителя – кошачьей двуустки, *Opisthorchis felineus*. По данным Роспотребнадзора, две трети мирового ареала возбудителя описторхоза приходится на территорию России. Самый крупный и напряженный очаг описторхоза в мире находится в Обь-Иртышском бассейне.

Ханты-Мансийский автономный округ - Югра (ХМАО-Югра) является крупным гиперэндемичным по описторхозу регионом. Несмотря на то, что он считается одним из наиболее динамично развивающихся округов, наличие на его территории природного очага описторхоза, препятствует устойчивому развитию округа, создавая социально значимые проблемы. В данном регионе заболеваемость описторхозом в 2018 г. составила 303,5 случаев на 100 тыс. населения, что в 24 раза выше среднего показателя по Российской Федерации¹.

Природные очаги описторхоза широко исследовались на территории Казахстана, Украины и России Завойкиным В.Д., Беэром С.А., Бисариевой Ш.С., Павловским Е.Н., Сидоровым Е.Г., Подлесновым А.В., Вершинским Б.В. Показатели инвазии рыб семейства карповых в реках ХМАО-Югры детально рассмотрены в монографиях и статьях Жигилевой О.Н., Солдатовой М.С., Козловой И.И., Либерман Е.Л., Фаттахова Р.Г. и др. Однако комплексного анализа существования природного очага описторхоза, учитывающего геоэкологическую оценку территории в данном регионе, не проводилось.

Речная сеть ХМАО-Югры включает свыше 19,6 тыс. рек, ручьев и протоков и принадлежит бассейну р. Оби - первой по площади бассейна и третьей по водоносности (после Енисея и Лены) реки РФ. Большая часть

¹ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре в 2017 году: Государственный доклад.

городов и поселков округа протянулись вдоль рек, население занимается выловом рыбы для личных нужд и на продажу, рыбные артели занимаются тем же, но в большем масштабе, что, в свою очередь, увеличивает поступление к человеку речной зараженной рыбы.

Сточные воды, поступающие в реки из городов и поселков, зачастую не соответствуют нормативам водоотведения по составу сточных вод, что связано с низкой обеспеченностью очистными сооружениями и использованием устаревшего оборудования. Во время половодья содержание выгребных ям деревенских и дачных поселков попадает в реки. Таким образом с неочищенными сточными водами в реки попадают и яйца описторхов.

Особая роль в распространении описторхоза принадлежит коренным малочисленным народам Севера (КМНС), придерживающимся традиционного способа приготовления рыбы, являющейся основным продуктом питания у КМНС в данном регионе. Традиционные способы употребления рыбы, такие как сыроедение, замораживание, варение, вяление, сушение, копчение, слабый подогрев недостаточны для уничтожения личинок описторхов, которые находятся в мышечных тканях рыбы. Поэтому процент зараженности описторхозом у малочисленных народов любого возраста крайне высок, и является для них характерной краевой патологией.

В состав КМНС, проживающих на территории ХМАО-Югры, входят ханты, ненцы и манси. По большей части малочисленные народы Севера (около 70%) кочуют, выпасая скот, вдали от крупных населенных пунктов, что препятствует получению своевременной медицинской помощи.

Важно отметить, что при диагностировании заболевших в ряде случаев заболевание меторхоз, возбудителем которого является другой вид описторхид, *M.bilis.*, ошибочно обозначают как описторхоз, поскольку невозможно по первым признакам обнаружить разницу между этими двумя видами возбудителей. При оценке общей заболеваемости описторхозом в регионе в данной работе не проводилось разделение причин (по виду трематод), обусловивших заболевание.

Цель работы – выявление и обоснование географических предпосылок возникновения, распространения и устойчивого существования природного очага описторхоза на территории ХМАО-Югры.

Задачи:

1. Проанализировать географические предпосылки и геоэкологические аспекты функционирования природного очага описторхоза как среды обитания человека и других организмов;
2. Выполнить описание ХМАО-Югры как природного очага описторхоза, включающее в себя анализ гидрологического режима рек, заболеваемости

описторхозом в пространственно-временном аспекте и социально-экономических предпосылок распространения описторхоза;

3. Произвести геоэкологическую оценку природного очага описторхоза, включающую изучение гидрологических характеристик рек Обь и Иртыш и их влияния на устойчивое существование природного очага описторхоза, а также изучение влияния глобальных климатических изменений и связанных с ними локальных изменений факторов среды на жизненный цикл *O.felineus*.

Объект исследования: природный очаг описторхоза на территории ХМАО-Югры.

Предмет исследования: биогеоценотическая система, определяющая взаимоотношение отдельных компонентов экологической системы и взаимосвязь между человеком и природной средой.

Фактический материал и методы исследования. Диссертационная работа является результатом изучения (обработки) значительного количества биологического материала, полученного в рамках весенне-летних экспедиционных работ за восемь (2012 – 2019 гг.) лет лично автором и сотрудниками Эколого-биологического центра города Сургута. Теоретическая часть работы основывается на данных анализа статистических отчетов и докладов Правительства ХМАО-Югры, в частности Департамента экологии и Департамента здравоохранения.

Достоверность и обоснованность полученных результатов основана на использовании современных методов научного исследования и сравнении полученных результатов с данными научной литературы. Основные методы исследований: описательный, аналитический, картографический, математической статистики с применением ГИС-технологий.

Научная новизна

Впервые для Ханты-Мансийского автономного округа - Югры была выявлена зависимость жизненного цикла *O. felineus* и *M. Bilis* от гидрологического режима рек округа (от уровня половодья, химического состава, температуры воды, циклические изменения содержания кислорода в воде).

Впервые, на основании результатов анализа большого объема информации, выявлена закономерность, подтверждающая гипотезу о связи устойчивости ареала описторхоза и водного режима рек округа.

Предложена и подтверждена оригинальная научная гипотеза о зависимости основных характеристик компонентов природного очага описторхоза (плотности популяции и экстенсивности инвазии моллюсков), связанных с половодьем в реках Обь и Иртыш, от показателя индекса Североатлантической осцилляции. Таким образом, было обнаружено, что климатические колебания, такие как NAO, влияют на паразитические

популяции, что важно для прогнозирования процессов их жизненного цикла в условиях изменения климата.

Защищаемые положения:

1. Доказана научная идея о влиянии экологических факторов на устойчивое существование природного очага описторхоза в пределах рассматриваемой территории, где большая часть рек является пригодной для обитания промежуточных хозяев описторхоза. Данный факт позволяет утверждать, что более неблагоприятными реками могут считаться реки с более высоким уровнем половодья, площадью затопления поймы и толщиной снежного покрова.

2. Разработана методика геоэкологической оценки природного очага описторхоза как среды обитания человека и других организмов, которая отличается тем, что она основана на комплексном подходе оценки этапов жизненного цикла *O. felineus*.

3. Предложена оригинальная научная идея о возможности использования связи уровня половодья с индексом Североатлантической осцилляции для моделирования развития популяций моллюсков.

4. Доказано наличие связи между параметрами популяции моллюсков, уровнем половодья весной и количеством видов-элиминаторов, которая отличается установленным фактом увеличения плотности популяции моллюсков при высоком уровне половодья весной и относительно низкой численности видов-элиминаторов.

Теоретическая значимость

Изучены причинно-следственные связи существования природного очага описторхоза на территории ХМАО-Югры.

Применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс существующих базовых методов исследований зараженности промежуточных хозяев *O. felineus*

Изложены доказательства наличия достоверных связей между уровнем половодья, плотностью популяции моллюсков семейства битинид и индексом Североатлантической осцилляции (NAO) в реках Обь и Иртыш.

