



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ  
Кафедра геоэкологии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ В ГЭК  
Заведующий кафедрой  
Доктор биологических наук, доцент  
 А. В. Синдирева  
 2022 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
магистерская диссертация

ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ РОССИИ  
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА СУРГУТ)

05.04.06 Экология и природопользование  
Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнил работу  
студент 2 курса  
очной формы обучения



Дайзель Александр Владимирович

Руководитель  
к.г.н., доцент



Притужалова Ольга Александровна

Рецензент  
к.г.н., доцент, заместитель  
директора, НОЦ-кафедра  
ЮНЕСКО «Динамика  
окружающей среды и глобальные  
изменения климата», ЮГУ



Ахмедова Ирина Дмитриевна

Тюмень  
2022

## АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматривается возможность оценки экосистемных услуг водно-зеленой инфраструктуры северных городов на примере города Сургут. Проведен поиск научных источников и анализ литературы для обоснования основных положений концепции экосистемных услуг; поиск методов и осуществления оценки экосистемных услуг водных объектов северных городов; проведена сравнительная оценка предложения и спроса экосистемных услуг; сделано картографирование для оценки экосистемных услуг водно-зеленой инфраструктуры. В результате исследования был сделан вывод о том, что в северных городах наблюдается тенденция к развитию рекреационных и культурных экосистемных услуг. В исследовании обосновывается важность оценки экосистемных услуг водно-зеленой инфраструктуры северных городов России, так как Россия является лидером по количеству городов за полярным кругом и северных городов, которые характеризуются не только дискомфортными природными условиями, но и высоким давлением на окружающую среду, в частности на водные объекты. Рассмотренные в работе методы оценки экосистемных услуг водных объектов могут быть использованы в других северных городах России, так как методология биофизической оценки не разработана для данного региона страны.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
ГЛАВА 1. АДАПТАЦИЯ ПОЛОЖЕНИЙ КОНЦЕПЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ДЛЯ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ РОССИИ .....	8
1.1. ОБОСНОВАНИЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	8
1.2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИСТОРИЯ КОНЦЕПЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ .....	11
1.3. ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ДЛЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ .....	15
1.4. ОБЗОР ОЦЕНКИ И ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ДЛЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ .....	19
1.5. ВАЖНОСТЬ И ЦЕННОСТЬ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ В ГОРОДАХ ..	23
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ .....	30
2.1. ГОРОДСКИЕ ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ.....	30
2.2. ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ЗЕЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ.....	32
2.2.1. Оценка количества и качества зеленых насаждений в городской среде.....	34
2.2.2. Снижение загрязнения атмосферного воздуха .....	35
2.2.3. Регулирование микроклимата в городское среде .....	37
2.2.4. Рекреационные экосистемные услуги.....	38
2.3. ПОДХОДЫ К КЛАССИФИКАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	38
2.4. ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ГОРОДСКИХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	40
2.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ РОССИИ .....	42
ГЛАВА 3. АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА СУРГУТ).....	46

3.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРОДА СУРГУТА И ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА.....	46
3.1.1. Физико-географическая характеристика города Сургут.....	46
3.1.2. Характеристика зеленой инфраструктуры на территории города Сургут .....	47
3.1.3. Характеристика естественных водных объектов на территории города Сургут .....	50
3.1.3. Искусственно созданные водные объекты на территории города Сургут .....	52
3.2. АПРОБАЦИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДА СУРГУТА .....	53
3.2.1. Оценка экосистемной услуги «пища» .....	53
3.2.2. Оценка экосистемной услуги «чистая вода» .....	54
3.2.3. Оценка экосистемной услуги «рекреация» .....	55
3.3. АПРОБАЦИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ЗЕЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДА СУРГУТА .....	60
3.3.1. Оценка экосистемной услуги «снижение загрязнения атмосферного воздуха» .....	60
3.3.2. Оценка экосистемной услуги «регулирование микроклимата в городское среде» .....	64
3.3.3. Оценка экосистемной услуги «рекреация» .....	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	67
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	69
ПРИЛОЖЕНИЯ 1-20.....	81

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность диссертационного исследования.** Города становятся все более неустойчивыми, уязвимыми и небезопасными, и поэтому на Генеральной Ассамблее ООН 25 сентября 2015 года были приняты 17 целей устойчивого развития, в число которых входит цель №11 «Устойчивые города и населенные пункты». В задачи данной цели входит [Цели в области устойчивого развития]:

1. к 2030 году расширить масштабы открытой для всех и экологически устойчивой урбанизации, и возможности для комплексного и устойчивого планирования населенных пунктов и управления ими на основе широкого участия во всех странах;

2. к 2030 году уменьшить негативное экологическое воздействие городов в пересчете на душу населения, в том числе посредством уделения особого внимания качеству воздуха и удалению городских и других отходов;

3. к 2030 году обеспечить всеобщий доступ к безопасным, доступным и открытым для всех зеленым зонам, и общественным местам, особенно для женщин и детей, пожилых людей и инвалидов.

На конференции Хабитат III, проходившей в Кито (Эквадор) в октябре 2016 года обсуждалась ключевая роль городских экосистемных услуг - выгод, которые человечество получает от экосистем, для реализации ЦУР № 11 [Букварёва, 2020, с. 13].

Российская Федерация характеризуется самой высокой долей северных городов, которые характеризуются не только дискомфортными природными условиями, но и высоким давлением на окружающую среду.

В исследовании проводится анализ городской среды города Сургута ввиду того, что это один из крупных городов, находящихся на территории приравненных к районам Крайнего Севера, помимо этого в городе действуют предприятия нефтяной и газовой промышленности, обрабатывающих отраслей промышленного производства, а также осуществляет свою работу крупнейшая ГРЭС в России – Сургутская. Перечисленные предприятия активно оказывают

негативное воздействие на окружающую среду города. В связи с этим наблюдается негативное влияние на уязвимые северные экосистемы и городскую среду, что обостряет потребность населения и предприятий в экосистемных услугах.

**Цель исследования:** адаптировать подходы к оценке экосистемных услуг для северных городов (на примере города Сургута).

**Объект исследования:** сине-зеленая инфраструктура города Сургут.

**Предмет исследования:** экосистемные услуги, предоставляемые сине-зеленой инфраструктурой города Сургут.

**Задачи исследования:**

1. рассмотреть основные положения концепции экосистемных услуг для северных городов;
2. изучить ограничения и возможности существующих методик оценки экосистемных услуг для северных городов;
3. апробировать выбранные методики для города Сургут и проанализировать результаты.

**Методы исследования.** Для написания выпускной квалификационной работы были использованы следующие методы научного исследования: поиск научных источников и анализ литературы для обоснования основных положений концепции экосистемных услуг; метод абстрагирования для поиска методов и осуществления оценки экосистемных услуг северных городов; метод сравнения для сравнительной оценки предложения и спроса экосистемных услуг; картографирование для оценки спроса и предложения экосистемной услуги «рекреация», «охлаждающий эффект».

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Оценка экосистемных услуг Северных городов имеет ряд особенностей – это тенденция к сохранению биоразнообразия, адаптация городской среды к изменению климата посредством реализации концепции экосистемных услуг, тенденция к развитию рекреационных и культурных экосистемных услуг.

2. Проведенная оценка экосистемных услуг водно-зеленой инфраструктуры города Сургут показывает, что наблюдается высокий спрос на экосистемные услуги, но учитывая природные особенности местности города Сургут, необходима апробация методов оценки для целей городского планирования.

**Научная новизна.** В работе выделены приоритетные экосистемные услуги для северных городов, определены методики для оценки экосистемных услуг сине-зеленой инфраструктуры северных городов, выбранные методики были апробированы для города Сургут.

Работа включает в себя введение, 3 главы (в 1 главе содержится 5 параграфов, 2 глава содержит 5 параграфов с подпунктами и 3 глава содержит 3 параграфа с подпунктами), заключение, список литературы (103 источника), 20 приложений (9 таблиц и 11 карт); в работе содержится 14 иллюстраций и 19 таблиц.

В качестве материалов исследования были использованы международные документы и соглашения, картографические векторные данные ресурса Open Street Maps, базы научных трудов eLibrary, Cyberleninka, Scopus, Web of Science, Research gate.

Результаты исследования были представлены на конференции «Smart and Sustainable Cities Online Conference (SSC-2020): Advanced technologies for sustainable development of urban green infrastructure» (Онлайн конференция на базе РУДН «Умные и устойчивые города 2020»: Продвинутые технологии для устойчивого развития городской зеленой инфраструктуры)

# ГЛАВА 1. АДАПТАЦИЯ ПОЛОЖЕНИЙ КОНЦЕПЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ДЛЯ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ РОССИИ

## 1.1. ОБОСНОВАНИЕ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА ИССЛЕДОВАНИЯ

В течение долго времени историки, географы, а также социологи разрабатывали подходы к определению города, но оригинальную трактовку понятия «город» высказал американский ученый Л. Мамфорд. Он говорил, что город – это особый вид защищённой окружающей среды, которая благоприятствует к появлению многих отраслей жизни. По его теории «город» - это феномен, который воплощает стремление человека к дому, сотрудничеству и взаимопомощи [Mumford, с. 56]. Но в то же время город является средой социализации и жизнедеятельности человека. В современных российских городах понимание городской среды сводится к пространству для реализации человеческого потенциала. В последнее время понятие «городская среда» получает все большее внимание и распространение в мире, например, в понимании Министерства регионального развития РФ «городская среда» - это «совокупность конкретных основополагающих условий, созданных человеком и природой в границах населенного пункта, которые оказывают влияние на уровень и качество жизнедеятельности человека» [О разработке методики..., с. 3].

Урбосреда, как и город, считается результатом многолетней деятельности человека. Так, она создает благоприятные условия для качества жизни людей, способствует получению образования, карьерному росту, доступ к медицинскому обслуживанию, доступу к рекреационным ресурсам. Урбанизированная среда формируется под влиянием многих сфер жизни человека, например, производственной деятельности [Политкина, с. 2].

«Экологический каркас» является термином, который позволяет понять суть экосистемных услуг. Так в Российской Федерации «экологический каркас» не является категорией законодательства, но при этом представляет собой



общезначимую социальную платформу, с которой считается общественность и научное сообщество [Климанова, Колбовский, Илларионова, с. 4]. Экологический каркас также называют экологической инфраструктурой, В.А. Николаев под этим понимает совокупность геосистем в пределах определённого ландшафта, выполняющих функцию защиты окружающей среды и «мягкого» управления ландшафтом [Николаев, с. 15]. Элементами экологического каркаса считаются: зеленые насаждения и водоёмы.

Зеленая инфраструктура и экосистемные услуги повышают качество городской жизни и способствуют устойчивому развитию города. В советский период зеленая инфраструктура была важной частью территориального планирования. Сегодня многие постсоветские города сталкиваются с проблемой ухудшения зеленой инфраструктуры из-за быстрого экономического роста и последующего разрастания городов. Европейская практика территориального планирования определяет зеленую инфраструктуру как «стратегически планируемую сеть природных и квазиприродных территорий с другими экологическими особенностями, спроектированную и управляемую для предоставления широкого спектра экосистемных услуг» [The Value of Green Infrastructure for Urban Climate, с. 32].

Так же существует понятие «сине-зеленная инфраструктура», которое представляет собой сеть объектов, обеспечивающих «компоненты» для решения городских и климатических проблем, при этом обязательным условием является выполнение принципа «строительства с природой» [The Value of Green Infrastructure for Urban Climate, с. 34]. «Строительство с природой» - это концепция, в которой природа используется для борьбы с рисками изменения климата, такими как наводнения, волны и повышение уровня моря [Wageningen University & Research].

Определение экосистемных услуг до сих пор остается одной из дискуссионных тем в мире. Например, в документах многих международных организаций определение экосистемных услуг звучит так: «экосистемные услуги – это выгоды, которые люди получают от экосистемы» [Бобылев,

Захаров, с. 6]. Но такое определение связано с экономической стороной понятия.

Также одним из главных понятий в разговоре о важности экосистемных услуг является благосостояние населения. В благосостояние населения входят: достойные условия жизни, свобода выбора и действий, хорошее здравоохранение, безопасность населения. Благосостояние определяется как противоположность бедности, но единого представления нет, поскольку составляющие благополучия воспринимаются людьми по-разному в зависимости от географического положения, культуры и всех факторов, специфичных для местности проживания и периода истории [Millennium Ecosystem Assessment, с. 23].

Экосистемные услуги – это все прямые и не прямые выгоды, которые человечество получает от экосистем [Millennium Ecosystem Assessment, с. 6]. Из этого определения можно сделать вывод, что экосистемные услуги это, услуги, которые обеспечивают человечество качественной средой обитания, природными ресурсами для комфортной жизни.

Важность городской природы была понята ещё в древние времена, например, в Византии. Зеленые зоны в городской среде служили в первую очередь эстетическим целям, но также они обеспечивали водными ресурсами. Тем не менее, большинство городов построены так плотно, что в городском пространстве не хватает места для зеленых зон. Очень часто говорят о том, что городская природа играет вспомогательную роль, данная роль заключается в том, что она представляет человеку услуги [Kronenberg, Hubacek, с. 5].

Во всем мире городская среда характеризуется разными климатическими условиями, разными биомами и высокой концентрацией загрязнения воздуха, водных объектов и почвы. На данный момент около  $\frac{2}{3}$  населения территории севера живет в городе [Устойчивое развитие, с. 102].

## 1.2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИСТОРИЯ КОНЦЕПЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ

Концепция экосистемных услуг является относительно новой. Данная концепция появилась в последние десятилетия XX века, когда были выпущены первые публикации на эту тему.

Впервые определение «экосистемные услуги» было употреблено в работе «Вымирание: причины и последствия исчезновения видов» [Ehrlich P., Ehrlich A., с. 34], которая была написана в 1981 году Полом Эрлихом и Анной Эрлих. Помимо этого, Л. Браат и Р. Де Гроот отмечали: «процесс сведения воедино экологии и экономики, координировании охраны окружающей среды и экономического развития, и появления этого термина в политической повестке дня занял несколько десятилетий» [Braat, de Groot, с. 12]. Экология динамично развивается, поэтому с начала зарождения произошло много качественных изменений, результатом которых стало переосмысление экосистемных услуг. Это переосмысление связано с применением концепции экосистемных услуг на практике. В наше время данная концепция включает в себя многие аспекты: естественнонаучные, правовые, экономические, культурные, социальные, а также общефилософские.

Одним из важных шагов в осуществлении концепции экосистемных услуг стал ключевой доклад «Оценка экосистемных услуг на пороге тысячелетия» [Оценка экосистем на пороге тысячелетия], это научный проект под эгидой ООН. Работа над этим проектом началась в 2001 году с привлечением более 1300 международных экспертов. Это исследование обеспечило первичную глобальную оценку антропогенного воздействия на экосистемы и их услуги, анализ состояния и тенденций развития экосистем, а также возможные решения для восстановления, поддержания и устойчивого использования. Основной вывод, сделанный в рамках «Оценки экосистемных услуг на пороге тысячелетия», заключался в том, что в настоящее время 60 процентов,

оцениваемых экосистемных услуг, деградируют или используются нерационально [Оценка экосистем на пороге тысячелетия].

В результате данного проекта были сделаны доклады: «Экосистемы и благосостояние человека: синтез, биоразнообразие, опустынивание, возможности и испытания для бизнеса и производства, водно-болотные угодья и водные ресурсы, итоги оценки здоровья», которые стали отправной точкой дальнейших направлений деятельности ученых в сфере экосистемных услуг [Оценка экосистем на пороге тысячелетия]. В докладах было заложено понимание связи качества и количества экосистемных услуг и благосостояния человечества. В рамках Программы ООН по окружающей среде была разработана база данных по экосистемным услугам, а также их классификация, которая представлена в приложении 1 [Millennium Ecosystem Assessment, с. 24].