Практическая значимость

Разработана методика геоэкологической оценки природного очага описторхоза, которая может быть использована для исследования природных очагов в других административных единицах Обь-Иртышского региона.

Разработаны и внедрены новые образовательные программы в рамках экологического просвещения населения, сформированные по результатам

работы. Акты внедрения результатов исследований приведены в Приложении.

Полученные данные позволяют определить характеристики ареала основных очагов заражения описторхозом в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре и могут быть использованы при формировании ежегодных отчетов и справочников рыбных хозяйств и медицинских служб.

Внедрение

Результаты исследования были внедрены в практику деятельности Департамента образования Администрации города Сургута, Сургутской городской клинической поликлиники №1, что подтверждено Актами внедрения и Справками об использовании (приведены в Приложении к Диссертации).

Апробация работы

Результаты диссертационной работы апробировались на Российских конференциях: XLVII, XLVIII, XLIX научная и учебно-методическая конференция Университета ИТМО (Санкт-Петербург, 2018, 2019, 2020); VI, VII Всероссийский конгресс молодых ученых (Санкт-Петербург, 2017, 2018); VI Всероссийская научная конференция молодых ученых «Наука и инновации XXI века» (Сургут, 2019); Международной конференции "Актуальные проблемы экологии и природопользования" (Москва, 2020); а также на заседании научной секции «Экология и защита природы» Санкт-Петербургского Дома ученых им. М.Горького (Санкт-Петербург, 2020).

Личный вклад автора

Автор принимал непосредственное участие в выборе темы исследования, методологии и методов, проведении экспериментальных полевых исследований и их анализе, написании работы и публикаций, формулировании выводов и защищаемых положений.

Публикации

Основное содержание диссертации опубликовано в 8 статьях, 4 из которых входят в список ВАК. Полный перечень публикаций по теме работы приведен в конце автореферата.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, 3 оригинальных глав и заключения, изложена на 155 страницах машинописного текста, содержит 17 рисунков и 14 таблиц, список цитированной литературы содержит 128 наименований.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность выбранной темы исследования, определены объект и предмет исследования, цель и основные задачи работы,

описаны фактический материал и методы исследования, отражена научная новизна, практическая значимость диссертации и защищаемые положения.

В **первой главе** проведен обзор географических предпосылок существования природного очага описторхоза. Был рассмотрен жизненный цикл *Opisthorchis felineus* и *Metorchis bilis*, проведен анализ их распространения на территории РФ и других стран, а также анализ типичных мест обитания и видового разнообразия промежуточных хозяев данных видов.

Кошачья двуустка может жить в организме человека около 20 лет, локализуется в желчном пузыре, протоках поджелудочной железы, желчных протоках печени у основного хозяина.

С неочищенными сточными водами яйца гельминтов выделяются во внешнюю среду, после чего яйцо открывается, высвобождая личинку - мирацидий, которая внедряется в организм моллюска и закрепляется в его внутренних органах. Находясь внутри тела моллюска, мирацидий преобразуется в спороцисту – половозрелую, способную к размножению форму, в виде неподвижного бесформенного мешка. В спороцисте образуются редии – подвижные формы, которые не покидают тело моллюска, и в которых из отдельных зародышевых клеток развивается новая форма – церкарии. Церкарии выходят из организма моллюска, некоторое время свободно плавают в воде, где проникают в рыбу. Затем церкарии инцистируются и превращаются в метацеркарии описторхид. Далее развитие метацеркарий и преобразование в половозрелую гермафродитную особь может произойти только тогда, когда второго промежуточного хозяина съест окончательный хозяин – человек или плотоядное животное. Попадая со съеденной рыбой в кишечник человека, личинки паразита покидают окружающую их оболочку и внедряются в поджелудочную железу, желчный пузырь и печень. Описторхи достигают половой зрелости примерно через две недели и приступают к отложению яиц.

Кошачья двуустка своим воздействием на организм хозяина вызывает нервно – рефлекторное токсическое воздействие. Кроме этого, была обнаружена взаимосвязь заболевания описторхозом с образованием опухолей гепатобилиарной (печеночной) системы. Международное агентство по исследованию рака отнесло *Opisthorchis felineus* к канцерогенам человека первой группы.

Современный жизненный цикл у описторхид сформировался в миоцене, в этот период основными дефинитивными хозяевами являлись енотовые, куньи, выхухолевые. Человек же стал дефинитивным хозяином начиная с позднего плейстоцена (15-20 тыс.лет назад). Благодаря сложному жизненному циклу описторхов, их распространение определяется миграционными способностями его хозяев. Современный ареал данного семейства во многом обусловлен средовыми предпочтениями битиний,

которые имеют более узкий диапазон толерантности и низкую миграционную способность, чем остальные хозяева описторхов.

На распространение и плотность популяций промежуточных хозяев описторхоза влияют гидрологические характеристики водоемов. В качестве одной из первых характеристик водоема следует рассматривать химический состав водных объектов.

Границы предела толерантности битиний для наиболее влияющих на их жизненный цикл химических элементов и соединений (согласно Баэру С.А.) и их средние значения концентраций в реках ХМАО-Югры представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Концентрации некоторых химических элементов и соединений в реках ХМАО-Югры

Показатель	О ₂ , мг/л	Нитриты, мг/л	Нитраты, мг/л	Железо, мг/л	Кальций, мг/л
Предел толерантности битиний	> 0.8	< 2.5	< 5	< 9	> 5
В среднем по округу	6 (минимум 1.7)	0.03	1	2.7	24

Существование природного очага описторхоза на территории ХМАО-Югры обуславливается затяжным половодьем главных рек – Оби и Иртыша. Во время половодья основное русло реки соединяется с многочисленными пойменными водоемами, в которых обитают моллюски, и которые обеспечивают необходимые условия для развития личиночных стадий описторхов. В эти водоемы рыба приходит на нерест и нагул, тем самым заражаясь метацеркариями описторхид

Особенностью рыб семейства карповых в данной области Обь-Иртышского региона является их регулярная смена мест обитания, связанная с циклическими изменениями внешних условий. С началом половодья рыбы перемещаются в поймы Оби и Иртыша для нереста и нагула, с наступлением холодов они возвращаются в верховья притоков, спасаясь от заморов. Таким образом, рыбы с метацеркариями описторхид могут находиться в реках и водоемах, в которых нет популяций первого промежуточного хозяина – моллюсков.

Основное место обитания битиний – пойменные эвтрофные водоемы, заливаемые во время половодья и, по мере спада воды, обособляющиеся от русла реки. Кроме этого, моллюски могут жить в прибрежных зонах небольших рек, с медленным течением. Для нормального развития битиний требуется, чтобы температура воды поднималась выше +15 °С на протяжении

всего лета. В Обь-Иртышском бассейне эти условия соблюдаются, и как следствие, численность моллюсков является высокой.

В ряде зарубежных работ указывается на то, что в связи с изменением климата жизненный цикл возбудителей заболеваний будет меняться, понимание механизма формирования природных очагов, их зависимости от природных факторов становится важной задачей. Поскольку жизненный цикл описторхов является сложным процессом, включающим в себя взаимодействие с двумя промежуточными хозяевами, то однозначно смоделировать изменение ареала его обитания вследствие климатических изменений практически невозможно. С одной стороны, изменение температурного режима рек может изменить пути и время миграций популяций рыб, их темп роста и ареал их обитания – все эти факторы могут значительно повлиять на вероятность встречи рыб с трематодами. С другой стороны, повышение температуры может привести к ослаблению иммунитета промежуточных хозяев (как рыб, так и моллюсков) к инвазии трематодами.