Следующим этапом в развитии концепции экосистемных услуг стала международная инициатива «Экономика экосистем и биоразнообразие – ТЕЕВ», осуществленная в 2007-2010 годах, которая включила в себя экономическую перспективу оценки экосистемных услуг в политические дебаты. ТЕЕВ стремился подчеркнуть экономическую ценность биоразнообразия, а также издержки, связанные с утратой биоразнообразия и деградацией экосистем. ТЕЕВ был инициирован Европейской комиссией и федеральным Министерством окружающей среды, охраны природы, строительства и ядерной безопасности Германии в ответ на предложение министров окружающей среды стран "G8+5", состоявшейся в марте 2007 года в городе Потсдам, Германия. Исследование проводилось международными и национальными организациями, привлекающие специалистов в различных областях науки, экономики и политики. Выводы ТЕЕВ были опубликованы в нескольких докладах, включая [The Economics of Ecosystems & Biodiversity]:

1. экологические и экономические основы ТЕЕВ [Ecological and Economic Foundations, с. 3];
2. ТЕЕВ в разработке национальной и международной политики [National and International Policy-Making, с. 4];

3. ТЕЕВ в области местной и региональной политики [Local and Regional Policy Makers, с. 4];

4. ТЕЕВ в сфере бизнеса и предпринимательства [Business and Enterprise, с. 5];

5. сводный доклад ТЕЕВ, в котором обобщаются основные выводы и рекомендации [Synthesis Report, с. 3].

За международной инициативой ТЕЕВ последовало несколько национальных исследований ТЕЕВ, призванных продемонстрировать ценность экосистем для национальных директивных органов [Ruskule, Vinogradovs, Pecina с. 34]. К примеру, в России существует своя классификация экосистемных услуг, которая называется «Классификация услуг наземных экосистем России», данная классификация более подробно представлена в приложении 2 [Букварёва, 2016, с. 48]. Данная классификация отличается от подобных набором групп экосистемных услуг, среди которых были определены продукционные, средообразующие, информационные и рекреационные. Такая классификация связана с особенностями учета экосистемных услуг и методов их оценки.

Общая международная классификация экосистемных услуг предлагает структуру, которая связана со структурой системы эколого-экономических счетов ООН. SICES опирается на существующие классификации, однако основное внимание уделяется аспекту экосистемных услуг. SICES имеет пять иерархических уровней структуры (раздел – отдел – группа – класс – тип). Типы классов делают классификацию более удобной для пользователя и дают более четкое представление о том, что такое экосистемные услуги, которые включены в стоимость каждого класса. Использование пятиуровневой иерархической структуры соответствует требованиям Организации Объединенных Наций [Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services, с. 5]. Общая международная классификация экосистемных услуг содержит положения, которые представлены в приложении 3 [Braat, de Groot, с. 59].

Картографирование и оценка экосистемных услуг стали появляться в повестке дня всех членов Европейского союза после принятия Европейской национальной стратегии по сохранению биологического разнообразия до 2020 года [EU 2020 Biodiversity Strategy]. Эта стратегия направлена на то, чтобы остановить утрату биоразнообразия и деградацию экосистемных услуг в Европейском союзе к 2020 году, но также восстановить их, насколько это возможно. В соответствии с 5 действием - «Улучшение знаний об экосистемных услугах в ЕС» - картографирование и оценка экосистемных услуг на национальных территориях должны были быть проведены к 2014 году, а экономическая ценность ЕС должна была быть оценена к 2020 году. Стратегия «картографирование» означает пространственное разграничение экосистем, а также количественную оценку их состояния и предложения услуг, в то время как «оценка» означает перевод этих научных данных в информацию, понятную для политики и принятия решений.

Для поддержки осуществления Европейской национальной стратегии по сохранению биологического разнообразия до 2020 года, Европейская комиссия учредила рабочую группу по «Картированию и оценке экосистем и их услуг» – (MAES), в состав которой входят эксперты Европейской Комиссии, членов-государств и исследовательского сообщества [Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services, с. 7]. Они обеспечивают аналитическую основу (состоящую из различных этапов: 1) картирование экосистем; 2) оценка состояния экосистем; 3) оценка экосистемных услуг; 4) комплексная оценка. Некоторые государства уже добились значительного прогресса в этой области, в то время как многие страны, включая страны Балтии, находятся только на начальном этапе [Ruskule, Vinogradovs, Pecina с. 32].

В то же время создается несколько международных платформ сотрудничества, объединяющих исследователей, исследовательские организации и национальные органы власти, занимающиеся оценкой экосистемных услуг. Например, партнерство по экосистемным услугам - ESP, запущенное в 2008 году Институтом экологической экономики Гунда

(университет Вермонта, США), которое формируется институциональными и индивидуальными участниками со всего мира. ESP стремится к расширению коммуникации и сотрудничества в области экосистемных услуг путем организации международных конференций, тренингов, обмена данными и опытом, а также создания мощной сети экспертов [Ruskule, Vinogradovs, Pecina с. 35].

Межправительственная научно-политическая платформа по биоразнообразию и экосистемным услугам была создана в 2012 году с целью укрепления научно-политического взаимодействия в области биоразнообразия и экосистемных услуг, а также сохранения и устойчивого использования биоразнообразия, долгосрочного благосостояния человека и устойчивого развития. Она поддерживается четырьмя подразделениями Организации Объединенных Наций: ЮНЕП, ЮНЕСКО, ФАО и ПРООН и управляется ЮНЕП. Одним из основных направлений в программе работы межправительственной научно-политической платформы по биоразнообразию и экосистемным услугам является оценка биоразнообразия и экосистемных услуг на региональном и глобальном уровнях [Jansson, с. 287].

В результате развития концепции экосистемных услуг и создания ключевых докладов было доказано, что деятельность человека за последние 50 лет привела к большим изменениям: около 60% мировых экосистемных услуг, в том числе и 70% регулирующих и культурных, деградировали [Бобылев, Захаров, с. 34]. Эта деградация связана с большим ростом населения Земли, использованием новых технологий и с изменением климата Земли.

### 1.3. ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ДЛЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Города взаимосвязаны между собой глобально: через политические, экономические и технические системы, а также через (глобальный

биогеохимические круговорот веществ и энергии) биофизические системы жизнеобеспечения Земли [Jansson, с. 288]. Города оказывают непропорционально большое воздействие на окружающую среду на местном, региональном и глобальном уровнях, масштабы которых выходят далеко за их пределы, но при этом они обеспечивают лидерство в глобальной повестке дня устойчивого развития. Урбанизированные районы занимают лишь небольшую часть поверхности планеты, но на их долю приходится огромная доля антропогенного воздействия на биосферу. Города присваивают обширные площади природных функционирующих экосистем для потребления и утилизации отходов. Большая часть потребляемых экосистемных услуг в городах создается экосистемами, которые расположены за пределами самих городов. Что ставит нас перед вопросом «Что такое городские экосистемные услуги?»: экосистемные услуги, которые производятся для городов и горожан или экосистемные услуги, производимые квазиприродными экосистемами в границах города?

Определения городских районов и их границ различаются в зависимости от страны и региона. Городские экосистемы, определяются как области, где построенная инфраструктура покрывает большую часть поверхности земли, или как области, в которых люди живут с высокой плотностью. Для повышения комфорта населения городов городское планирование должно пониматься как встраивание городских инфраструктурных объектов в естественные экосистемы и природные и экологические факторы городского развития не должны восприниматься, как лимитирующие условия развития города. Концепция экологической инфраструктуры отражает роль водных ресурсов и растительности в построенной городской среде или вблизи нее. Она включает в себя все «зеленые и синие пространства», которые можно найти в городских и пригородных районах, включая парки, кладбища, сады и дворы, городские земельные участки, городские леса, одиночные деревья, зеленые крыши, водно-болотные угодья, ручьи, реки, озера, и пруды [EEA Technical Report №13/2010, с. 76].



Оценка экосистемных услуг предполагает рассмотрение многочисленных и часто противоречивых стоимостных аспектов. В последние годы все большее количество литературы продвинуло наше понимание в услугах городских экосистем в их биофизических, экономических и социокультурных аспектах. Кроме того, основные проблемы, связанные с услугами городской экосистемы, были решены в рамках «Оценки экосистемных услуг на пороге тысячелетия» и «Экономика экосистем и биоразнообразие – ТЕЕВ» [Экосистемные услуги России, с. 23], а также все проблемы городской экосистемы получали большее внимание в рамках политических дебатов по вопросам экологической инфраструктуры. И все же, несмотря на то что сегодня более половины населения земного шара живёт в городах, внимание, уделяемое городским экосистемам в литературе об экосистемных услугах, до сих пор было относительно скромным по сравнению с другими экосистемами, такими как водно-болотные угодья или леса [Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services, с. 300].

Опираясь на предыдущие классификации экосистемных услуг «Оценка экосистемных услуг на пороге тысячелетия» и «Экономика экосистем и биоразнообразие – ТЕЕВ» экосистемные услуги городской среды были сгруппированы в четыре основные категории: обеспечивающие, регулирующие, среда обитания или вспомогательные, культурные услуги [The Economics of Ecosystems & Biodiversity]. В городской среде к обеспечивающим услугам относятся: еда, сырье, чистая вода, медицинские ресурсы; к регулирующим услугам относятся: местный климат и качество воздуха, связывание и хранение углерода, умеренность критических событий, очистка сточных вод, предотвращение эрозии и поддержание плодородия почв, опыление, биологический контроль; к среде обитания и вспомогательным услугам относятся: места обитания видов, сохранение генетического разнообразия; к культурным услугам города относятся: отдых, психическое и физическое здоровье, туризм, эстетическая оценка и вдохновение от культуры,

искусства и дизайна, духовный опыт и чувство места [TEEB Manual for Cities, с. 24]. Более подробное описание представлено в приложении 4.

Поскольку различные среды обитания обеспечивают различные виды экосистемных услуг, общие классификации должны быть адаптированы к конкретным типам экосистем. Городские экосистемы особенно важны для предоставления услуг, оказывающих непосредственное воздействие на человека, здоровье и безопасность, такие как очистка воздуха, снижение шума и т.д. Тем не менее, экосистемные услуги в локальном масштабе являются наиболее актуальными для городской среды, они варьируют в зависимости от экологических и социально-экономических характеристик каждого места положения [Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services, с. 256].

Экосистемные услуги, которые могут быть особенно актуальны в городских условиях, включают шум, регулирование температуры в городах, умеренность климатических экстремумов, освещение в городах, рекреация, когнитивное развитие и социальная сплоченность. Что касается качества жизни человека, то услуги городской экосистемы могут быть одним из основных источников устойчивости для города, тем самым укрепляя потенциал для решения экологических и социально-экономических проблем. Например, регулирование температуры растительностью снижает воздействие на здоровье человека от тепловых волн и естественных барьеров, таких как мангровые заросли и коралловые рифы в прибрежных районах города, они уменьшают потенциальный ущерб от штормов и волн. Точно так же городские огороды могут улучшить продовольственную безопасность в периоды кризисов [Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services, с. 231].

Этика и эстетика, здоровье, экологическая справедливость, экономические издержки и устойчивость, — все это имеет отношение к делу. Каждый из них подчеркивает различные формы ценности, которые не могут быть одновременно максимизированы или сведены к одному. Потеря зеленых насаждений может одновременно повлечь за собой последствия для здоровья и здоровья населения. Расчистка участка леса для создания парка усиливает

рекреационные возможности, но в целом снижает биоразнообразие. Таким образом, компромиссы возникают не только между экосистемными услугами, но и между различными аспектами ценности этих услуг.

Зеленые зоны в городах могут одновременно восприниматься разными людьми как места для отдыха или как опасные места для прогулок ночью. Точно так же уличные деревья могут положительно восприниматься пешеходами, которые дают тень и эстетическую пользу, в то время как другие люди, живущие в соседних зданиях, могут воспринимать их как помеху, потому что они уменьшают солнечный свет и блокируют вид из их окон.

Разработка и реализация нового видения для повышения устойчивости городов на основе восстановления экологической инфраструктуры и экосистемных услуг означает отход от общепринятых подходов к экономике и инженерии, а также переход к применению идей из более широких областей.

#### 1.4. ОБЗОР ОЦЕНКИ И ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ДЛЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Для определения приоритетных экосистемных услуг городов необходимо провести анализ статей, посвященных их оценке, применению концепции экосистемных услуг для городского планирования и городского развития. Особенности оценки и применения концепции экосистемных услуг в разных городах мира различны.

Например, в Кейптауне очень богатое биоразнообразие. В городе обитает 19 из 440 национальных типов растительности, и 52 % находится под угрозой исчезновения [Impacts of urbanization in a biodiversity hotspot, с. 24]. Кейптаун также является одним из основных туристических городов в Африке. Национальный парк «Столовая Гора», который находится в окружении города, представляет собой природоохранную зону для сохранения биоразнообразия, так и экосистемных услуг, которые поддерживают местных жителей [Anderson, O'Farrell, с. 28]. Оценка экосистемных услуг, рассмотренных в Кейптауне,

показала влияние трансформации на ряд услуг путем сопоставления исторической ландшафтной структуры (500 лет назад) с современными условиями. Исследовано потенциальное будущее, в котором вся неосвоенная земля, не находящаяся под формальным контролем органов охраны природы, была преобразована в жилье. Это исследование показало, что все экосистемные услуги сократились. Важными экосистемными услугами для города Кейптаун являются обеспечение водоснабжением, смягчение последствий наводнений, защита прибрежной зоны и туризм. Многие из этих услуг, а также биоразнообразие и экологическая инфраструктура, от которых они зависят, показывают признаки деградации отрасли [O'Farrell, с. 6].

Одним из центров изучения городских экосистемных услуг является город Барселона, этот компактный город, расположенный на берегу Средиземного моря в северо-восточной части Испании. Барселона считается одним из самых густонаселенных городов Европы. Поэтому оценка таких экосистемных услуг, как регулирование температуры в городах, снижение уровня шума и регулирование стока воды – услуг с высокой локальной ценностью, является приоритетной задачей городских властей [Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services, с. 180]. Помимо этого, важность зеленых насаждений в Барселоне обусловлена сохранением биоразнообразия и развития экосистемных услуг, которые получили более широкое признание в процессе разработки политики городского развития. Ярким примером является создание «Pou de la Figuera» - зеленой зоны, которая расположена в Старом городе Барселоны. Сегодня это популярное зеленое пространство, созданное по инициативе соседей и экологических активистов, оно обеспечивает поддержку для различных «зеленых» практик, направленных на сохранение экосистемных услуг, включая рекреационную деятельность, социальную сплоченность, экологическое образование и производство продуктов питания [Angelovski, с. 251]. Предоставление культурных экосистемных услуг также имеет решающее значение в городских парках, созданных еще в конце XIX века [Rosa, с. 9].

Нью-Йорк является классическим примером оценки и применения концепции экосистемных услуг, он расположен в крупном городском регионе, который находится на северо-восточного побережье Соединенных Штатов. Столичный регион представляет собой плотное городское ядро, окруженное обширными пригородными застройками, в которых проживает более 20 миллионов человек с беспрецедентным этническим и социальным разнообразием [McPhearson, с. 182]. Нью-Йорк имеет более высокий процент открытого пространства, чем другие города в США, предоставляющие жителям Нью-Йорка важнейших экосистемных услуг, включая питьевую воду, регулирование климата, производство продуктов питания, рекреация и многое другое. Тем не менее оценка экосистемных услуг в Нью-Йорке перешла от экономической оценки водно-болотных угодий и лесов к планированию и законодательству, направленному на расширение и совершенствование управления экосистемами в городе для улучшения здоровья и благополучия жителей [Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services, с. 196].

Одним из первых городов, который использовал оценку и применение концепции экосистемных услуг, был Стокгольм. Понятие экосистемные услуги появилось в Швеции в конце 1990-х гг. А городские экосистемные услуги были кратко упомянуты в 2000 году в совместном докладе Шведского национального совета по жилищному строительству и планированию и шведским департаментом по охране окружающей среды (SEPA) [Lewan, Lillemor, с. 32]. В докладе Боверкета 2010 года о «Городских зеленых структурах», подчеркивалась важность городских экосистемных услуг для адаптации к изменению климата [Network governance of urban ecosystem services, с. 18]. Муниципалитеты Стокгольмского региона занимаются довольно амбициозными совместными мероприятиями по разработке документов регионального стратегического планирования, таких как план регионального развития для Стокгольмского региона [The Regional development plan for the Stockholm region]. План Стокгольма содержит стратегию для городских парков и экосистем, городской застройки, а также стратегии развития для более

интегрированного и взаимосвязанного города. Стратегия состоит в том, чтобы увеличить плотность застройки в центре города, а также во внешних стратегических узлах в пригородах, связывающих их общественным транспортом и созданием более привлекательных парков и зеленых зон. Экологические критерии сыграли важную роль в формировании политики города, которая привела к высокому качеству окружающей среды [The Regional development plan for the Stockholm region]. К результатам политики можно отнести тот факт, что выбросы CO<sub>2</sub> на душу населения в Стокгольме приходится один из самых низких показателей в развитых странах. Помимо этого, реализация Стратегии повышает качество экосистемных услуг (пресной воды, поглощение CO<sub>2</sub>); приводит к сокращению образования отходов и оптимизации использования органических отходов.

Ещё одним северным городом, который применяет концепцию экосистемных услуг, является город Хельсинки. Город Хельсинки расположен в Южной Финляндии на берегу Балтийского моря. Многочисленные зеленые зоны обогащают пейзаж этого города. Правительство города приняло решение сохранить биологическое разнообразие города несмотря на факт быстрого роста города [Järpinen, Heliölä, с. 6]. Чтобы поддерживать и контролировать эту цель, город осуществляет поиск стандартизированных показателей для оценки биоразнообразия. Основные факторы, влияющие на экосистемные услуги в Хельсинки представлены в приложении 5.

В результате анализа применения концепции экосистемных услуг в городской среде можно заметить, что в городской среде «южных» и северных» городов есть как отличия, так и сходства. Во всех городах наблюдается тенденция к сохранению биоразнообразия, а также проводится адаптация городской среды к изменению климата посредством реализации концепции экосистемных услуг. К отличиям «южных» и «северных» городов можно отнести то, что в «северных» наблюдается тенденция к развитию рекреационных и культурных экосистемных услуг.

Если рассматривать опыт российской оценки экосистемных услуг, можно увидеть, что были представлены результаты оценки экосистемных услуг крупных городов России. В данной оценке были предложены подходы, которые проводились с учетом современного состояния системы статистических данных. Оценка проводилась в крупнейших городах России, в которых население превышало 1 млн. человек, но также была представлена оценка экосистемных услуг города Тюмень. Полученные результаты позволили сравнить предложение и спрос на экосистемные услуги, а также на примере самого населенного города России (Москва), были рассмотрены проблемы сохранения биоразнообразия с дальнейшим применением в других городах страны [Экосистемные услуги России, с. 56].

### 1.5. ВАЖНОСТЬ И ЦЕННОСТЬ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ В ГОРОДАХ

Более 50% мирового населения проживает в городах и городских районах. Все жители городов зависят от одного и того же природного капитала, в который включаются свежий воздух, питьевая вода, почва и экосистемы [Naase, 2015, с. 78]. Хотя города в значительной степени зависят от экосистемных услуг, часто оказываемых в отдаленных экосистемах (источники питьевой воды, защита от наводнений и т. д.), сине-зеленая инфраструктура играет важную роль в предоставлении экосистемных услуг локальной значимости (очистка воздуха, охлаждающий эффект, ежедневная рекреация и т.д.).

Зеленая инфраструктура определяется как взаимосвязанная сеть открытых зеленых насаждений, которые предоставляют широкий спектр экосистемных услуг. Зеленая инфраструктура — это инструмент для обеспечения экологических, экономических и социальных выгод за счет естественных решений. Это помогает нам понять ценность благ, которые природа предоставляет человеческому обществу, а также их поддержание и расширение [Communication From The Commission, с. 4]. Зеленая

инфраструктура основана на принципе, согласно которому защита и улучшение природы и природных процессов, а также многочисленные выгоды, которые человеческое общество получает от природы, сознательно интегрируются в пространственное планирование и территориальное развитие.

Функции зеленой инфраструктуры в городах обеспечивают преимущества, связанные со здоровьем, такие как чистый воздух и лучшее качество воды. Здоровые экосистемы также уменьшают распространение трансмиссивных болезней [Communication From The Commission, с. 6]. Внедрение элементов зеленой инфраструктуры в городских районах создает большее чувство общности, помогает бороться с социальной изоляцией. Они приносят пользу отдельному человеку и обществу физически, психологически, эмоционально и социально-экономически. Зеленая инфраструктура создает возможности для соединения городских и сельских районов и предоставляет привлекательные места для жизни и работы [Reports, studies and review documents, с. 6]

Биоразнообразие является важным компонентом этой инфраструктуры, привлекая более разнообразные природные особенности и процессы в города и ландшафты. Интеграция решений, основанных на природе, в планирование и политику помогает лицам, принимающим решения, достичь долгосрочного экономического процветания при одновременном снижении экономических и экологических издержек [EU Guidance on Integrating Ecosystems]. В таблице 1 представлена возможность качественной оценки вклада различных элементов зеленой инфраструктуры, которые участвуют в формировании экосистемных услуг.



Экосистемные услуги, оказываемые зеленой инфраструктурой [Reports, studies and review documents]

Экосистемные услуги	Зеленые крыши/стены	Уличное озеленение	Водно-болотные угодья	Реки и речные долины	Леса	Луга и пустоши
Сокращение риска наводнений	✓ ✓	✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
Охлаждающий эффект	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓
Сокращение потребностей в энергии	✓ ✓	✓ ✓				✓
Снижение шума/атмосферного загрязнения		✓ ✓			✓ ✓	
Сохранение биоразнообразия	✓ ✓	✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓
Обеспечение условий для отдыха и рекреация	✓		✓	✓ ✓	✓ ✓ ✓	✓ ✓ ✓
Средний балл	1,5	1,3	1,5	1,7	2,2	1,7

Учитывая функции, которые представлены в таблице 1, можно сделать вывод, что наибольший объем экосистемных услуг в городской среде предоставляют леса, реки и речные долины, эти элементы можно называть естественными или квазиестественными элементами в городской среде, что, по сути, создает более здоровую окружающую среду по одному объекту за раз с помощью ландшафтных проектов.

Экосистемные услуги водных объектов обычно включают контроль за количеством водных ресурсов, используемых различными организациями, секторами экономики и в домашнем хозяйстве [SEEA EEA Revision, с. 4]. Они

фокусируются на объеме водных ресурсов, забираемых для производства и потребления.

Водные источники для забора воды включают внутренние водные ресурсы: реки, озера, искусственные водоемы, подземные воды, ледники, снег и лед, морскую воду, прямой сбор осадков, грунтовые и почвенные воды. Водные объекты в городской среде используются для рекреационного блага или обслуживания города, также водные объекты служат средой обитания для всех живых существ [SEEA EEA Revision, с. 6].

Водоснабжение определяется как количество водных ресурсов, которые используются в качестве материального вклада для осуществления деятельности и при производстве благ для экономики в целях потребления (включая домашние хозяйства, фирмы и предприятия), а также не потребляющие цели, зависящие от потенциала экосистемы (количество, время и место проведения) для обеспечения необходимым количеством водных ресурсов [SEEA EEA Revision, с. 6]. Города часто забирают водные ресурсы из близлежащих районов, и в дополнение к этому происходит преобразование растительного покрова. Эти изменения почвенного покрова радикально меняют пути и масштабы потоков водных ресурсов, также как загрязнения водных объектов в городских системах [Urban land-use change effects on biogeochemical cycles, с. 44]. Ускорение потока водных ресурсов в городах отрицательно влияет на местные водные объекты [Lerner, с. 33].

Обеспечение города чистой водой имеет основополагающее значение для здоровья, функционирования и жизнеспособности населения, а также является одним из наиболее важных аспектов планирования и управления городскими районами. Для оказания помощи планировщикам городских районов используются модели для оценки будущих водных ресурсов в различных временных масштабах - от месяцев до десятилетий [eWater Source]. Поэтому устойчивое и эффективное управление водными ресурсами в городах еще никогда не было так важно, как в современном мире. Достижение важных, согласованных целей на международном уровне, устойчивое развитие –

включает достижение целей в области развития, сформулированных в «Декларации тысячелетия, в развивающихся странах» [Sustainable Water Management in Cities, с. 8].

Рост городов во всем мире создает новые проблемы обеспечения безопасности водных объектов для удовлетворения общественных потребностей [Fitzhugh, Ritchter, с. 745]. Экосистемы обеспечивают города пресной водой для питья и других нужд человека, обеспечивают безопасность хранения и контролируемое высвобождение водяных потоков. Растительный покров и леса в городском водосборе влияют на количество доступной воды. Один из самых известных примеров важности функционирующих экосистем для городского водоснабжения является водораздел города Нью-Йорка. Данный водораздел является одним из самых важных природных ресурсов штата Нью-Йорк. Этот водораздел считается самым большим поставщиком нефильтрованной воды в США [Chichilnsky, Neal, с. 391.].

Растущие защитные зоны уменьшают возможность проникновения воды в почву, увеличивают объем поверхностного стока и тем самым повышают риск наводнений. Городские воды, будь то прибрежные районы, реки, озера, водно-болотные угодья или искусственные каналы, получают большое количество загрязнений из различных источников, включая промышленные сбросы, движение таких транспортных средств, как легковые и грузовые автомобили, бытовые или коммерческие сточные воды, мусор и загрязненные ливневые стоки с городских поверхностей [Haase, 2015, с. 79]. Сине-зеленая инфраструктура помогает сбалансировать температуру и влажность воздуха, уменьшает загрязнение окружающей среды, стимулирует иммунитет человека, обеспечивает благоприятные условия для активного отдыха, а, следовательно, помогает поддерживать надлежащую массу тела, хорошую физическую выносливость и оптимальное психическое здоровье [Water in the urban space and the health с. 54]. Городское управление водными ресурсами в настоящее время понимается как социально-техническая проблема, включающая в себя как технологии, так и инженерные вмешательства, а также социально-

экономические аспекты и контексты как для конечных пользователей, так и для учреждений [Water and the city, с. 177].

Применительно к городскому пространству населенных пунктов и роли речных систем оценка экосистемных услуг может быть использована в рамках инструмента для планирования землепользования. Первая возможность заключается в размещении высоко функциональных элементов в пределах городской территории (т. е. локализация в пределах защиты от наводнений, перекрывающихся для поддержки биоразнообразия и рекреации). Вторая возможность – это реализация изменений в развитии поселений путем количественной оценки изменений в предоставлении экосистемных услуг и использования их в качестве индикаторов устойчивого развития города. Эти возможные области применения включают различные взгляды на управление и использование речных районов в городах - урбанизм, транспортные системы, водный транспорт, экономику, биоразнообразие и экологию, защиту от наводнений, рекреацию, управление канализационными водами, питьевую воду, энергетику, здравоохранение, рыболовство и т.д. Всё это особенно важно в развивающихся городах, где темпы урбанизации быстро снижают доступность природных территорий [Green-blue multifunctional infrastructure, с. 9].

По мере расширения масштабов урбанизации градостроителям и директивным органам необходимо рассмотреть вопрос о том, как можно стратегически развивать экологические ресурсы и устойчиво управлять ими для удовлетворения потребностей городского населения. Подход к концепции экосистемных услуг обеспечивает полезную основу для оценки, постановки целей, определения контрольных показателей и определения приоритетов подходов к улучшению экологического функционирования для обеспечения устойчивости городов [Urban Ecosystem Services, с. 78].

Водочувствительный городской дизайн (Water-sensitive urban design, с. 44) - это концепция, которая получает поддержку в качестве средства комплексного управления городскими водными системами за счет лучшего

позиционирования темы водных ресурсов в процессах городского планирования и проектирования [Water-sensitive urban design, с. 45].

Инструмент для сценарного моделирования городских водных ресурсов (Urban Water Optioneering Tool) — это восходящая модель городских водных ресурсов, которая имитирует генерацию, агрегирование и маршрутизацию сигналов спроса (спрос на питьевую воду, спрос на сброс стока и спрос на сброс сточных вод) [Rozos, Makropoulos, с. 4].

Механизмы, процессы, функции и эффекты предоставления экосистемных услуг городскими водными объектами в нефтегазодобывающих регионах были в основном исследованы и озвучены для повышения уровня осведомленности об экосистемных услугах и систематизации сине-зеленой инфраструктуры. Новым преимуществом этих концепций является общее понимание экологических, социальных и экономических связей рассматриваемого вопроса.

## ГЛАВА 2. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ

### 2.1. ГОРОДСКИЕ ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ

Определения городских районов и их границ различаются в разных странах и регионах. Основное внимание в этой главе уделяется услугам и выгодам, предоставляемым городскими экосистемами, определяемыми здесь как районы, где построенная инфраструктура покрывает значительную часть поверхности земли, или как районы, в которых люди живут с высокой плотностью населения, в отличие от природных экосистем [Pickett, Cadenasso, Grove, с. 128].

В контексте городского планирования городские экосистемы часто изображаются как экологическая инфраструктура. Концепция экологической инфраструктуры отражает роль, которую вода и растительность в застроенной среде или вблизи нее играют в предоставлении экосистемных услуг в различных пространственных масштабах (здание, улица, район и регион). Он включает в себя все «сине-зеленые пространства», которые можно найти в городских и пригородных районах, включая парки, кладбища, сады и дворы, городские участки, городские леса, одиночные деревья, зеленые крыши, водно-болотные угодья, ручьи, реки, озера и пруды [Mapping the impacts of natural hazards, с. 23].

В последние годы все большее количество литературы продвинуло наше понимание городских экосистемных услуг в их биофизических, экономических и социокультурных аспектах. Кроме того, городские экосистемные услуги рассматривались в рамках крупных инициатив, таких как «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» и «Экономика экосистем и биоразнообразие», а также привлекали все большее внимание в рамках политических дебатов по экологической инфраструктуре. Тем не менее несмотря на то, что более

половины населения земного шара сегодня живет в городах внимание, уделяемое городским экосистемам в литературе по экосистемным услугам, все еще было относительно скромным по сравнению с другими экосистемами, такими как водно-болотные угодья или леса.

Многие исследования были сосредоточены на документировании выгод для человека, возникающих в результате интеграции различных форм экологического восстановления (таких как посадка деревьев) городской среды [Boyd, Banzhaft, с. 54].

Наиболее часто используется следующая классификация городских экосистемных услуг: обеспечивающие (прямые результаты, представляющие ценность для человека, такие как продукты питания), регулирующие услуги (поддержание ценных процессов, таких как очистка воды на водно-болотных угодьях), поддерживающие услуги (процессы, оцениваемые косвенно, такие как опыление) и культурные услуги (ценные социальные и духовные потребности) [Gómez-Baggethun, Gren, Barton, с. 33].

Для оценки объема предоставляемых, востребованных и потребляемых городских экосистемных услуг требуются специальные методы. Они могут отличаться от методов, применяемых к обширным территориям на региональном и муниципальном уровнях [Экосистемные услуги России, с. 22]. Эти основные шаги можно определить следующим образом:

- определить и нанести на карту основные городские экосистемы, а также их характеристики и процессы;
- определить основные экологические функции и услуги городских экосистем, которые могут принести пользу городским жителям;
- оценить ценность и полезность экосистемных услуг с помощью неденежных (биофизических) и денежных (монетарных) показателей.