Изучение биологии *O.felineus*, а также экстенсивности инвазии промежуточных и дефинитивных хозяев ведется во многих странах на протяжении многих лет. Кроме России и стран СНГ (Казахстан) очаги *O.felineus* находятся в ряде стран Европы, например, в Италии, Германии, Греции, Польше и т.д.

Вторая глава диссертации посвящена описанию ХМАО-Югры как природного очага описторхоза. Был проведен анализ гидрологического и гидрохимического режима водотоков, были рассмотрены социально-экономических предпосылки существования природного очага описторхоза на территории ХМАО-Югры, а также был проведен анализ заболеваемости описторхозом на территории ХМАО-Югры в пространственно-временном аспекте.

Гидрографическая сеть округа представлена огромным количеством водотоков, озер и болот, что обусловлено прежде всего избыточным увлажнением территории, исключительно равнинным характером рельефа, а также повсеместным распространением под плащом четвертичных осадков глинистых отложений палеогена, препятствующих фильтрации атмосферных осадков в более глубокие слои земной коры. Основным источником питания рек ХМАО-Югры являются талые снеговые воды, дополнительными источниками являются дождевые и подземные (грунтовые) воды.

Химический состав воды и минерализация реки Обь неоднородны и зависят от времени года и от участка реки, так как данные характеристики различны для ее притоков. Для реки в пределах ХМАО общая минерализация и жесткость воды снижаются с юга на север, что связано со снижением этих показателей у притоков реки. Средняя многолетняя величина минерализации

воды на данном участке реки составляет около 165 мг/л. По химическому составу вода гидрокарбонатно-кальциевая.

Вода реки Оби отличается повышенным содержанием органических веществ и пониженным содержанием кислорода, что приводит к заморам рыбы в холодное время года. Наибольшая концентрация органических веществ наблюдается весной и летом, когда они поступают из болот с талой водой в реку.

Концентрация растворенного кислорода сильно зависит от времени года, и достигает нормы насыщения в период открытой воды (70 – 90%). Однако зимой концентрация может снижаться до 10 – 15% от нормы насыщения.

Химический состав и температура воды водоемов на территории округа позволяют поддерживать высокие плотности популяций промежуточных хозяев.

Количество осадков и преимущественно снеговое питание рек обеспечивает высокий уровень половодья в мае-июне, когда активность моллюсков наиболее высока. Благодаря замедленному стоку талых вод вследствие равнинности рельефа, ширине речных пойм и длительному периоду таяния снега половодье рек растягивается. Летние и весенние паводки характеризуются высоким уровнем воды в отличие от осенних.

На территории ХМАО-Югры важная роль, безусловно, принадлежит человеку. Цифры, отражающие массовое миграционное движение населения, подтверждают факт прироста населения и отмечаются во всех муниципальных образованиях автономного округа. Одним из факторов, влияющих на миграционный прирост, является экономическая стабильность, что обусловлено, в первую очередь, освоением новых нефтегазовых месторождений. Однако, наряду с увеличением населения, увеличивается и количество случаев паразитарных заболеваний.

В последнее десятилетие наблюдается тенденция снижения заболеваемости описторхозом как в ХМАО-Югре, так и в целом на территории России. Как видно из рисунка 1, за последние 15 лет заболеваемость снизилась почти в четыре раза. Однако многие медицинские организации связывают этот факт скорее с дефектами в системе учета и регистрации данного заболевания, чем с повышением осведомленности населения о причинах возникновения заболевания и устранением природного очага на территории округа. Также снижение заболеваемости описторхозом на территории округа связано с увеличением численности населения, что при учете значительно занижает показатели. Корреляционный анализ показателей численности населения и заболеваемости описторхозом за период 2004 - 2018 гг. в ХМАО показал наличие сильной обратной корреляционной связи между численностью населения и его заболеваемостью описторхозом ($r = - 0,95$).

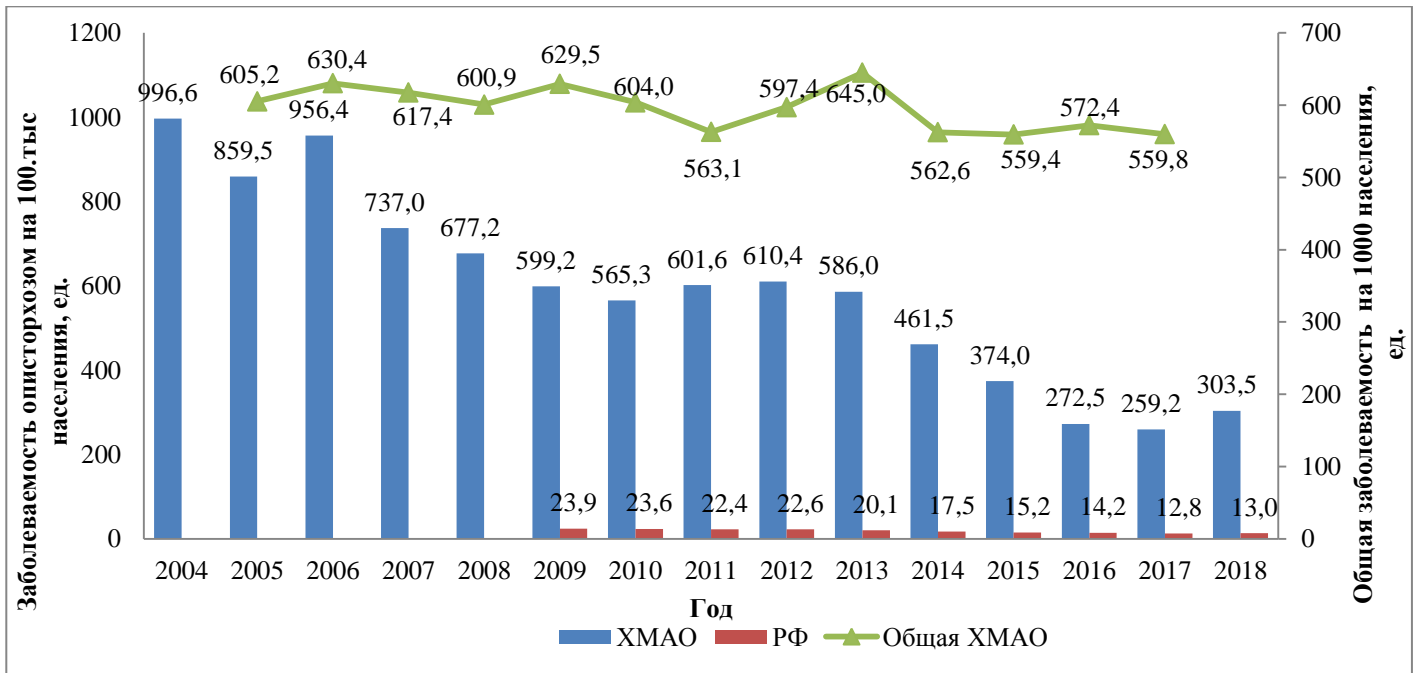


Рисунок 1 - Динамика заболеваемости описторхозом на 100 тыс. населения на территории ХМАО-Югры и Российской Федерации

Наиболее высокие показатели заболеваемости ежегодно фиксируются в Советском, Белоярском и Нижневартовском районах. В ходе данной работы была создана карта пространственного распределения заболеваемости населения описторхозом по данным, полученным за 2012-2018 года (рис.2).