Городские экосистемы представляют собой зеленые насаждения (иногда включая водоемы) в районах, где значительная часть земель застроена, где плотность населения высока. В городском планировании города описываются как комбинация «серой» инфраструктуры (застроенные или запечатанные

пространства) и «зеленой» инфраструктуры (или «сине-зеленая», что означает растительность и водоемы). В городе экосистемные услуги предоставляются элементами сине-зеленой инфраструктуры.

Элементы зеленой инфраструктуры, которые в городах обычно создаются искусственно, можно классифицировать по различным факторам. Одно из первых исследований по оценке городских экосистемных услуг города, а именно Стокгольма, было проведено Болундом и Ханхаммером в 1999 году. Они определили семь основных типов городских экосистем, которые предоставляют услуги: уличная растительность, дороги/парки, городские леса, сельскохозяйственные угодья, водно-болотные угодья, озера/моря, реки. Эта классификация включает элементы в разных масштабах. Таким образом, городские леса выполняют значительную роль для города: очищают воздух и снижают уровень шума на местном уровне [Экосистемные услуги России, с. 23].

## 2.2. ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ЗЕЛеной ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Экосистемные услуги понимаются как все виды благ, как материальных, так и нематериальных, которые люди получают от экосистем и их обитающей флоры и фауны. Классификации городских экосистемных услуг охватывают широкий спектр услуг, которые могут быть рассчитаны путем прямой количественной оценки биофизических факторов (при условии, что данные о поставляемых, потребляемых и востребованных экосистемных услугах подробно изложены в статистических отчетах) или косвенной количественной оценки биофизических факторов. Последнее применяется в тех случаях, когда отсутствуют прямые статистические данные. В этом случае картографические данные и предыдущие исследования могут быть использованы для оценки выбранных показателей на основе простых расчетов или ГИС-моделирования. Любая оценка накопления углерода, биологической продуктивности и



разнообразия или точная оценка очистки воздуха и воды требует постоянных периодических статистических данных и мониторинга [Климанова О.А., с. 24].

Для оценки зеленой инфраструктуры учитываются различные параметры состояния зеленых насаждений и природных зеленых элементов в городской среде. Одним из основных факторов формирования благоприятной городской среды является – качество и количество зеленых насаждений в городской среде [Климанова О.А., с. 24]. Из-за близкого расположения к различным источниками антропогенного воздействия таких как: автомагистрали, различные предприятия. Все это приводит к загрязнению, что в свою очередь сказывается на их способности выполнять свои функции.

Таблица 2

Методы и параметры для оценки экосистемных услуг зеленой инфраструктуры

Экосистемная услуга	Параметр для биофизической оценки	Источник данных	Метод оценки
Обеспечение продовольствием	Обеспечение продовольствием, т/год	Росстат	Определяется площадью сельскохозяйственных угодий и их продуктивностью
Рекреация	Площадь общественных зеленых насаждений, на 1000 человек; зона общественных зеленых насаждений в нескольких минутах ходьбы, %	Данные дистанционного зондирования; Рекреационные стандарты	Определяется площадью различных видов зеленой инфраструктуры, ее удаленностью от жилых районов и рекреационными возможностями

Экосистемная услуга	Параметр для биофизической оценки	Источник данных	Метод оценки
Регулирование температуры в городе	Область охлаждающего эффекта, га	Данные дистанционного зондирования; Коэффициенты из литературы	Определяется площадью городской зеленой инфраструктуры и средней площадью с охлаждающим эффектом
Снижение загрязнения воздуха	Количество O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO и PM10 мкм (т/год), поглощенное древесной растительностью × площадь древесного покрова (м <sup>2</sup> ) CO и PM10 мкм (т/год), поглощенные древесной растительностью × площадь древесного покрова (м <sup>2</sup> )	Данные дистанционного зондирования; Коэффициенты из литературы	Определяется площадью различных типов лесов в пределах буферных зон промышленных предприятий и показателями поглощения для американских городов

### 2.2.1. Оценка количества и качества зеленых насаждений в городской среде

Оценка количества и качества зеленых насаждений является необходимым инструментом, который предполагает использование методов дистанционного зондирования. Использование космических снимков позволяют рассмотреть огромные площади с достаточно высокой точностью, что позволит

дать не только информацию о количестве зеленых насаждений, но и их качество в городской среде. Одним из самых разработанных методов для оценки зеленых насаждений с помощью дистанционного зондирования считается нормализованный относительный индекс растительности (NDVI), который рассчитывается по формуле [Charago L., Terradas J., с. 43]:

$$NDVI = (B_{nir} - B_{red}) / (B_{nir} + B_{red}) \quad (2.1)$$

где,  $B_{nir}$  – коэффициент отражения солнечного света в инфракрасной спектральной зоне;

$B_{red}$  - коэффициент отражения солнечного света в красной спектральной зоне.

Расчет NDVI позволяет нам учитывать последние три фактора, тем самым выделяя из общей зеленой зоны более «качественную, полезную и многофункциональную» зеленую инфраструктуру города.

### 2.2.2. Снижение загрязнения атмосферного воздуха

В наше время многие города уже изучили потенциал зеленой инфраструктуры для снижения загрязнения городского воздуха, и, по оценкам исследований, стоимость этой экосистемной услуги только в Соединенных Штатах составляет около 3,8 миллиарда долларов [Grunewald K., Junxiang L., Gaodi X., с. 67]. Определение зеленой инфраструктуры варьируется в зависимости от дисциплины и сферы применения.

Как правило, услуги по очистке воздуха оцениваются с использованием данных о поглощающем потенциале дерева [Nowak D.J., Hirabayashi S., Doyle M., с. 123]. Для исследования оценивается общий объем снижения загрязняющих веществ зеленой инфраструктурой, с помощью площади леса и среднего значения снижения загрязняющих веществ в атмосфере. Можно предположить, что все лесные массивы внутри одного города принадлежат к одному соответствующему типу леса.

Средние значения удаления загрязнителей воздуха различными типами лесов, основанные на результатах [Air pollution removal by urban forests].

Тип леса	CO, т/га/год	SO <sub>2</sub> , т/га/год	NO <sub>x</sub> , т/га/год	CO + SO <sub>2</sub> + NO <sub>x</sub> , т/га/год	Итого, т/га/год
Темнохвойный	0,0002	0,0022	0,0072	0,0096	0,0124
Светлохвойный	0,0002	0,0025	0,0078	0,0105	0,019
Широколиственный	0,0006	0,0033	0,0081	0,012	0,0171
Смешанный	0,0004	0,001	0,0055	0,0069	0,0136
Мелколиственный	0,0002	0,0007	0,0047	0,0056	0,0144

Требуемый объем выбросов — это общий объем выбросов автомобилей в городе. Данные о выбросах транспортных средств были взяты из ежегодного отчета Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды России (Росгидромет) [Федеральная служба по гидрометеорологии].

По сравнению с автомобилями выбросы из точечных источников составляют меньшую долю от общего объема выбросов в наиболее густонаселенных городах России. Чтобы смягчить негативное воздействие промышленных зон на окружающую среду и здоровье человека, вокруг промышленных зон создаются специальные санитарные буферы. Они должны быть достаточного размера, чтобы гарантировать, что химическое, биологическое и физическое загрязнение воздуха не превышает установленных норм безопасности [Nowak D.J., Hirabayashi S., Doyle M., с. 128]. Что касается отраслей промышленности, отнесенных к категориям опасности I и II, буферы должны действовать для снижения значений концентрации до приемлемого уровня риска для здоровья [Nowak D.J., Crane D.E., Stevens, с. 76]

На этом этапе требуемый объем общих выбросов от точечных источников внутри города будет установлен на том же уровне, что и загрязнение автотранспортом (данные также были взяты из отчета Росгидромета)

[Федеральная служба по гидрометеорологии]. Это может быть обосновано тем, что в России отсутствуют свободно доступные данные о точечных источниках и объеме выбросов. Недостаток информации делает невозможным рассчитать требуемый объем экосистемных услуг зеленой инфраструктуры для каждой промышленной зоны в отдельности. Фактически, зеленая инфраструктура внутри санитарных буферов требуется не для удаления всех загрязнителей воздуха, а просто для снижения уровня до предельно допустимой концентрации (ПДК).

### 2.2.3. Регулирование микроклимата в городской среде

Городская зеленая инфраструктура играет решающую роль в регулировании городского микроклимата, особенно в снижении эффекта теплового острова [Gill S., Handley J., Ennos R, с. 97]. Городской тепловой остров — это застроенная территория с более высокими температурами, чем близлежащее открытое пространство [Hörpe P., с. 33]. Эта разница в температурах обусловлена специфическим теплообменом между атмосферой и застроенной территорией [Forman R.T., с. 10]. Интенсивность городского теплового острова зависит от местных метеорологических факторов и соотношения между застроенными и незастроенными зелеными зонами в системе городского землепользования [Grunewald K., Junxiang L., Gaodi X., с. 43].

Предполагая, что в городах с аналогичными географическими особенностями крупные зеленые элементы (> 500 га) обеспечивают наиболее эффективный охлаждающий эффект на расстоянии до 1500 м. Чтобы оценить предоставляемый объем данной экосистемной услуги, можно взять среднюю площадь, которая подвергается охлаждению зелеными насаждениями. При этом, предполагая, что охлаждаемая площадь имеет круглую форму, можно рассчитать площадь, используя следующее уравнение:

$$S_3 = S_1 + S_2 \quad (2.2)$$

где,  $S_1$  – 500 га,

$S_2$  – площадь зоны влияния,

$S_3$  – суммарная площадь парка с его зоной влияния.

#### 2.2.4. Рекреационные экосистемные услуги

Экосистемные услуги, которые обеспечиваются зеленой инфраструктурой, рассчитываются, как максимально допустимое количество людей, которые могут одновременно взаимодействовать с элементами зеленой инфраструктуры городской среды. Для возможной оценки данной услуги, необходимо определить тип зеленой инфраструктуры, который подходит для посещения, в том числе для отдыха. Для этого будут использованы данные из Open Street Map, где будет возможно выбрать категории для оценки, такие как: wood, forest, orchard, grass, meadow, village\_green, recreation\_ground, garden, park, allotments, cemetery [Экосистемные услуги России, с. 33]. Данные категории соответствуют элементами зеленой инфраструктуры. Как правило, границы данных элементов соответствуют контурам зеленой инфраструктуры, которые будут получены из классифицированного изображения NDVI.

### 2.3. ПОДХОДЫ К КЛАССИФИКАЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Водные экосистемные услуги не только обеспечивают наше благосостояние, но и существенно повлияли на современную систему расселения человечества: исторически люди предпочитали селиться около крупных рек и водных объектов, вся промышленная деятельность привязаны к водным артериям. Водные экосистемные услуги предоставляются мировыми пресноводными экосистемами: реками, озерами, поймами, огромными площадями водно-болотных угодий и их прибрежные районы [Millennium

Ecosystem Assessment, с. 23]. Способность пресноводных экосистем поставлять экосистемные услуги зависит от их экологических функций, которые, в свою очередь, зависят от их экологических компонентов (например, биота) и процессов (например, динамика отложений) [Riparian ecosystems in the 21st century, с. 360]. В результате оценки экосистем на пороге тысячелетия был составлен перечень услуг пресноводных экосистем, включал: чистую воду для питья, водные ресурсы для орошения или гидроэнергетики, защита от наводнений, продукты питания и сопутствующие продукты (водоросли, рис, рыба, беспозвоночные), рекреация (рыбная ловля, плавание, водные виды спорта), эстетика и биоразнообразие (существование видов и экосистем) [Millennium Ecosystem Assessment, с. 25]. Некоторые виды экосистемных услуг водных объектов могут быть тесно связаны, обеспечивая синергетический эффект, их использование не противоречит использованию других экосистемных услуг (например, чистая вода необходима как для питья, так и для рекреации) в то время, как использование некоторых услуг представляют собой компромисс (например, регулирование стока с использованием плотин, уменьшает местное биоразнообразие выше и ниже плотины).

Оценка экосистемных услуг водных объектов являются наиболее сложной задачей за счет связи с прибрежными территориями, речными поймами, дельтами, формированием водно-болотных угодий, а также с разнообразием наземных экосистем на водосборах [Болотова, с. 5]. Поэтому под термином «экосистемные услуги водных объектов» понимается следующее: регулирование стока и запасов воды; повышение качества поверхностных и грунтовых вод; улучшение инфильтрации воды, содействие накоплению воды в почве и пополнению грунтовых вод; снижение эрозии и вероятности оползней; стабилизация речных берегов и прибрежных линий; предотвращение наводнений и смягчение их последствий и др. [Рекомендации, касающиеся платы за услуги экосистем, с. 51]. При разнообразии экосистемных услуг водных объектов появляются проблемы в их классификации, в настоящее время существует несколько общих классификаций, которые будут относиться

к водным экосистемным услугам. Одна из таких классификация основа на базе «Оценки экосистем на пороге тысячелетия», которая включает в себя: обеспечивающие, регулирующие, культурные и поддерживающие услуги. Данная классификация включает в себя ключевые «товары», которые предоставляют водные ресурсы, более подробна классификация представлена в приложении 6 [Water Ecosystem Services, с. 76].

В качестве критерия для классификации экосистемных услуг водных объектов можно применить жизнеобеспечивающие функции биоразнообразия, эта классификация была использована в Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России [Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации, с. 27]. Данная классификация состоит из группы экосистемных услуг, таких как: продукционных, средообразующих, информационных, духовно-эстетических услуг, более подробно классификация представлена в приложении 7.

Среди вышеперечисленных классификаций экосистемных услуг водных объектов, лежит биоразнообразие, которое чаще всего обращает свое внимание на продукционные услуги. При этом не маленькое значение экосистемные услуги водных объектов для человека, считается очистка вод [Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации, с. 28]. При этом рекреационные услуги водных объектов являются общим компонентом всех экосистемных услуг, например, организация отдыха, совмещающий все виды экосистемных услуг.

## 2.4. ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ГОРОДСКИХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

В мире существует множество методик по оценке экосистемных услуг, но многие направлены на обобщенную оценку услуг, предоставляемых экосистемами. Из-за этого возникают проблемы в оценке отдельных компонентов экосистемных услуг, поэтому одним из этапов в апробации



методики по оценке экосистемных услуг водных объектов, является анализ статей, монографий с примерами оценки водных объектов.

Для обзора методик по оценке экосистемных услуг водных объектов нами был проведен поиск научных статей и монографий базе данных eLibrary, Cyberlenika, Scopus (доступ к полному тексту публикаций был получен на сервисе ResearchGate) по следующим запросам «water-related ecosystem services» («экосистемные услуги водных объектов») совместно с «urban» («городской»); «assessment of water-related ecosystem services» («оценка экосистемные услуги водных объектов») совместно с «urban» («городской»); «assessment of water-supply ecosystem services» («оценка предоставления экосистемных услуг водных объектов»). По данным запросам было выделено 66 публикаций и монографий на английском и русском языке. По запросу «water-related ecosystem services» («экосистемные услуги водных объектов») совместно с «urban» («городской») было найдено 4 публикации; «assessment of water-related ecosystem services» («оценка экосистемные услуги водных объектов») совместно с «urban» («городской») – 3 публикации; «assessment of water-supply ecosystem services» («оценка предоставления экосистемных услуг водных объектов») – 59 публикаций.

Большая часть этих работ носила обзорный характер либо была посвящена экономической оценке. В ходе анализа данных источников было выделено 9 методик, посвященных оценке экосистемных услуг водных объектов. Монография «Assessing water ecosystem services for water resource management» была посвященная биофизической оценке водных объектов, но не была адаптирована для городской среды, оценка в этой монографии проводилась на уровне речного бассейна – слишком мелкий масштаб для городской среды. Результаты научного поиска отражены в приложении 8, где указаны авторы методик, наименование публикации, описание методики, тип экосистемных услуг, подлежащий оценке.

## 2.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ РОССИИ

Оценка экосистемных услуг может быть биофизической – она используется для количественной оценки экосистемных услуг. Способность предоставлять экосистемные услуги, считается «предложение», а объем способность экосистемных услуг предоставлять блага для человека, считается «спрос». Биофизическая оценка используется в качестве входных данных для методов социально-экономического картирования и составляют основу для учета природного капитала [Biophysical Mapping and Assessment, с. 37].

В целом есть три подхода в оценке экосистемных услуг: основанные на затратах, выявленные предпочтения и подходы с заявленными предпочтениями. Основанные на затратах подходы учитывают затраты, которые возникают в связи с предоставлением услуг. Выявленные предпочтения относятся к методам, которые используют фактические данные, касающиеся индивидуальных предпочтений товара. Заявленные предпочтения относятся к методам, которые основаны на опросах для выявления предпочтения нерыночных экологических товаров [Cookbook for water ecosystem service, с. 65].

Эффект на здоровье — это «факторы, которые влияют на текущее состояние здоровья человека». Оно варьируется от биологических факторов для социальной среды, и могут повлиять на здоровье положительно или отрицательно. Растительность и почвы фильтруют многие загрязняющие вещества и могут защищать сообщества от негативного воздействия. Кроме того, зеленые насаждения внутри и вокруг нас предоставляют возможности для физической активности, социального взаимодействия и взаимодействия с миром природы. Исследования выявили положительную связь между воздействием зелеными насаждениями и многими аспектами физического и психическое здоровье [Health Impact Assessment & EnviroAtlas, с. 14].

Так же существует балльная система оценки экосистемных услуг. Расчеты в балльной системе ведутся по шкале (от 0 до 3). В данной системе объекты оцениваются в рамках системы критериев по отдельности. Баллы соответствуют текущему состоянию объекта (пригодность и функциональность) в отчетный период. Исходя из этого, баллами можно оценить несколько объектов в рамках одного критерия [Экосистемные услуги рек в городах, с. 368].

В нашей работе будет использоваться биофизическая оценка экосистемных услуг водных объектов, так как она считается самой перспективной в оценке экосистемных услуг и также в городе Сургут оценка экосистемных услуг водных объектов не проводилась, поэтому для начала всё нужно оценить в биофизических показателях, т.е. сравнить «предложение» и «спрос». В результате анализа классификации экосистемных услуг водных объектов и ключевых «товаров» и услуг, были выявлены важные «товары», предоставляемые водными объектами: пища, чистая вода, очистка воды, регулирование природной опасности и рекреации. Исходя из этого была составлена таблица с возможными способами оценки важных экосистемных услуг водных объектов. Данная таблица представлена в приложении 9. В таблице с возможными способами оценки экосистемных услуг водных объектов северных городов представлены не все «товары» и услуги, т.к. в данный момент есть ограничения в сборе данных для исследования, поэтому в результат оценки будут входить: пища, чистая вода и рекреация. В основе оценки экосистемной услуги «пища» лежит сравнение рыбопродуктивности озёр и рек (25 кг. с гектара акватории) [Экология рыб Обь-Иртышского бассейна, с. 54] и среднестатистическое потребление этой продукции россиянами (21,7 кг. рыбы/год) [Федеральная служба государственной статистики]. Экосистемная услуга чистая вода будет оценена в сравнении производства: квота на изъятие водных ресурсов из водных объектов; спросе: информация о количестве водных ресурсов, забранных из природных водных объектов городов. Для оценки производства экосистемной услуги рекреация

будет использоваться оценка качества рекреационных возможностей территории (рекреационный эффект регулирования водотоков); площадь территорий пригодных для рекреации, а для оценки спроса будет использована временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок (1,15 га/чел) [Временная методика определения рекреационных нагрузок].

#### *Рекреационный эффект регулирования водотоков*

Методика рекреационного эффекта регулирования водотоков была применена в Чехии в 2017 году. В состав данной методики входят 3 основных компонента

[Экосистемные услуги рек в городах, с. 368]:

1. оценка наличия и состояния биологических, технических и биотехнических элементов и характеристик русла реки и её окрестностей;
2. общая оценка рекреационного потенциала с точки зрения отдельных видов отдыха, существования и состояния уличной мебели и инфраструктуры;
3. оценка характера природного ландшафта.

Сама процедура оценки рекреационного эффекта регулирования водотоков нацелена на городскую среду и прилегающие территории. Расчёт по данной методике ведется по шкале баллов (от 0 до 3), все объекты будут оцениваться об отдельности [Экосистемные услуги рек в городах, с. 368]. Объекту будет присвоено количество баллов, которое будет соответствовать его состоянию по пригодности и функциональности. В состав оценки входят 6 показателей оценки рекреационного эффект регулирования водотоков, которые включают себя пригодность областей для отдыха и рекреационной деятельности [Экосистемные услуги рек в городах, с. 368]:

- Туризм – пеший туризм, езда на велосипеде, катание на лыжах, прогулки верхом.
- Отдых у воды – плавание, прогулки вброд, загорание/пассивный отдых.

- Водный туризм – байдарочный спорт/рафтинг, прогулочные моторные лодки/лодки.
- Спортивная рыбалка – места обитания форели, места обитания другой рыбы.
- Наблюдение/Фотографирование – наблюдение за водоплавающими птицами, фауной, прибрежной и береговой растительностью.

Данная методика позволяет разработать рекомендации по сохранению рекреационного потенциала территории.

## ГЛАВА 3. АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕВЕРНЫХ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА СУРГУТ)

### 3.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРОДА СУРГУТА И СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА

#### 3.1.1. Физико-географическая характеристика города Сургут

Город Сургут занимает территорию площадью 212,92 км<sup>2</sup>. Город расположен на севере Западной Сибири, в среднем течении и правом берегу реки Обь. Сам город расположен в центральной части Западно-Сибирской равнины, он занимает пониженные пространства широтного отрезка долины р. Обь. Расположение города Сургут показано на рисунке 1.



Рис. 1. Карта-схема г. Сургут (составлено автором в ArcGIS PRO)

Сегодня Сургут является крупнейшим промышленным центром Ханты-Мансийского автономного округа, а также является одним из главных центров нефтедобывающей промышленности России. Климат города континентальный. Зима характеризуется устойчивыми низкими температурами. Средняя температура января - 20 - 22 С°. Абсолютный минимум - 55 С° [Паспорт региона: город Сургут]. Снежный покров устанавливается с середины октября,

сходит в конце апреля - первой половине мая. Высота его в начале марта достигает 60 - 75 см. Весна, как правило, короткая и сухая. Летом заметно усиливается роль западного переноса воздушных масс. Первая половина лета относительно сухая, вторая (июль, август) избыточно-влажная. Средняя температура июля составляет 16,5 - 17,5 С° [Паспорт региона: город Сургут]. Осень короткая и холодная. течение года выпадает около 500 мм осадков, основное количество их приходится на тёплое время года [Паспорт региона: город Сургут].

Город Сургут – северный город. Так как северные города – это города, находящиеся за 60 градусом северной широты, характеризующиеся дискомфортными природно-географическими условиями жизни и являющиеся основой для индустриального и постиндустриального освоения и развития Севера России, на территории которого сосредоточены 80% сырьевых ресурсов страны [Волосникова, с. 2]. Поэтому для северного города экосистемные услуги будут следующие: пища, чистая вода, очистка воды, регулирование природной опасности и рекреации.

### 3.1.2. Характеристика зеленой инфраструктуры на территории города Сургут

Город Сургут можно назвать молодым и перспективным городом на территории Западной Сибири, а также он является крупнейшим промышленным городом на территории Ханты-Мансийского автономного округа. Сам город богат зеленой инфраструктурой, так на территории города расположены 3 многофункциональных парка, 12 скверов, площадь которых превышает 125 гектар [Макарова Т.А., Макаров П.Н., с. 118].

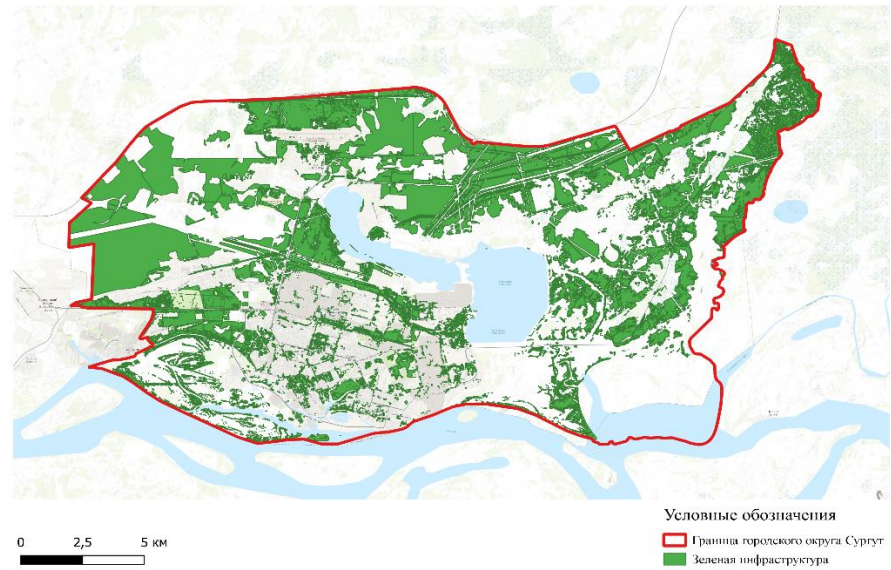


Рис. 2. Карта-схема зеленой инфраструктуры г. Сургута [составлено автором в QGis]

Из карта-схемы на рисунке 2 видно, что большая часть растительности преобладает на севере городского округа, там, где нет застройки и промышленных предприятий. Однако в местах, где преобладает застроенная местность, также присутствует зеленая инфраструктура, она представлена скверами, парками.

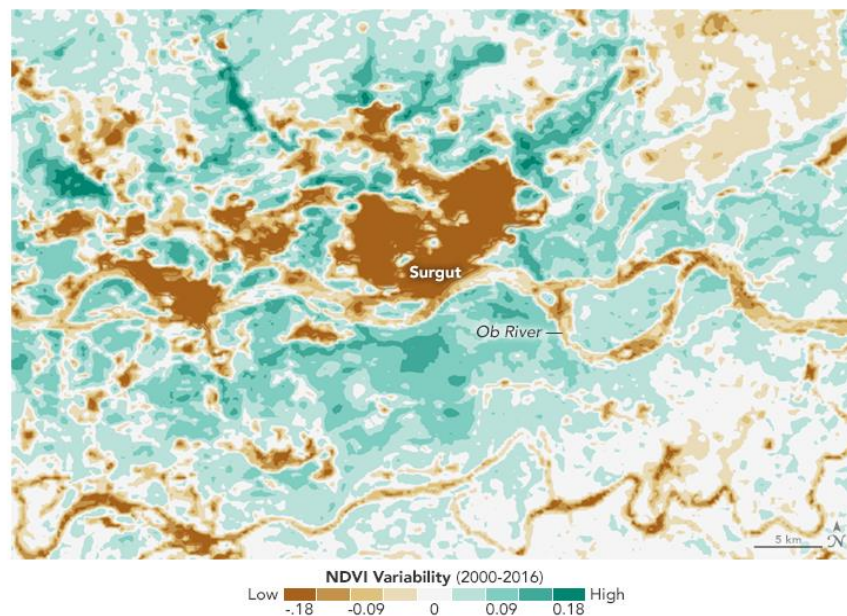


Рис. 3. Карта-схема изменчивости NDVI в г. Сургут [Earth Observation Data]



На рисунке 3 представлена карта-схема изменчивости NDVI на территории городского округа Сургут, где с 2000 по 2016 год наблюдается низкая изменчивость растительности, так как для Сургута характерна застройка, которая требует покрытие болотистых почв, относительно песчаной и хорошо дренированной почвой, которая в свою очередь будет считаться достаточно устойчивой для строительства жилых помещений и промышленных объектов.

Таблица 4

Соотношение жизненных форм по И.Г. Серебрякову (1962) во флоре города Сургута [Бордей Р.Х., Шепелева Т.Ф., с. 46]

Жизненная форма	Количество видов	
	Число	%
<b>1. Древесные растения:</b>	37	10,1
Деревья	10	2,7
Кустовидные деревья	6	1,6
Кустарники	12	3,3
Кустарнички	9	2,5
<b>2. Полудревесные растения:</b>	4	1,1
Полукустарники	3	0,8
Полукустарнички	1	0,3
<b>3. Травянистые многолетники:</b>	240	65,4
3.1. Наземные травы		
1. Стержнекорневые	27	7,4
2. Кистеконовые и короткокорневищные	60	16,2
3. Плотнокустовые и дерновинные многолетники	5	1,4
4. Рыхлокустовые дерновинные многолетники	21	5,7
5. Длиннокорневищные	85	23,2
6. Столонообразующие и ползучие	28	7,6
7. Клубнеобразующие	5	1,4

Жизненная форма	Количество видов	
	Число	%
3.2. Водные травы	9	2,5
<b>4. Травянистые малолетки:</b>	86	23,4
1. Однолетники	55	15
2. Одно-двулетники	18	4,9
3. Двулетники	13	3,5
Всего	367	100

Зеленая инфраструктура города Сургута отображает общие закономерности всей умеренной зоны Северного полушария. Из таблицы 4 можно сделать вывод, что травянистые жизни формы на территории города Сургут, преобладают над древесными.

### 3.1.3. Характеристика естественных водных объектов на территории города Сургут

Город Сургут богат многочисленными водными объектами. Одной из самых крупных рек на территории городского округа считается река Обь. В данный момент река Обь испытывает техногенное и антропогенное воздействие. Основными загрязнителями воды в реке являются: углеводороды, образуемые при навигации и ремонте судов, нефтепродукты, которые попадают в реку при транспортировке, а также погрузке нефтяных барж [Целевая программа: «Обеспечение населения...»]. Помимо этого, на негативное воздействие на реку оказывает наличие в водоохранной зоне, промышленных предприятий, складов и нефтехранилища. Также на территории города протекают и притоки реки Обь, характеристика притоков представлены в таблице 5.

Реки и притоки Оби [составлено автором по данным]

Название	Протяженность (км)	Площадь бассейна (кв. км)
Река Черная	93	776
Река Сайма	1,5	1,02
Протока Бардыковка	4,5	1,08
Протока Кривуля	2,8	1,6
Протока Боровая	1,8	0,3

Притоки реки Обь, ввиду своих размеров, меньше подвержены негативному воздействию на состав воды. Река Черная является правым притоком реки Обь, данная река протекает по заболоченному лесному массиву. Длина реки Черная составляет 93 километра, а площадь водосбора составляет 776 квадратных километров. Водный режим реки Черная относится к типу рек с весенне-летним половодьем, а также паводками в течение теплого периода времени года [Целевая программа: «Обеспечение населения...»]. Река Сайма пострадала при строительстве города, так как при строительстве в реку Сайма производился сброс строительных и бытовых отходов. Поэтому на реке Сайма были начаты работы для улучшения санитарного состояния воды. Протока Боровая представляет собой объект для сброса стоков, в протоку осуществляется сброс технологических вод после промывки фильтрованных сооружений станции подземной воды «Кедровый Лог» [Целевая программа: «Обеспечение населения...»].

Помимо вышеперечисленных водных объектов на территории городского округа находится озеро Клюквенное, которое находится северо-восточней города Сургута. Характеристика качества воды в реке Обь представлена в таблице 6.