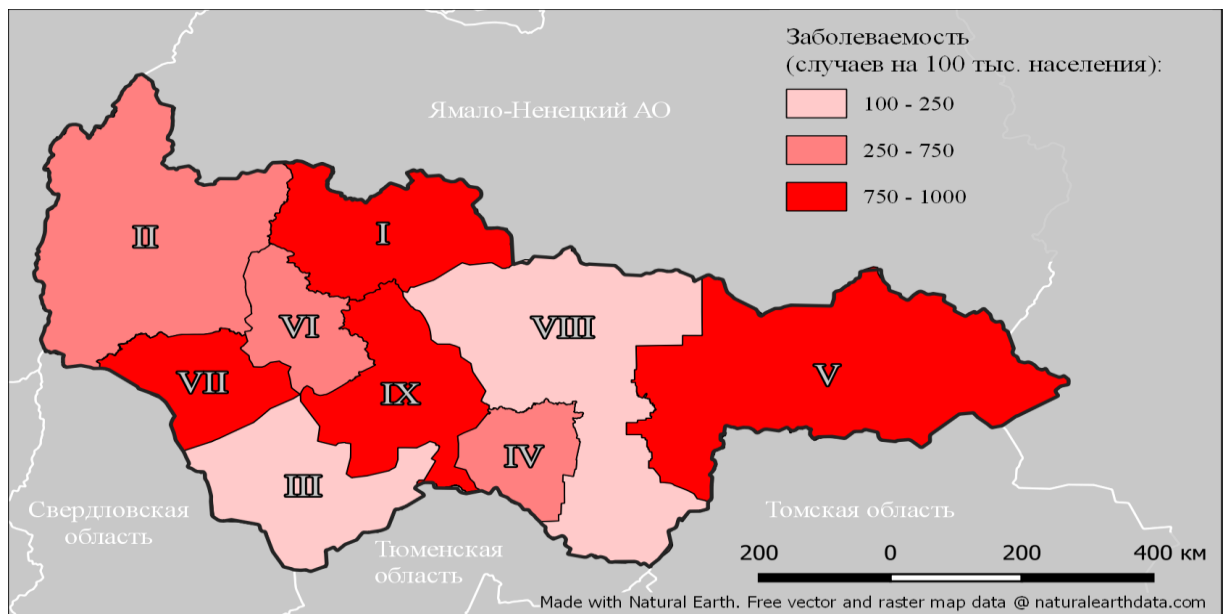


Рисунок 2 – Пространственное распределение заболеваемости описторхозом на территории ХМАО-Югры. На карте отмечены районы: I – Белоярский район; II – Березовский район; III – Кондинский район; IV – Нефтеюганский район; V – Нижневартовский район; VI – Октябрьский район; VII – Советский район; VIII – Сургутский район; IX – Ханты-Мансийский район.

Пики обнаружения описторхоза приходятся на период с сентября по ноябрь, что объясняется повышением объемов продаж рыбы, добытой и заготовленной рыбодобывающими предприятиями в этот период. Зачастую на данных предприятиях низкотемпературные камеры не могут гарантировать полное обеззараживание свежей рыбы, кроме того, иногда правилами обеззараживания рыбы пренебрегают из-за большого объема поступающего сырья. Заражение населения происходит чаще при употреблении необеззараженной рыбы в вяленном или копченом виде, нежели употребление рыбы, отловленной любителями.

Кроме этого, негативное влияние на эпидемическую ситуацию по заболеваемости населения описторхозом в регионе оказывает недостаточная развитость системы очистки сточных вод. Методы элиминации яиц гельминтов внедрены только в 32-х канализационно-очистных станциях из 132-х существующих в округе², и эти методы недостаточны, так как яйца гельминтов в ходе мониторинга качества очистки все равно обнаруживаются и попадают в окружающую среду, поддерживая тем самым жизненный цикл *O.felineus*.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что существование природного очага описторхоза на территории ХМАО-Югры обуславливается гидрологическими характеристиками рек (затяжное половодье, химический состав, температура воды), экологическими и социальными факторами.

В **третьей главе** проводилась геоэкологическая оценка природного очага описторхоза на территории ХМАО-Югры. Для этого была разработана методика оценки природного очага описторхоза как среды обитания человека и других организмов на основе комплексного подхода оценки этапов жизненного цикла *O. felineus*. В данной работе исследования проводились для рек Обь и Иртыш и некоторых их малых притоков за период 2012-2018 гг.

Согласно разработанной методике, первым шагом геоэкологической оценки является анализ гидрологических характеристик водоемов, включающий в себя исследование значений максимальных концентраций загрязняющих веществ превышающих ПДК, уровня половодья, определение площади участков пойм рек в местах отбора проб, а также анализ зависимости уровня половодья от различных индексов осцилляций.

На втором этапе оценки проводится исследование влияния гидрологических показателей на распространение и зараженность моллюсков семейства *Bithyniidae*. Далее исследуется зараженность рыб семейства карповых метацеркариями *Opisthorchis felineus* и *Metorchis bilis*.

² О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре в 2017 году: Государственный доклад Управления Роспотребнадзора по Ханты-Мансийскому автономному округу-Югре, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ханты-Мансийском автономном округе-Югре»

Последним этапом геоэкологической оценки является анализ заболеваемости описторхозом среди дефинитивных хозяев, так как нами была выбрана для рассмотрения система «человек-окружающая среда», то в качестве дефинитивного хозяина был рассмотрен только человек. Результаты проведения последнего этапа оценки представлены в предыдущей главе.

Первый этап геоэкологической оценки проводился для следующих рек: Иртыш (г.Ханты-Мансийск), р.Обь (г.Сургут), р.Большой Юган (с.Угут) (рис. 3).

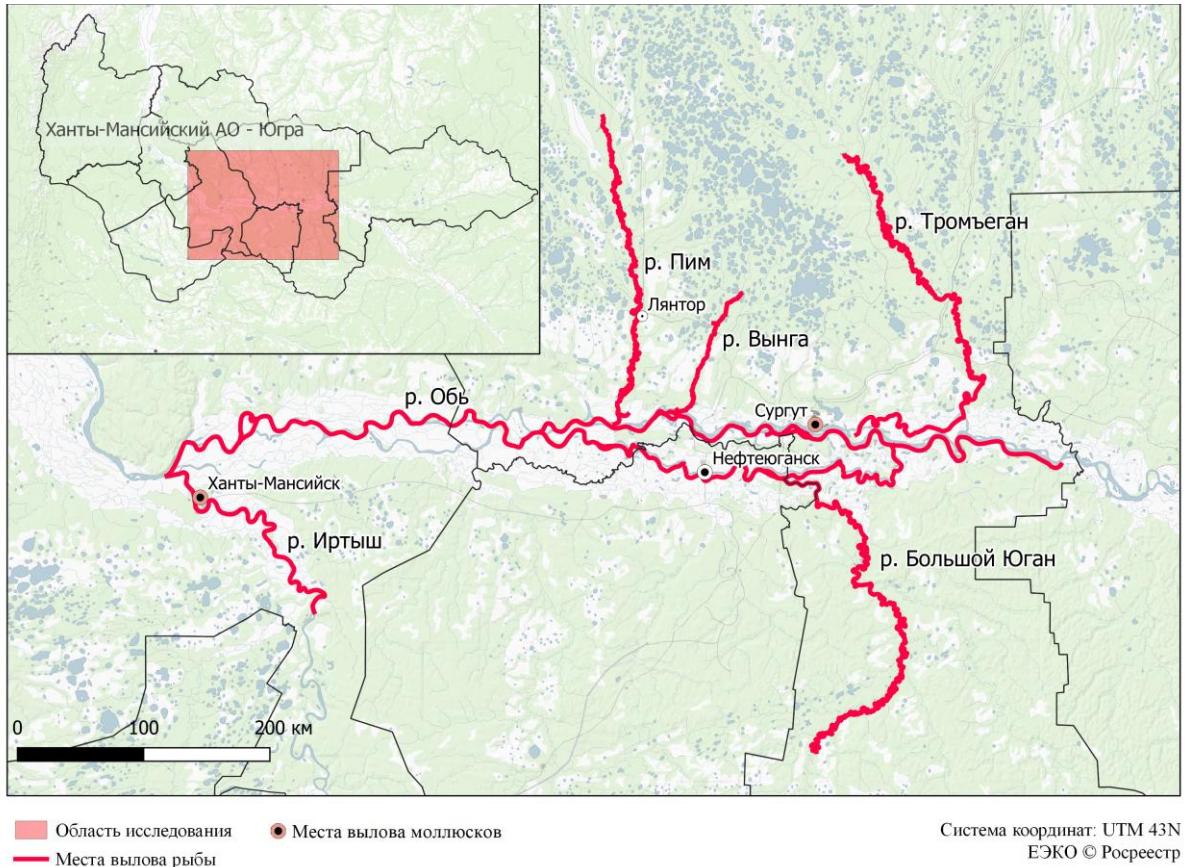


Рисунок 3 – Места отбора проб для исследования

Данные реки относятся к классу 4А, и оцениваются как «грязные» из-за многократного превышения ПДК железа, меди и марганца. За время исследования большая часть загрязняющих веществ, концентрация которых превышала ПДК, относилась к фоновым загрязнителям, типичным для данного региона (в среднем: железо – 28 ПДК, медь – 19 ПДК, цинк – 9 ПДК, марганец – 44 ПДК). Все концентрации загрязняющих веществ находились в пределах толерантности представителей семейства *Bithyniidae*.

Места отбора проб в пойменных озерах рек Оби и Иртыш относятся к бугристо-западинным затапливаемым поймам с вейниково-канареечниковыми лугами на аллювиальных луговых почвах. Места отбора проб в пойменных озерах реки Большой Юган относятся к плосковолнистой пойме с осоковыми лугами на аллювиальных луговых почвах.

Как уже было отмечено, одним из ключевых показателей для развития битиниид является уровень воды весеннего половодья. Важно отметить, что в маловодные годы, пойменные озера иногда не получают дополнительного питания от реки и могут пересохнуть, что приведет к резкому сокращению популяций битиниид. С повышением уровня воды возрастает вероятность попадания фекалий человека и животных, содержащих яйца описторхов, в водоемы, и дальнейшего распространения гельминтов.

Для оценки влияния глобальных климатических колебаний на гидрологический режим рек ХМАО-Югры, а также на развитие популяции битиниид было предложено использовать средние годовые индексы Североатлантической (North Atlantic Oscillation – NAO) и Арктической (Arctic Oscillation – AO) осцилляций, которые вносят суммарный вклад в метеорологический режим в исследуемом округе. Колебания данных индексов влияют на характер температурного режима и осадков, что напрямую влечет изменение режима снегонакопления.

За рассмотренный период исследования с 2012 по 2018 год наивысшие уровни половодья наблюдались в 2015 году (р.Обь – 830 см, р.Иртыш – 955 см, р. Большой Юган – 831 см), самый низкий уровень половодья был в 2012 году (р.Обь – 411 см, р.Иртыш – 538 см, р. Большой Юган – 560 см). Для рек Иртыш и Большой Юган за все года, кроме 2012, уровень половодья был выше среднего значения (781 см и 733 см соответственно). Для реки Обь уровень половодья за все годы, кроме 2015, был ниже среднего значения (742 см).

Проведенный регрессионный анализ показывает высокую степень зависимости уровня половодья обеих рек от индекса NAO. Коэффициент детерминации для реки Иртыш составил 0,81, для реки Обь 0,88 ($P < 0,0005$). С увеличением индекса NAO увеличиваются снеготопления региона, что в дальнейшем ведет за собой повышение уровня воды во время половодья, так как большая часть рек ХМАО-Югры имеют преобладающее снеговое питание.

Следовательно, можно предположить, что именно данный индекс будет оказывать большее влияние на плотность популяций битиниид.

Площадь участка поймы определялась только для рек Обь и Иртыш, так как за все время проведения исследований в реке Большой Юган моллюски семейства *Bithyniidae* не были обнаружены, что, возможно, связано с разницей в видах ландшафта.

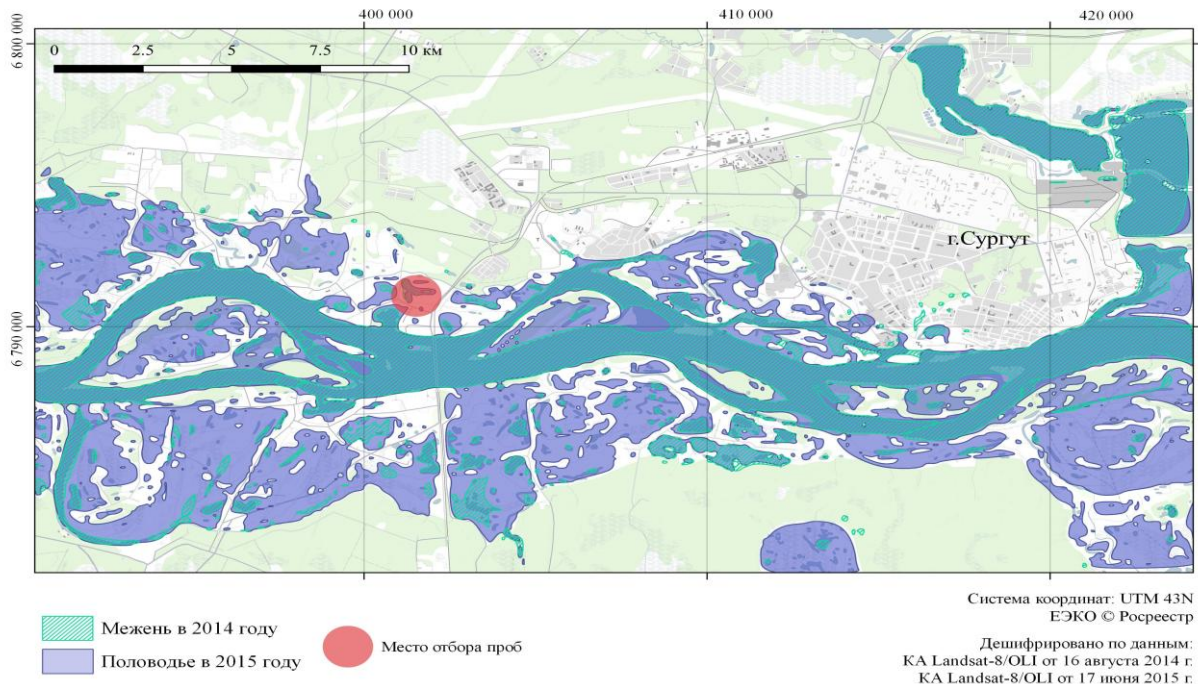
Для определения площади участков пойм рек использовались данные спутниковых снимков (Landsat 7 и 8), находящиеся в открытом доступе. По этим данным, с помощью программного обеспечения QGIS, создавались векторные карты русла рек в межень и выхода рек из берегов в половодье. Все снимки обрезались по одним и тем же координатам, соответствующим местам вылова битиний около городов Сургут и Ханты-Мансийск. С

помощью программного обеспечения QGIS автоматически определялась площадь векторного слоя бассейна реки в межень и половодье.