Качество поверхностных вод на основных водных объектах ХМАО – Югры за  
2017 год [составлено автором по данным]

Водный объект, пункт, створ	Качество воды		
	Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды	Класс, разряд	Характеристика состояния загрязненности
р. Обь – г. Сургут, 4 км выше г. Сургут	3,24	3Б	Очень загрязнённая
р. Обь – г. Сургут, 22 км ниже г. Сургут	3,95	4А	Грязная

Водные ресурсы в реке Обь, согласно докладу «Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2017 году», говорят о том, что они загрязнены различными загрязнителями [Доклад «Об экологической ситуации в ХМАО-Югре»].

### 3.1.3. Искусственно созданные водные объекты на территории города Сургут

Искусственно созданные водные объекты на территории города Сургут являются: водохранилище Сургутских ГРЭС-1 и ГРЭС-2, которые расположены на расстоянии 8,5 км от устья реки Черная. Это водохранилище предназначено для технологических нужд Сургутских ГРЭС-1 и ГРЭС-2. Поверхностная вода Сургутского водохранилища используется для охлаждения конденсата [Целевая программа: «Обеспечение населения...»].

Большое внимание уделяется очистке сточных вод, а также повторному использованию. На Сургутских ГРЭС-1 и ГРЭС-2 используются системы оборотного водоснабжения. Также Сургутского водохранилище стало излюбленным местом жителей города, так как теплая вода в водохранилище привлекает горожан, но водохранилище является техническим и купание в данном водном объекте запрещено, жители города Сургут используют

прибрежную зону для отдыха. Более подробно расположение водных объектов на территории города представлена в приложении 10.

Исходя из выше сказанного можно сделать вывод, что водные объекты могут предоставить такие экосистемные услуги: пища, чистая вода и рекреационные услуги.

### 3.2. АПРОБАЦИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДА СУРГУТА

#### 3.2.1. Оценка экосистемной услуги «пища»

Экосистемы обеспечивают условия для выращивания продуктов питания. Пища происходит главным образом из управляемых агроэкосистем, а также из морских и пресноводных систем, леса и городских садоводств, они помогают обеспечить пищей для потребления человеком [The Economics of Ecosystems & Biodiversity]. В водных объектах производится вылов и выращивание морской и пресноводной рыбы, которые вносят значительный объем животного белка в рацион людей во всем мире. Сектор также получает важные денежные доходы и занятость от общественного питания. Аквакультура является одним из наиболее быстро растущих секторов производства продуктов питания и обеспечивает половину всей рыбы для потребления человеком [Food and Agriculture Organization]. Поэтому в данной работе будет производиться оценка предоставления рыбной продукции водными объектами.

Для оценки экосистемной услуги «пища» были взяты среднестатистические показатели с Росстата. В качестве предложения данной услуги выступает рыбопродуктивность озёр и рек, а в качестве спроса на эту услугу будет взят среднестатистический показатель потребления рыбной продукции россиянами, данные будут взяты за 2016 год. Оценка предложения экосистемной услуги «пища» будет производиться по формуле:

$$Q = S \times m, (3.1)$$

где,  $S$  – площадь водных объектов на территории городского округа;  
 $m$  – рыбопродуктивность озёр и рек.

Для того, чтобы посчитать предложение нужно умножить площадь водных объектов на территории городского округа – 5770 гектара (OSM) на рыбопродуктивность озёр и рек (25 кг. с гектара акватории) [Федеральная служба государственной статистики].

$$5770 \times 25 = 144,25 \text{ т. рыбы/год.}$$

Для расчёта спроса экосистемной услуги «пища» были взяты данные о населении города Сургут (373940 человек в 2019 году) и данные о потреблении рыбной продукции с Росстата (12,9 кг. рыбы/год за 2019 год) [Федеральная служба государственной статистики]. Спрос экосистемной услуги «пища» будет рассчитываться по формуле:

$$D = N \times m, (3.2)$$

где,  $N$  – население города;

$m$  – потребление рыбной продукции.

$$373940 \times 12,9 = 4823,826 \text{ т. рыбной продукции/год.}$$

В результате оценки экосистемной услуги «пища» можно заметить, что спрос в городе Сургуте на рыбную продукцию будет выше предложения, но отталкиваясь от санитарного состояния воды в реках, можно сделать вывод, что данная услуга не может быть предоставлена населению в нужном объеме. Поэтому был оценен только потенциал экосистемной услуги «пища».

### 3.2.2. Оценка экосистемной услуги «чистая вода»

Удовлетворение потребностей людей в услугах по обеспечению пресной водой, которая способствуют благосостоянию людей посредством отдыха, живописных ценностей, поддержание рыбного хозяйства и биоразнообразия, а также функционирование экосистем [Millennium Ecosystem Assessment, с. 10]. Одним из главных «товаров», получаемых от экосистемной услуги «чистая вода» является предоставление пресной воды. В городе Сургут для

предоставления пресной воды используют подземные воды. Но в работе мы будем учитывать, что водные объекты на территории города Сургут имеют потенциал предоставления экосистемной услуги «чистая вода».

Основным источником данных для оценки экосистемной услуги «чистая вода» является информация с сайта Федеральной службы статистики (Росстата). Для оценки предложения экосистемной услуги «чистая вода» используется квота на изъятие водных ресурсов из водных объектов, а для оценки спроса на данную услугу используется информация о количестве водных ресурсов, забранных из природных водных объектов городов, все данные были взяты за 2017 год. Так как данные о предложении и спросе агрегированы Росстатом, то предложение экосистемной услуги «чистая вода» будет составлять 245789 тыс. куб. м/год (квота на изъятия водных ресурсов из водных объектов), а спрос на эту услугу будет составлять 83490 тыс. куб. м/год (информация о количестве водных ресурсов, забранных из природных водных объектов городов) [Федеральная служба государственной статистики].

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что потенциал предложение экосистемной услуги «чистая вода» превосходит спрос, но также, как и с экосистемной услугой «пища» из-за низкого качества воды в реках – несоответствующего санитарным нормам - данная услуга не может быть предоставлена в городе Сургут.

### 3.2.3. Оценка экосистемной услуги «рекреация»

Рекреация является важной экосистемной услугой и является одним из способов, с помощью которых население получают прямые и косвенные выгоды, возникающие в результате практического использования окружающей среды. Люди часто выбирают, где провести свой досуг, исходя из особенностей природного ландшафта в определенной области. Природные экосистемы имеют важное значение как место, где люди могут отдохнуть, провести время на природе. Рекреационные аспекты всех городских экосистем, являются наиболее

ценным экосистемными услуги в северных городах. Городские ландшафты подходят для отдыха на природе (например, походы, езда на велосипеде, охота, кемпинг и т. д.) [Mapping Urban Morphology Types, с. 4]. Потому в данной работе будет оцениваться предоставление водными объектами на территории городского округа возможностей для отдыха.

Для оценки предложения экосистемной услуги «рекреация» будут использоваться данные о площади территории вокруг водных объектов и удельная площадь на 1 человека в сравнении с численностью населения города Сургут. На основе информации из Open Street Maps, были взяты о площади территории вокруг водных объектов, а в качестве удельной площади использовалась временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. Оценка предложения услуги «рекреации» производится по формуле:

$$Q = \frac{S_B}{S_{уд}}, \quad (3.3)$$

где,  $S_B$  – площадь территории вокруг водных объектов (буферная зона пятнадцатиминутной пешей доступности, 925 метров);

$S_{уд}$  – удельная площадь на 1 человека по временной методике определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок (1,15 га/чел).

$$\frac{31208 \text{ га}}{1,15} = 27137 \text{ человек.}$$

Спрос в данном случае будет соответствовать общему количеству населения городского округа Сургут за 2019 год (373940 человек) [Федеральная служба государственной статистики]. В результате оценки предложения получилось, что водные объекты могут предложить услугу «рекреация» для 27137 человек в городском округе Сургут. Исходя из этого можно сделать вывод, что спрос будет значительно превышать предложение.



Также для оценки предложения экосистемной услуги «рекреация» используется методика «Рекреационный эффект регулирования водотоков», разработанная чешскими учеными Ivana Lampartova, Jiri Schneider, Jiri Cenek, Ondrej Kopesny [Экосистемные услуги рек в городах, с. 368].

Оценка по данной методике была проведена для всех водных объектов города Сургута, имеющих название. Каждый водный объект был оценен по ряду критериев, указанных в таблице 7. Для оценки критерия «наблюдение/фотографирование» были собраны данные о количестве фотографий в социальных сетях.

Таблица 7

## Оценка рекреационного эффекта регулирования водотоков в городе Сургут

Водный объект	Критерии					Среднее арифметическое
	Туризм	Отдых у воды	Водный туризм	Спортивная рыбалка	Наблюдение/фотографирование	
р. Обь	3	1	2	2	3	2,2
Сургутское водохранилище	0	2	1	0	0	0,6
Р. Сайма	3	3	3	0	3	2,4
Озеро Клюквенное	1	1	1	2	0	1
Озеро Карьерное	1	1	1	1	1	1
Оз. Копань	1	1	1	1	1	1
Река Черная	1	2	1	1	1	1,2
Река Почекуйка	1	2	0	1	1	1
Протока Бардыковка	1	1	1	1	1	1
Протока Кривуля	1	1	1	2	1	1,2
Протока Боровая	1	1	1	1	1	1

В результате балльной оценки качества экосистемной услуги «рекреация» можно сделать вывод, что наибольший рекреационный потенциал имеет р.

Сайма и р. Обь, а наименьший потенциал предложения имеют протоки Бардыковка, Кривуля и Боровая.

Для оценки территориального распределения предоставления экосистемной услуги «Рекреация» водными объектами города Сургут были составлены карты-схемы пространственного распределения объема предоставления данной услуги в программе ArcGIS PRO. В качестве векторной основы для создания данных карт схем и расчета площади рекреационных зон вокруг водных объектов города Сургута, предельного количества рекреантов были использованы векторные слои из свободного ресурса Open Street Maps (населенные пункты, административные границы, точки интереса, здания, транспорт, гидросеть, объекты интереса, особо охраняемые природные территории, озёра, крупные реки, землепользование, типы поверхностей, растительность и территория суши). Данные ресурса Open Street Maps были проверены и верифицированы в результате натурных исследований. На основе векторных данных и результатов натурных исследований была составлена карта-схема водных объектов (приложение 10).

Расчет предложения экосистемной услуги «Рекреация» от водных объектов города Сургута был представлен двумя способами: балльная оценка и оценка предельных рекреационных нагрузок.

Для балльной оценки экосистемной услуги «рекреация» вокруг водных объектов были построены буферы прибрежной зоны водных объектов (50 метров). Каждому буферному полигону присваивались атрибуты баллов оценки рекреационного эффекта водных объектов города Сургут (приложение 11). Для составления карты-схемы балльной оценки предоставления экосистемной услуги «рекреация» был использован инструмент «суммировать внутри» по полигональной шестиугольной сетке (сторона шестиугольника – 250 метров). Агрегирование информации для данной сетки производилось способом средневзвешенного суммирования баллов. Для наглядности отображения информации был использован инструмент тематического картографирования (градуированные цвета) методом распределения «естественные разрывы».

Результаты балльной оценки предоставления экосистемной услуги «рекреации» представлены на рисунке 6 (приложение 12).

Для оценки предельной рекреационной нагрузки вокруг водных объектов были построены буферы прибрежной зоны (50 метров). Для каждого буфера рассчитывалась площадь в гектарах. Потенциальные рекреационные нагрузки рассчитывались с помощью инструмента «калькулятор поля», площадь буферного полигона делилась на удельную рекреационную нагрузку (1,15 чел./га). Для составления карты-схемы оценки рекреационной нагрузки был использован инструмент «суммировать внутри» по полигональной шестиугольной сетке (сторона шестиугольника – 250 метров) по полю «потенциальные рекреационные нагрузки». Агрегирование информации для данной сетки производилось способом средневзвешенного суммирования предельного числа рекреантов. Для наглядности отображения информации был использован инструмент тематического картографирования (градуированные цвета) методом распределения «естественные разрывы». Результаты оценки предоставления экосистемной услуги «рекреации» - предельного количества рекреантов представлены на рисунке 7 (приложение 13).

Для оценки спроса была составлена карта плотности населения в программе ArcGIS PRO (приложение 14). В качестве векторной основы для создания данной карты и расчета численности населения города Сургут были использованы векторные слои из свободного ресурса Open Street Maps (населенные пункты, административные границы, точки интереса, здания, транспорт, гидросеть, объекты интереса, особо охраняемые природные территории, озёра, крупные реки, землепользование, типы поверхностей, растительность и территория суши). Данные ресурса Open Street Maps были проверены и верифицированы в результате натурных исследований. Численность населения определялась расчетным способом по удельной площади жилых помещений на 1 человека (30 кв. м) и среднему размеру домохозяйства в Российской Федерации [Институт демографии Национального исследовательского университета]. Для расчета жилой площади нами был

использован слой «здания», обрезанный по границе городского округа города Сургут (приложение 15), площадь полигонов жилых домов была умножена на этажность и разделена на удельную жилую площадь. Таким образом было обработано 25168 зданий в городе Сургут.

Для составления карты плотности населения был использован инструмент агрегирования точек по полигональной шестиугольной сетке (сторона шестиугольника – 250 метров). Для наглядности отображения информации был использован инструмент тематического картографирования (градуированные цвета) методом квантильного распределения. Результаты агрегирования точек по шестиугольной 250-метровой сетки представлены на рисунке 10 (приложение 16).

Сравнительный анализ спроса и предложения показал, что потребители экосистемной услуги и источники данной услуги локализованы в разных частях города Сургута (приложение 17). Лишь небольшая доля (23,4%) жителей имеют возможность рекреации около водных объектов города в пешей доступности. Сравнение распределения численности населения и предельных рекреационных нагрузок показало, что в центральной части метрополии города Сургут существует острый дефицит предоставления данной услуги (свыше 11 000 человек на 1 шестиугольный полигон с радиусом 250 метров не имеют доступа к экосистемной услуге «рекреация»).

### 3.3. АПРОБАЦИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ЗЕЛеной ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДА СУРГУТА

#### 3.3.1. Оценка экосистемной услуги «снижение загрязнения атмосферного воздуха»

Для оценки количества зеленой инфраструктуры была построена карта с применением индекса NDVI (Нормализованный разностный вегетационный индекс). Это показатель состояния здоровья растительности, основанный на

том, как зеленые насаждения отражают свет. Диапазон значений NDVI составляет от -1 до 1; отрицательные значения NDVI (значения, приближающиеся к -1) соответствуют воде; значения, близкие к нулю (от -0,1 до 0,1), обычно соответствуют бесплодным участкам скал, песка или снега. Низкие положительные значения представляют кустарники и луга (примерно от 0,2 до 0,4), в то время как высокие значения указывают на умеренные и тропические леса (значения, приближающиеся к 1).

На построенной картосхеме (приложение 18) видно, что центральная часть города с плотной застройкой имеет индекс приближенный к 0, что означает отсутствие зеленых насаждений, либо малое их присутствие. Присутствие крупных городских парков на территории города таких как: парк «За Саймой», «Кедровый Лог» и другие скверы, заметно на картосхеме, так как они имеют значение индекса 1.

Районы, расположенные выше застроенной территории, имеют значение 1, потому что там отсутствует плотная застройка и находятся лесные массивы, но можно заметить наличие дачных поселков, где значение индекса колеблется от 0,6 до 0,1. На севере городского округа Сургут находится аэропорт (значение индекса 0), это так же можно заметить на картосхеме.

В основе оценки экосистемной услуги «снижение загрязнения атмосферного воздуха» являются данные о поглощающем потенциале деревьев. В результате будет оценен общий объем снижения загрязняющих веществ зеленой инфраструктурой с помощью площади леса и среднего значения снижения загрязняющих веществ в атмосфере.