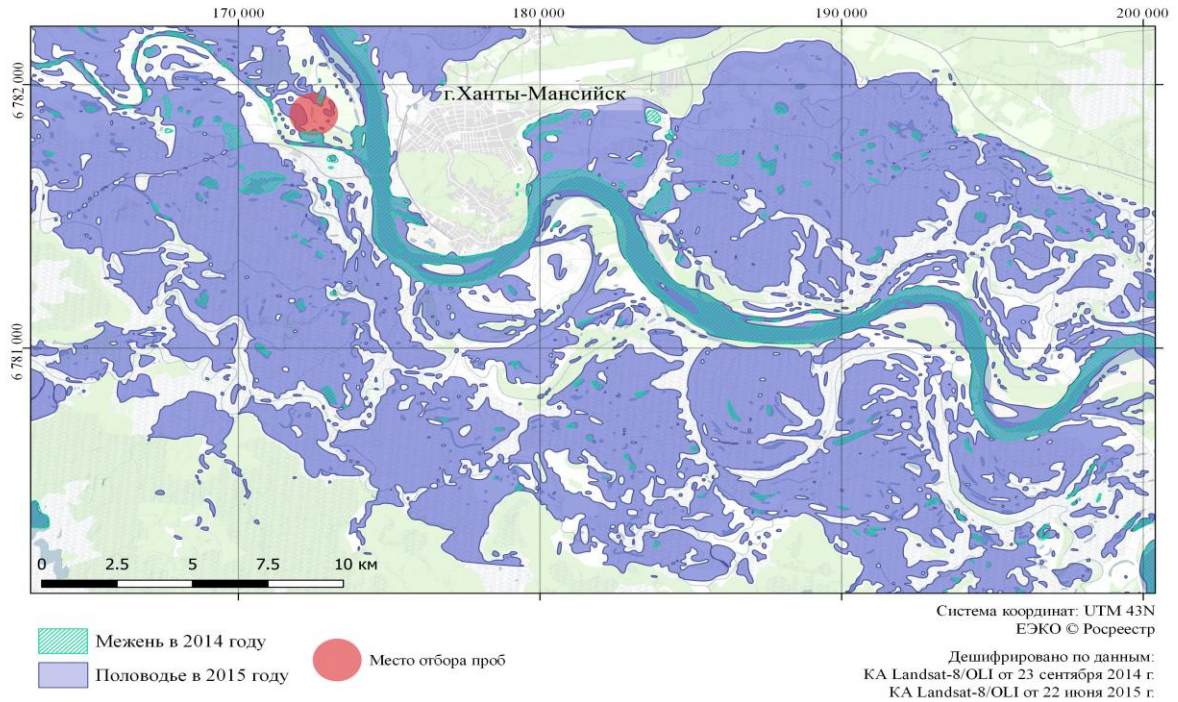
Примеры итоговых вариантов векторных карт, выполненных автором, представлены на рисунке 4. В полном объеме картографический материал представлен в Приложении 4 диссертации.

В 2012 году наблюдался малый подъем уровня воды в обеих реках. Площади участков пойм рек в половодье практически не отличались от меженных в предыдущий год. Осенью 2012 наблюдалась наименьшая площадь участков пойм обеих рек за все годы исследований (р.Обь - 67,9 км², р.Иртыш – 26,19 км²).

В следующие несколько лет площадь участков пойм обеих рек увеличивалась как в межень, так и в половодье, достигнув максимума в половодье для Иртыша в 2014 году (463,67 км²), и для Оби в 2015 году (202,20 км²).



a



б

Рисунок 4 – Площадь участков пойм рек: а – Иртыш, б - Обь

В целом полученные данные о площади участков пойм исследуемых рек совпадают с официальными данными о высших уровнях воды весенне-летнего половодья Департамента экологии Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

В рамках исследования влияния гидрологических характеристик рек на распространение битинид сбор моллюсков осуществлялся в пойменных озерах с июня по июль 2012-2018 годов, так как именно летом они наиболее активны. Сбор производили в семи точках каждого водоема вдоль береговой линии по площади 3-4 м² через каждые 10 метров. Плотность популяции моллюсков определялась с помощью подсчета выловленных моллюсков в одном сачке, и умножением этого количества на 3 по методике, предложенной Баэром С.А.

Видовая принадлежность моллюсков была идентифицирована по определителю. Среди всех обследованных водоемов были обнаружены моллюски *Bithynia troscheli* и *Bithynia tentaculata*. В период проведения данного исследования наблюдались колебания плотности популяций обоих видов моллюсков, в зависимости от обилия половодья и развития видов элиминаторов.

В реках Обь и Иртыш в 2012 году была обнаружена низкая плотность популяции вида *Bithynia troscheli* и отсутствие моллюсков вида *Bithynia tentaculata*, что, возможно, было связано с критически низким уровнем

половодья в этом году. Многие озера, где обитают битинии, обмелели и пересохли, поэтому популяции двух видов не получили должного развития.

Наибольшая плотность популяции вида *Bithynia troscheli* была обнаружена в 2017 году ($49 \pm 2,6$ особей на 1 м^2 в р. Иртыш; $25 \pm 3,5$ особей на 1 м^2 в р.Обь). Это связано с высоким уровнем половодья в данном году, а также с невысокой относительно других годов максимальной концентрацией загрязняющих веществ, превышающих ПДК. Плотность популяции вида *Bithynia tentaculata* в 2017 году была также высока ($13 \pm 2,2$ особей на 1 м^2 в р. Иртыш, $13 \pm 1,5$ особей на 1 м^2 в р. Обь), однако, наивысшая плотность данного вида была обнаружена в 2015 году ($10 \pm 1,1$ особей на 1 м^2 в р. Иртыш; $15 \pm 2,7$ особей на 1 м^2 в р.Обь), что, возможно, связано с разным пределом толерантности двух видов к загрязняющим веществам.

В 2014 году в пойме реки Обь плотность популяции моллюсков была невелика ($3 \pm 1,4$ особей на 1 м^2 *Bithynia troscheli*, *Bithynia tentaculata* не обнаружены), однако, было обнаружено большое количество пустых раковин. Гибель моллюсков можно объяснить биотическими факторами. В указанный год было замечено массовое развитие пиявок рода *Glossiphonia*, для которых битинии являются основным объектом питания. Такое развитие популяции пиявок было связано с повышением плотности популяции моллюсков в предыдущий год, а также с невысокой относительно других годов максимальной концентрацией загрязняющих веществ, превышающих ПДК. Таким образом, можно предположить, что заражения метацеркариями описторхид рыб семейства карповых в 2014 году в реке Обь, а также в 2012 году в реках Обь и Иртыш было слабым или отсутствовало совсем, так как первого промежуточного хозяина возбудителя описторхоза в водоёмах разного типа не наблюдалось.