Для определения среднего значения поглощения основных загрязнителей атмосферы разными типами леса, были выбраны 3 преобладающих типа лесного покрова на территории городского округа: темнохвойные, светлохвойные и смешанные (таблица 8).

Средние значения поглощения основных загрязнителей атмосферы разными типами леса на территории города Сургут [составлено автором с изменениями по: «Air pollution removal by urban forests»].

Тип леса	CO, т/га/год	SO <sub>2</sub> , т/га/год	NO <sub>x</sub> , т/га/год	CO + SO <sub>2</sub> + NO <sub>x</sub> , т/га/год	Итого, т/га/год
Темнохвойный	0,0002	0,0022	0,0072	0,0096	0,0124
Светлохвойный	0,0002	0,0025	0,0078	0,0105	0,019
Смешанный	0,0004	0,001	0,0055	0,0069	0,0136
Среднее	0,000267	0,0019	0,006833	0,009	0,015

Площадь зеленых насаждений на территории городского округа Сургут составляет 10331,86 гектар, а среднее значение поглощения основных загрязнителей атмосферы составляет 0,015 т/га/год. Для оценки предоставляемого объема нужно посчитать произведение площади зеленых насаждений на территории города на площадь поглощения.

$$10331,86 \times 0,015 = 154,7$$

Чтобы оценить экосистемную услугу «снижение загрязнения атмосферного воздуха» для отдельных газообразных загрязняющих веществ необходимо использовать годовые показатели по «Охране окружающей среде» в городе Сургут. Так как данные с 2017 года не предоставляются, в работе для расчета будут использоваться показатели за 2017 год (таблица 9).

Оценка экосистемной услуги «снижение загрязнения атмосферного воздуха» для отдельных газообразных загрязняющих веществ и суммарно на территории города Сургут [составлено автором по данным «Экосистемные услуги России»]

CO	Выбросы (т/год)	10680
	Поглощено (т/год)	2,8
	Доля поглощенных (%)	0,03
SO <sub>2</sub>	Выбросы (т/год)	1680
	Поглощено (т/год)	3,2
	Доля поглощенных (%)	0,19
NO <sub>x</sub>	Выбросы (т/год)	35482
	Поглощено (т/год)	242,5
	Доля поглощенных (%)	0,68
CO + SO <sub>2</sub> + NO <sub>x</sub> ,	Выбросы (т/год)	47842
	Поглощено (т/год)	248,5
	Доля поглощенных (%)	0,52

В результате сравнения предложения и спроса экосистемной услуги «снижение загрязнения атмосферного воздуха» для отдельных газообразных загрязняющих веществ на территории города Сургут можно сделать вывод, что предоставление составляет данной услуги менее 1%.

При сравнении каждого оцененного вещества заметно, что неблагоприятное влияние связано с большим объёмом выбросов, так и низкой способностью поглощения зелеными насаждениями на территории города.

### 3.3.2. Оценка экосистемной услуги «регулирование микроклимата в городское среде»

В программе QGIS была создана картосхема с распределением температур на территории города (приложение 19). Основным источником для оценки экосистемной услуги «охлаждающий эффект (регулирование климата)» является космоснимки Landsat 8-9. Были отобраны снимки, на которых облачность не превышает 10%. В качестве основы для создания карты использовались векторные слои из свободного ресурса OpenStreetMaps, были отобраны границы городского округа Сургут и зеленая инфраструктура.

Также в программе QGIS была построена картосхема (приложение 20) с распределением температур на территории города с указанием районов с комфортной температурой (23 °C). При анализе данной картосхемы видно, что комфортная температура больше всего распространена в центральной части городского округа, а также районе аэропорта города Сургут.

При анализе картосхемы выделили среднюю, максимальную и минимальную температуру на 5 июня 2020 год. Средняя температура на территории города составила 17,5 °C, максимальная - 28, 5 °C (максимальное значение температуры наблюдается над Сургутской ГРЭС-1 и ГРЭС-2), а минимальная - 15,1 °C (на территории лесного массива, где отсутствует плотная застройка). Сравнительный анализ больших и маленьких участков зеленой инфраструктуры показал, что большие по площади участки зеленых насаждений охлаждаются больше, примерно на 2,5 °C, в сравнении с участками городского округа, где площадь зеленой инфраструктуры меньше, примерно на 1,5 °C. Сравнение районов городского округа Сургута показывает, что в центральной части есть тенденция к повышению температуры, это объясняется наличием плотной застройки и промышленных районов.



### 3.3.3. Оценка экосистемной услуги «рекреация»

Для оценки экосистемной услуги «рекреация» нужно понимать, что зеленая инфраструктура имеет важное значение как место, где люди могут провести свое свободное время. Поэтому рекреационные аспекты считаются наиболее ценными экосистемными услуги в северных городах. В данной работе будет оцениваться предоставление зеленой инфраструктурой возможностей для отдыха.

Для оценки предложения экосистемной услуги «рекреация» будет использоваться методика [Временная методика определения рекреационных], в основе которой присутствуют два условия для оценки: вид туризма и тип лесных или луговых сообществ. Так как на территории городского округа Сургут нет особо охраняемых территорий (ООПТ), то норматив рекреационной нагрузки на ООПТ не будет использоваться. На основе информации из открытых источников были взяты данные о населении города Сургут за 2022 год (395600 чел.). Также взяты данные из программы QGIS, это площадь парков (1956,22 га) и площадь лесных массивов (8355,64). В работе будет учитываться норматив, который рекомендует рекреационную нагрузку – 50 чел/га [Об утверждении норм и правил проектирования]. В результате была построена таблица 10 с расчетами показателей спроса и предложения.

Оценка экосистемной услуги «рекреация» на территории городского округа  
Сургут [составлено автором по данным «Экосистемные услуги России»]

Единовременное отдыхающие на территории парков (чел)	Население города × 5%	19780
Предложение экосистемной услуги от внутренней зеленой инфраструктуры парков (чел)	Площадь парков × 50 чел/га	97811
Предложение экосистемной услуги от всех экосистем города	Площадь всех зеленых насаждений × 50 чел/га	515593

Спрос в данном случае будет соответствовать общему числу единовременно отдыхающих на территории парков (19780 чел.). В результате оценки предложения получилось, что зеленая инфраструктура в городском округе Сургут может принять 97811 человек, а в парки и леса 515593 человека. Исходя из этого можно сделать вывод, что предложение будет превышать спрос в 26 раз.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учет экосистемных услуг является одним из главных шагов в осуществлении политики устойчивого развития. В выпускной квалификационной работе было рассмотрено применение концепции экосистемных услуг на северные города. Ниже представлены выводы, которые были сделаны в результате исследования:

1. для решения первой задачи была рассмотрена история концепции экосистемных услуг, а также варианты их классификации. Были рассмотрены кейсы по оценке экосистемных услуг в северных и прочих городах и выявлено, что в северных городах наблюдается тенденция к развитию рекреационных и культурных экосистемных услуг. Мы пришли к выводу, что наиболее разработанной классификацией для экосистемных услуг северных городов является классификация «Millennium Ecosystem Assessment, 2005»;

2. в ходе анализа научных публикаций в базах научных трудов eLibrary, Scopus, Web of Science, Cyberleninka по поисковым запросам «Water-related ecosystem services» и «urban»; «Evaluation of water-related ecosystem services» и «urban»; «assessment of water supply ecosystem services»; «green infrastructure»; «green-blue infrastructure»; «assessment of green infrastructure ecosystem services» было определено, что для оценки экосистемных услуг зеленой инфраструктуры учитываются различные параметры состояния зеленых насаждений и природных зеленых элементов в городской среде. Для экосистемных услуг водных объектов в нашей работе методики биофизической оценки экосистемных услуг водных объектов были скорректированы для северных городов. В данной работе были оценены экосистемные услуги: «пища», «чистая вода», «рекреация» для водных объектов; «снижение загрязнения атмосферного воздуха», «регулирование микроклимата в городской среде» и «рекреация для зеленой инфраструктуры на территории города Сургут.

3. в ходе решения третьей задачи были сделаны следующие выводы:

- в результате апробации данных методик нами было выявлено, что потенциал предоставления экосистемная услуга «чистая вода» превосходит потребность в этой услуге; экосистемные услуги «рекреация» и «пища» предоставляются в недостаточном объеме. Кроме того, отталкиваясь от санитарного состояния воды в водных объектах приводит к невозможности предоставления услуг «чистая вода»;
- проведена оценка экосистемной услуги «снижение загрязнения атмосферного воздуха», в результате сравнения спроса и предложения было выявлено, что предоставление данной услуги на территории города Сургут менее 1%. Была проведена оценка экосистемной услуги «регулировать микроклимата в городское среде» с использованием космоснимков Landsat -8, 9. В результате оценки экосистемной услуги «регулировать микроклимата в городское среде» мы выяснили, что большие по площади участки зеленых насаждений охлаждаются больше, примерно на 2,5 °С, в сравнении с участками городского округа, где площадь зеленой инфраструктуры меньше, примерно на 1,5 °С. В ходе оценки экосистемной услуги «рекреация» получилось, что предложение в городе Сургут будет превышать спрос в 26 раз. Потому что зеленая инфраструктура в городском округе Сургут может принять 97 811 человек (парки), а при рассмотрении всей территории занятой зелеными насаждениями, город Сургут сможет принять 515 593 человека.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### 1. Книжные издания

#### Книга одного автора:

1. Anguelovski I. Environment and health: Asserting control, sovereignty and transgression in Barcelona. In T. Tejerina & I. Perugorría (Eds.), *From social to political. New forms of mobilization and democratization (conference proceedings)*. Bilbao: University of the Basque Country. 2012. P. 247–264.
2. Forman, R.T. *Urban Ecology: Science of Cities*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2014; pp. 126–129. [Google Scholar]
3. Haase D. Reflections about blue ecosystem services in cities. *Sustainability of Water Quality and Ecology*. 2015. P. 77-83.
4. Höppe, P. The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int. J. Biometeorol.* 1999, 43, 71–75. [Google Scholar]
5. Jansson A. Reaching for a sustainable, resilient urban future using the lens of ecosystem services. *Ecological Economics*. 2013. 285–291.
6. Lerner D.N. Urban groundwater: an asset for the sustainable city? *Eur Water Pollut Cont.* 1996. P. 43– 51.
7. McPhearson T. Toward a sustainable New York City: Greening through urban forest restoration. In E. Slavin (Ed.), *Sustainability in America’s Cities: Creating the Green Metropolis*. Island Press: Washington, DC. 2011. P. 181–204).
8. Mumford L. *The culture of cities*. N.Y., 1938, p.294
9. O’Farrell P.J. Published kind permission of *Ecology and Society*. 2012. P. 6.
10. Roca E. *Montjuïc, la muntanya de la ciutat* . Barcelona: Institut d’Estudis Catalans, Secció de Ciències i Tecnologia. 2000. P. 156.
11. Николаев В.А. Основы учения об агроландшафте // *Агроландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы*. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. – С. 4–57.

**Книга двух авторов:**

12. Anderson P.M.L., O'Farrell P.J. An ecological view of the history of the establishment of the City of Cape Town. *Ecology and Society*. 2012. P. 28.
13. Boyd, J., and S. Banzhaf. 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units: Discussion paper. *Ecological Economics* 63: 616–626.
14. Braat LC., de Groot R. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy, 2012 *Ecosystem Services* 1(1): 4-15.
15. Chaparro, L.; Terradas, J. Report on Ecological Services of Urban Forest in Barcelona; Barcelona City Council, Department of Environment: Barcelona, Spain, 2009; pp. 1–96. [Google Scholar]
16. Chichilnisky G., Heal, G. Economic returns from the biosphere. *Nature*. 1998. P. 629–630.
17. Ehrlich P., Ehrlich A. *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species*. - New York: Random House, Cop.-1981. - XIV, 305 с.
18. Fitzhugh T.W., Richter B.D. Quenching urban thirst: Growing cities and their impacts on freshwater ecosystems. *Bioscience*. 2004. P. 741–754.
19. Khanal Y., Sharmam R.S. Economic valuation of water supply service from two community forests in Palpa district - Nepal, India. 2010.
20. Kronenberg J., Hubacek K. Synthesizing different perspectives on the value of urban ecosystem services. *Landscape and Urban Planning* 109 (1), 2013. P. 1-6.
21. Lewan, Lillemor. *Ecological Footprints & Biocapacity: Tools for planning and follow-up of sustainable development in an international perspective*. Karlskrona/Stockholm: Boverket/SEPA. 2000.
22. Rozos E., Makropoulos C. Urban regeneration and optimal water demand management. In *CEST 14th International Conference on Environmental Science and Technology*. 2015. P. 3-5.

23. Бобылев С.Н., Захаров В.М. Экосистемные услуги и экономика. — М.: ООО «Типография Левко», Институт устойчивого развития/Центр экологической политики России, 2009 — 72 с.
24. Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада Т1. Услуги наземных экосистем / Ред.-сост. Е.Н. Букварёва, Д.Г. Замолодчиков. — М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2016. 148 с

**Книга трех авторов:**

25. Anteneh Y., Zeleke G., Gebremariam E. Valuing the water supply: ecosystem-based potable water supply management for the Legedadie-Dire catchments, Central Ethiopia - Ethiopia. 2019.
26. Bouziotas D., Rozos E., Makropoulos C. Water and the city: exploring links between urban growth and water demand management. *Journal of Hydroinformatics*. 2015. P. 176-192.
27. Kuprys-Lipiriska I., Kuna P., Wagner I. Water in the urban space and the health of residents. *Water in the City*, Sendzimir Foundation, Krakow. 2014. P. 47-55.
28. Nowak, D.J.; Crane, D.E.; Stevens, J.C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban For. Urban Gree*. 2016, 4, 115–123. [Google Scholar]
29. Ruskule A., Vinogradovs I., Pecina M. The guidebook on «The introduction to the ecosystem service framework and its application in integrated planning» version on 28. sept. 2018
30. Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Т. 2. Биоразнообразие и экосистемные услуги: принципы учёта в России / Сост. Е.Н. Букварёва; Ред. Е.Н. Букварёва, Т.В. Свиридова. — М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2020. — 256 с.

**Книга четырех авторов:**

31. Gill, S.; Handley, J.; Ennos, R.; Pauleit, S. Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environ*. 2007, 33, 115–133. [Google Scholar]

32. Grunewald, K.; Junxiang, L.; Gaodi, X.; Lennart, K.S. Towards Green Cities—Urban Biodiversity and Ecosystem Services in China and Germany; Springer: Cham, Switzerland, 2018; pp. 105–173. [Google Scholar]

**Книга пяти и более авторов:**

33. Arctic cities as an anthropogenic object: a preliminary approach through urban heat islands / Laruelle M., Esau I., Miles M., Miles V [и др.]. V.H. Winston and Sons, Inc., 2019. P. 23.

34. Gómez-Baggethun, E.; Gren, D.; Barton, J.; Langemeyer, T.; McPhearson, P.; O'Farrell, E.; Andersson, Z. Urban ecosystem services. In Urbanization; Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P., McDonald, R.I., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2013; pp. 175–251. [Google Scholar]

35. Green-blue multifunctional infrastructure: an urban landscape system design new approach / Bacchin T. K., Ashley R., Sijmons D. [и др.] (2014). In 13th International Conference on Urban Drainage, Sarawak, Malaysia, 2014. P. 7-12.

36. Impacts of urbanization in a biodiversity hotspot: Conservation challenges in Metropolitan Cape Town / Rebelo A.G., Holmes P.M., Dorse C. [и др.]. South African Journal of Botany. 2011. P 20–35.

37. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends Assessment. Washington, DC: Island Press, 2005. P. 27.