В ходе исследования была обнаружена одновременная зависимость плотности популяции моллюсков *Bithynia troscheli* и *Bithynia tentaculata* от нескольких факторов: от концентраций загрязняющих веществ, от развития вида элиминаторов – улитковой пиявки, а также от уровня половодья. Отмечено, что наибольшая плотность популяции достигается при высоком уровне половодья весной, при относительно низких концентрациях загрязняющих веществ и низком развитии видов элиминаторов. Корреляционное поле уровней половодья и суммарной плотности популяции обоих видов на двух реках, линейная регрессия и коэффициенты детерминации показаны на рис. 5. Пунктиром обозначена общая линейная регрессия для обеих рек.

Коэффициент детерминации, показывающий степень влияния уровня половодья на плотность популяции, для реки Иртыш является более высоким, чем для реки Обь. Это связано с более значительным влиянием других факторов, таких как концентрации загрязняющих веществ и развитие популяций видов элиминаторов на популяции битиний в реке Обь. Общий коэффициент детерминации для обеих рек составил 0,71, что может говорить

о большой доле влияния уровня половодья на плотность популяций моллюсков.

Полученные коэффициенты детерминации зависимости плотностей популяции моллюсков от индексов осцилляций NAO, AO и их суммы говорят о наличии умеренной связи между выбранными данными (коэффициент детерминации от 0,40 до 0,51). Следует отметить достаточно высокий коэффициент детерминации зависимости суммарной плотности популяции *B. tentaculata* от индекса NAO (коэффициент детерминации составил 0,72 ($P < 0,005$)).

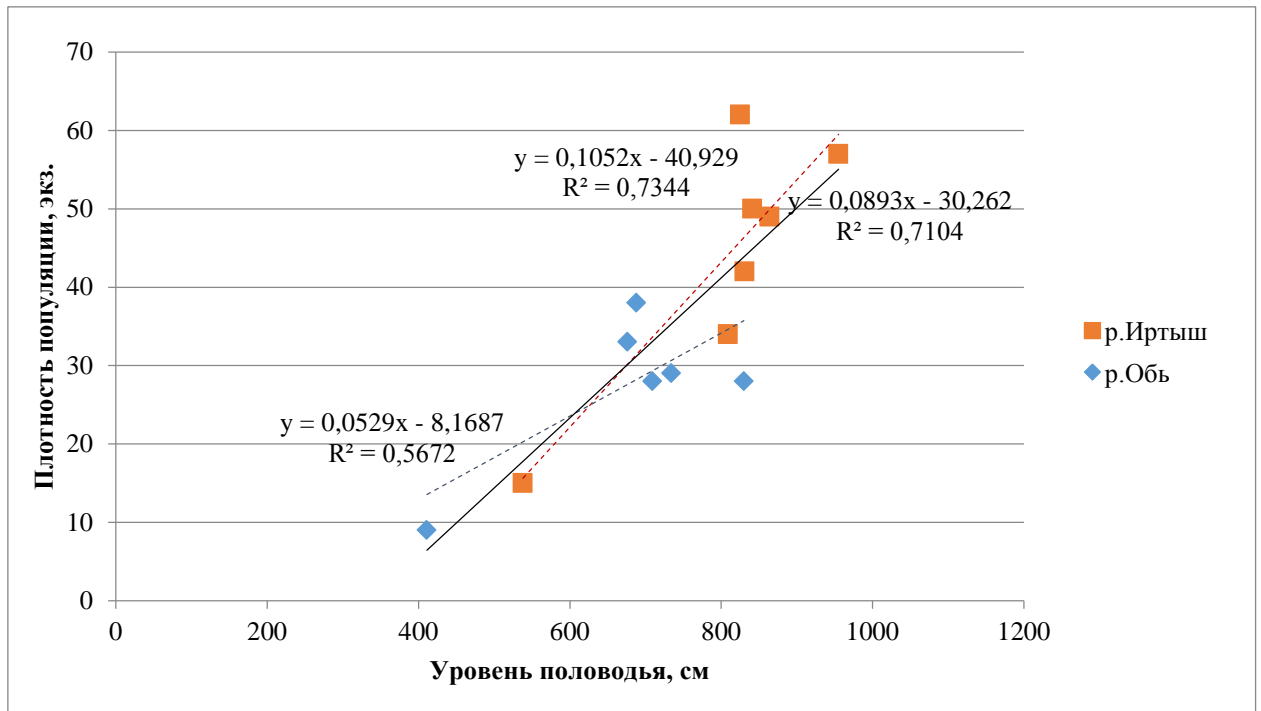


Рисунок 5 – Диаграммы, отражающие связь между суммарной плотностью популяций *B. trosscheli* и *B. tentaculata* и уровнями половодья в реках Обь (г. Сургут) и Иртыш (г. Ханты-Мансийск)

Адекватные модели позволяют использовать данные индексы для прогноза ориентировочных величин плотностей популяции моллюсков, а следовательно, и для оценки возможного уровня заражения рыб семейства карповых метацеркариями описторхид.

В рамках данной работы также была выполнена оценка зараженности моллюсков трематодами описторхид. Обследование моллюсков для определения экстенсивности инвазии проводилось компрессорным методом. Для проведения обследования старались отбирать моллюсков одного возраста – около трех лет.

Несмотря на более высокие показатели плотности популяции вида *Bithynia trosscheli*, показатели экстенсивности инвазии у него ниже, чем у *Bithynia tentaculata*. Разница между показателями зараженности двух видов достоверна ($t > 2$). В среднем экстенсивность инвазии *Bithynia tentaculata* в

реке Обь составила $36,0 \pm 5,0\%$, в реке Иртыш – $51,4 \pm 9,7\%$. Для вида *Bithynia troscheli* тот же показатель в реке Обь и реке Иртыш составил соответственно $18,1 \pm 2,3\%$ и $25,4 \pm 0,8\%$.

В целом динамика зараженности моллюсков обоих видов на протяжении всего периода изучения оставалась стабильной при близких значениях плотности популяций видов. Общий коэффициент корреляции зависимости плотности популяций битиний от площади участков пойм для двух рек (для Оби – 0,62, для Иртыша – 0,75) составил 0,81 ($P < 0,0005$), что свидетельствует о высокой зависимости двух показателей по шкале Чеддока.

Коэффициент корреляции для зависимости показателя экстенсивности инвазии исследуемых моллюсков от площади участков пойм для двух рек (р. Обь – 0,34, р. Иртыш – 0,75) составил 0,67 ($P < 0,005$), что свидетельствует о заметном влиянии площади участка поймы на плотность популяций моллюсков. Для обеих зависимостей коэффициенты корреляции являются более высокими для реки Иртыш, чем для реки Обь. Это связано с более значительным влиянием других факторов, таких как развитие популяций видов элиминаторов на популяции битиний в реке Обь.

За все годы исследования высший уровень половодья в реке Иртыш был в среднем на 116 см выше, чем в реке Обь, площадь бассейна Иртыша в половодье была в 2-3 раза больше, чем у реки Обь в месте отбора проб. Этот факт может являться основной причиной более высоких показателей плотности популяции моллюсков и их экстенсивности инвазии.

Анализ зараженности рыб семейства карповых производился в шести реках ХМАО-Югры: Большой Юган, Вынга, Тромъеган, Пим, Обь, Иртыш. Вылов рыбы производился с июня по ноябрь 2012 - 2018 г (рис.3).

В ходе исследования рыбу идентифицировали, ее возраст устанавливали по чешуе. Проводилось обследование мускулатуры рыбы на наличие метацеркарий описторхид по стандартной методике³. Для анализа материалов, полученных в ходе данного исследования, были рассчитаны индекс обилия, экстенсивность и интенсивность инвазии.

За время исследования всего было выловлено более трех тысяч экземпляров рыб, среди которых подавляющее большинство составили язи, ельцы и плотва.

Инвазия рыб семейства карповых метацеркариями описторхид в реках ХМАО-Югры происходит по-разному. В малых притоках Оби обитают относительно изолированные популяции рыб, которые зимуют в притоках, спасаясь от заморов, и спускаются в пойму Оби для размножения и нагула.

³ Методические указания МУК 3.2.988-00 "Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 25 октября 2000 г.)

Значения экстенсивности инвазии разных видов рыб в исследуемых реках без ранжирования по их возрасту представлены на рисунке 6.

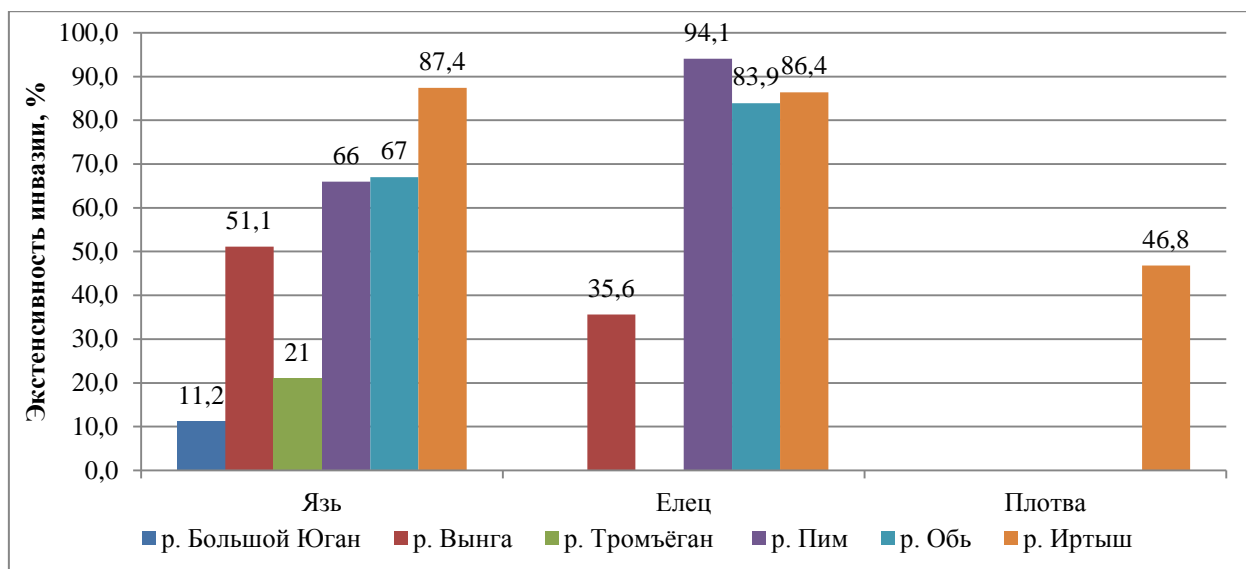


Рисунок 6 – Экстенсивность инвазии рыб семейства карповых в реках ХМАО-Югры

Как видно из рисунка 6, в реке Иртыш экстенсивность инвазии в среднем выше по сравнению с остальными реками, что может быть связано с более благоприятным гидрологическим режимом в этой реке для развития популяций битинид. Также высокие показатели экстенсивности инвазии наблюдаются в реках Обь и Пим.

Высокие показатели индекса обилия и интенсивности инвазии подтверждают, что основные реки ХМАО-Югры являются крупным очагом описторхоза. Показатели инвазии рыб семейства карповых метацеркариями описторхид в реках ХМАО-Югры варьируют из-за миграции рыб, связанной с циклическими изменениями содержания кислорода в воде.

Заключение содержит основные результаты и выводы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ РАБОТЫ

1. Установлено, что существование природного очага описторхоза на территории ХМАО-Югры обуславливается гидрологическими характеристиками рек (затяжное половодье, химический состав, температура воды, циклические изменения содержания кислорода в воде) и другими экологическими факторами.

2. Доказана закономерность увеличения плотности популяции *Bithynia tentaculata* и *Bithynia troscheli* при высоком уровне половодья весной, при относительно низких концентрациях загрязняющих веществ и низком развитии видов элиминаторов;

3. Установлено, что за все годы исследования высший уровень половодья в реке Иртыш был в среднем на 116 см выше, чем в реке Обь,

площадь участка поймы Иртыша в половодье была в 2 - 3 раза больше, чем у реки Обь в месте отбора проб, что способствует поддержанию природного очага описторхоза и делает эту реку самым неблагополучным водоемом из всех исследованных в данном округе.

4. Установлена более высокая плотность популяций и экстенсивность инвазии для обоих видов моллюсков в реке Иртыш, что связано с более подходящими гидрологическими условиями для развития описторхид в этой реке. Установлено, что вероятность заражения рыб семейства карповых метацеркариями описторхид также выше в реке Иртыш;

5. Доказано наличие достоверной связи между уровнем половодья, плотностью популяции *B. tentaculata* и индексом Североатлантической осцилляции (NAO) в реках Обь и Иртыш.

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

1) Маюрова А.С., Кустикова М.А. Исследование влияния паводков и некоторых биотических факторов на распространение моллюсков семейства *Vithyniidae* // Междисциплинарный научный и прикладной журнал "Биосфера". 2019. Т.11. №1. С. 19-26.

2) Маюрова А.С. Оценка экстенсивности инвазии метацеркариями *Opisthorchis felineus* рыб семейства карповых, продающихся в продовольственных магазинах г.Ханты-Мансийск // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета - 2019. - № 57. С.91-97.

3) Маюрова А.С., Кустикова М.А. Оценка зараженности метацеркариями описторхид рыб семейства карповых в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре // Российский паразитологический журнал. – 2019. – №13(4). С. 56-66.

4) Маюрова А.С., Кустикова М.А. Особенности распространения первых промежуточных хозяев *Opisthorchis felineus* вблизи крупных городов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (Западная Сибирь) // Социально-экологические технологии – 2019. №9(4). – С. 481-501

Публикации в иных изданиях:

1) Маюрова А.С., Кустикова М.А. Разработка модели прогноза развития этнических традиций питания в Обь-Иртышском регионе // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. СПб.: Университет ИТМО, 2019. № 5, С. 186-188

2) Маюрова А.С., Кустикова М.А. Выявление закономерности развития метацеркарий в зависимости от погодных условий // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://old.kmu.itmo.ru/collections_article/8182/vyyavlenie_zakonomernosti_razvitiya_metacerkariy_v_zavisimosti_ot_pogodnyh_usloviy.htm

3) Маюрова А.С., Кустикова М.А. Распространение метацеркарий

описторхид (*Opisthorchis felineus*, о. Viverrini) в России и мире // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сборник научных трудов XXI Международной научно-практической конференции: в 3 т. Москва, апрель-сентябрь 2020 г. – Москва : РУДН, 2020. С. 137-141

4) Маюрова А. С., Кустикова М. А. Географические предпосылки возникновения и поддержания природного очага описторхоза на территории ХМАО-Югры // Наука и инновации XXI века : сборник статей по материалам VI Всероссийской конференции молодых ученых (г. Сургут): в 3 т. – Сургут. гос. ун-т. – Сургут : ИЦ СурГУ, 2020. – Т. I. С. 8-10