38. Nowak, D.J.; Hirabayashi, S.; Doyle, M.; McGovern, M.; Pasher, J. Air pollution removal by urban forests in Canada and its effect on air quality and human health. Urban For. Urban Gree. 2018, 29, 40–48. [Google Scholar]

39. Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., et al. (2001). Urban ecological systems: Linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. Annual Review of Ecology and Systematics, 32 (1), 127–157.

40. Riparian ecosystems in the 21st century: hotspots for climate change adaptation? / Capon S. J., Chambers L. E., Mac Nally, R. [и др.]. Ecosystems, 2013. P. 359–381.



41. Scale-crossing brokers and network governance of urban ecosystem services: the case of Stockholm / Ernstson H., Barthel S., Andersson E., [и др.]. Ecology and Society, 2010. P. 28.
42. The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation. The Center for Clean Air Policy / Foster J., Foster H., Lowe A., [и др.]. 2011.
43. Urban Ecosystem Services. Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities / Gómez-Baggethun E., Gren A., Barton D. [и др.]. 2013. P. 175-251.
44. Urban land-use change effects on biogeochemical cycles. In: JG Canadell, DE Pataki, and LF Pitelka (Eds) / Pouyat RV, Belt KT, Pataki DE [и др.]. Terrestrial ecosystems in a changing world. New York, NY: Springer
45. Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities - A Global Assessment / Elmqvist T., Fragkias M., Goodness J. [и др.]. 2013. P. 300.
46. Water Ecosystem Services, A Global Perspective Edited / Martin-Ortega J., Ferrier R.C., Gordon I.J. [и др.]. Cambridge University Press, 2015.
47. Water-sensitive urban design: opportunities for the UK. Proceedings of the Institution of Civil Engineers / Ashley R., Lundy L., Ward S. [и др.]. 2013. P. 65.
48. Устойчивое развитие: Новые вызовы: Учебник для вузов/ Под общ. ред. В. И. Данилова-Данильяна, Н. А. Пискуловой. — М.: Издательство «Аспект Пресс», 2015. — 336 с.
49. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна. М.: Т-во научных изданий КМК. 2016. 596 с.

#### **Неопубликованные издания**

50. Дайзель А.В. Возможность оценки экосистемных услуг водных объектов северных городов России (на примере города Сургут), 2020. 7-43

## 2. Электронные издания

### Сайты, порталы:

51. Population Reference Bureau: [сайт]. URL: <https://www.prb.org/> (дата обращения 15.11.2021)

### Электронные журналы, статьи:

52. Assessing water ecosystem services for water resource management / Grizzetti B., Lanzaova D., Liqueste C. [и др.]. 2016. с. 10: [сайт]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901116300892> (дата обращения 20.03.2022)
53. Biophysical Mapping and Assessment Methods for Ecosystem Services / Vihervaare P., Poikolainen L., Nedkov S. [и др.]. 2018. с. 73. URL: [https://www.researchgate.net/publication/325217449\\_Biophysical\\_Mapping\\_and\\_Assessment\\_Methods\\_for\\_Ecosystem\\_Services](https://www.researchgate.net/publication/325217449_Biophysical_Mapping_and_Assessment_Methods_for_Ecosystem_Services) (дата обращения 20.03.2022)
54. Business and Enterprise / Bishop J., Bertrand N., Evison W. [и др.]. 2010. с. 27. : [сайт]. URL: <http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/business-and-enterprise/> (дата обращения 25.11.2021)
55. Cookbook for water ecosystem service assessment and valuation / Grizzetti B., Lanzaova D., Liqueste C. [и др.]. с. 136: [сайт]. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC94681/lbna27141enn.pdf> (дата обращения 20.03.2022)
56. Ecological and Economic Foundations: [сайт]. URL: <http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/ecological-and-economic-foundations/> (дата обращения 25.11.2021)
57. European Commission, Green infrastructure (GI) – Enhancing Europe’s Natural Capital. 2013. с. 11. : [сайт]. URL: [http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d41348f2-01d5-4abe-b817-4c73e6f1b2df.0014.03/DOC\\_1&](http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:d41348f2-01d5-4abe-b817-4c73e6f1b2df.0014.03/DOC_1&) (дата обращения 21.12.2021)

58. eWater Source is flexible and extensible to meet future needs including modelling urban water supply: [сайт]. URL: <https://ewater.org.au/products/ewater-source/for-urban/> (дата обращения 29.01.2022)
59. Jäppinen J., Heliölä J. Towards A Sustainable and Genuinely Green Economy. The value and social significance of ecosystem services in Finland (TEEB for Finland). 2015. с. 148: [сайт]. URL: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/152815/FE\\_1\\_2015.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/152815/FE_1_2015.pdf?sequence=1) (дата обращения 01.03.2022)
60. Minda T.T. Mapping Urban Morphology Types (UMTs) of Arba Minch Town, and Assessment of Recreational Ecosystem Services. 2015. с. 25: [сайт]. URL: <http://etd.aau.edu.et/bitstream/handle/123456789/1399/Tonja%20%20Torora.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения 15.05.2022)
61. SEEA EEA Revision, Working Group 4: Individual Ecosystem Services. Discussion paper 8: Water Supply Services: Biophysical Modeling and Economic Valuation in Ecosystem Accounting. 2019. с. 22: [сайт]. URL: [https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/discussion\\_paper\\_8\\_-\\_water\\_supply\\_service\\_final.pdf](https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/discussion_paper_8_-_water_supply_service_final.pdf) (дата обращения 28.02.2022)
62. Sustainable Water Management in Cities: Engaging Stakeholders for Effective Change and Action - Final Report. 2010. с. 44: [сайт]. URL: [https://www.un.org/waterforlifedecade/swm\\_cities\\_zaragoza\\_2010/pdf/final\\_report\\_swm\\_cities.pdf](https://www.un.org/waterforlifedecade/swm_cities_zaragoza_2010/pdf/final_report_swm_cities.pdf) (дата обращения 02.02.2022)
63. Synthesis Report / Sukhdev P., Wittmer H., Bishop J. [и др.]. 2010. с. 52: [сайт]. URL: <http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/synthesis-report/> (дата обращения 25.11.2021)
64. TEEB Manual for Cities: Ecosystem Services in Urban Management. Mader A., Patrickson S., Calcaterra E. 2011. с. 48: [сайт]. URL: <http://www.teebweb.org/publication/teeb-manual-for-cities-ecosystem-services-in-urban-management/> (дата обращения 09.01.2022)
65. The Economics of Ecosystems & Biodiversity: [сайт]. URL: <http://www.teebweb.org/> (дата обращения 25.11.2021)

66. Water Ecosystem Services and Their Value—a Case Study in Luan River Basin, North China / Cailian Hao C., Denghua Y. [и др.]. 2013. с. 11. URL: [https://www.researchgate.net/publication/269342994\\_Water\\_Ecosystem\\_Services\\_and\\_their\\_Value\\_-\\_A\\_Case\\_Study\\_in\\_Luan\\_River\\_Basin\\_North\\_China](https://www.researchgate.net/publication/269342994_Water_Ecosystem_Services_and_their_Value_-_A_Case_Study_in_Luan_River_Basin_North_China) (дата обращения 15.04.2022)
67. Болотова Н.Л. О применении концепции экосистемных услуг к водным экосистемам. 2017. с. 20: [сайт]. URL: <https://readera.org/o-primenenii-konceptcii-jekosistemnyh-uslug-k-vodnym-jekosistemam-140228926> (дата обращения 09.03.2022)
68. Бордей Р.Х., Шепелева Л.Ф. Характеристика флоры г. Сургута, 2011 / Вестник Томского государственного университета. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-fitopatologicheskogo-sostoyaniya-zelenyh-nasazhdeniy-goroda-surguta/viewer> (дата обращения 25.03.2022)
69. Волосникова Е.А. Северный город: понятие и типология // Сургут: СурГПУ, 2012. с. 98-103. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17774758> (дата обращения 21.04.2022)
70. Гучгельдыев О. Руководство по экономической оценке экосистемных услуг, связанных с водными ресурсами. – Алматы: ОО «Ost-XXI век», 2013. – 40 с. URL: [https://careseco.org/en/dev/%D1%80%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4\\_%D1%80%D1%83%D1%81\\_2013.pdf](https://careseco.org/en/dev/%D1%80%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4_%D1%80%D1%83%D1%81_2013.pdf) (дата обращения 20.03.2022)
71. Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., Илларионова О.А. Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблемы развития // Социальная и экономическая география. Санкт-Петербург: СПбГУ, 2018. с. 20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskij-karkas-krupneyshih-gorodov-rossiyskoy-federatsii-sovremennaya-struktura-territorialnoe-planirovanie-i-problemy> (дата обращения 05.01.2022)
72. Макарова Т.А., Макаров П.Н. Мониторинг фитопатологического состояния зеленых насаждений города Сургута, 2017 / Вестник НБГУ. URL:

- <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-fitopatologicheskogo-sostoyaniya-zelenyh-nasazhdeniy-goroda-surguta> (дата обращения 24.03.2022)
73. Платежи за экосистемные услуги: теория, методология и зарубежный опыт практического использования. с. 45.: [сайт]. URL: <https://www.wildnet.ru/images/stories/bibl/Plateji.pdf> (дата обращения 12.11.2021)
74. Политкина К.И. Урбанизированная среда как узел опосредованных противоречий (философско-социологический анализ) // Языкознание и литературоведение. Пятигорск: ПГУ, 2015. с. 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/urbanizirovannaya-sreda-kak-uzel-oposredovannyh-protivorechiy-filosofsko-sotsiologicheskij-analiz> (дата обращения 20.12.2021)
75. Соловьева С.В. Оценка экосистемных услуг для управления природным наследием // Государственное управление. Электронный вестник. Выпуск №69. 2018. с. 17. URL: [http://e-journal.spa.msu.ru/uploads/vestnik/2018/vipusk\\_\\_69.\\_avgust\\_2018\\_g./ekonomika\\_prirodopolzovaniya/solovyeva.pdf](http://e-journal.spa.msu.ru/uploads/vestnik/2018/vipusk__69._avgust_2018_g./ekonomika_prirodopolzovaniya/solovyeva.pdf) (дата обращения 20.03.2022)
76. Экосистемные услуги рек в городах / Lampartova I., Schneider J., Cenek J. [и др.]. 2017, Чехия. с. 363-368. URL: [https://www.researchgate.net/publication/316278114\\_Ekosistemnye\\_uslugi\\_rek\\_v\\_gorodah](https://www.researchgate.net/publication/316278114_Ekosistemnye_uslugi_rek_v_gorodah) (дата обращения 20.03.2022)
77. Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Т. 3. Зелёная инфраструктура и экосистемные услуги крупнейших городов России / Ред. О. А. Климанова. — М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2021. — 112 с.

#### **4. Составные части документов**

78. Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital. URL: [https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/strategy/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/strategy/index_en.htm) (дата обращения 05.03.2022)

79. EU 2020 Biodiversity Strategy: [сайт]. URL: [https://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/strategy/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/strategy/index_en.htm) (дата обращения 05.12.2021)
80. EU Guidance on Integrating Ecosystems and their Services into Decision-Making URL: [https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/pdf/SWD\\_2019\\_305\\_F1\\_STAFF\\_WORKING\\_PAPER\\_EN\\_V2\\_P1\\_1042629.PDF](https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/pdf/SWD_2019_305_F1_STAFF_WORKING_PAPER_EN_V2_P1_1042629.PDF) (дата обращения 05.03.2022)
81. European Environmental Agency. Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe. An overview of the last decade. 2010. с. 146. URL: [https://www.researchgate.net/publication/283362726\\_Forest\\_fires\\_in\\_mapping\\_the\\_impacts\\_of\\_natural\\_hazards\\_and\\_technological\\_accidents\\_in\\_Europe\\_an\\_overview\\_of\\_the\\_last\\_decade](https://www.researchgate.net/publication/283362726_Forest_fires_in_mapping_the_impacts_of_natural_hazards_and_technological_accidents_in_Europe_an_overview_of_the_last_decade) (дата посещения 06.04.2021)
82. Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring of Russia (Rosgidromet). State of Air pollution in the Cities in Russia; Annual Report; FGBU: Saint Petersburg, Russia, 2017; pp. 4–227. [Google Scholar]
83. Food and Agriculture Organization of the United Nations - <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/provisioning-services/en/>
84. Health Impact Assessment & EnviroAtlas: Integrating Ecosystem Services into the Decision-Making Process. 2015. с. 28.: [сайт]. URL: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/hia\\_guide\\_final\\_pdf.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/hia_guide_final_pdf.pdf) (дата обращения 29.03.2022)
85. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES): [сайт]. URL: <https://ipbes.net/> (дата обращения 14.12.2021)
86. Local and Regional Policy Makers: [сайт]. URL: <http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/local-and-regional-policy-makers/> (дата обращения 25.11.2021)
87. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. 2016. с. 94.: [сайт]. URL: [https://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem\\_assessment/pdf/102.pdf](https://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/102.pdf) (дата обращения 09.12.2021)

88. National and International Policy Making / ten Brink P., Berghofer A., Sukhdev P. [и др.]. 2009. с.65.: [сайт]. URL: <http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/national-and-international-policy-making/> (дата обращения 25.11.2021)
89. Reports, studies and review documents supported by the European Commission. URL: <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/studies.ht> (дата обращения 27.03.2022)
90. The Regional development plan for the Stockholm region – RUFSS 2010, Office of Regional Planning, Stockholm: [сайт]. URL: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/regional-innovation-monitor/organisation/office-regional-planning-stockholm-county-council> (дата посещения 16.05.2021)
91. Summary for Policymakers in Government and Industry Draft 2.0 – 9 August 2020. URL: <https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/> (дата обращения 21.03.2022)
92. Wageningen University & Research: [сайт]. URL: <https://www.wur.nl/en/Dossiers/file/Building-with-Nature-2.htm> (дата обращения 25.12.2021)
93. Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок: [сайт]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9033131> (дата посещения 24.05.2021)
94. Доклад «Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре в 2017 году». 2018. с. 200.: [сайт]. URL: [http://oktregion.ru/upload/docs/ekonomika-i-finansy/promyshlennost-i-selskoe-khozyaystvo/Doklad\\_ob\\_ecologich\\_situacii\\_v\\_HMAO\\_v\\_2017.pdf](http://oktregion.ru/upload/docs/ekonomika-i-finansy/promyshlennost-i-selskoe-khozyaystvo/Doklad_ob_ecologich_situacii_v_HMAO_v_2017.pdf) (дата обращения 23.04.2021)
95. Институт демографии Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»: [сайт]. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2011/0491/perer01.php> (дата посещения 27.05.2021)
96. Об утверждении городской целевой Программы «Обеспечение населения города качественной питьевой водой» на 2006 — 2010

- годы: [сайт]. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/13614930/> (дата обращения 05.04.2021)
97. Оценка экосистем на пороге тысячелетия: [сайт]. URL: <https://www.millenniumassessment.org/ru/About.html> (дата обращения 23.11.2021)
98. Паспорт региона: города Сургут: [сайт]. URL: <http://www.marketcenter.ru/content/file.asp?r=%7B14DB4F35-271D-4148-B027-C9E8A99C8D13%7D> (дата обращения 10.04.2021)
99. Перечень поручений Председателя Правительства РФ «О разработке методики оценки качества городской среды проживания и проведения такой оценки в крупных городах России» от 20 марта 2012 г. № ВП-П9-1581, п. 4.
100. Пятый национальный доклад «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации». — М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2015. 124 с.
101. Рекомендации, касающиеся платы за услуги экосистем в контексте комплексного управления водными ресурсами. — ООН, Нью-Йорк и Женева, 2007. 65 с.
102. Федеральная служба государственной статистики: [сайт]. URL: <https://www.gks.ru/> (дата обращения 01.05.2020)
103. Цели в области устойчивого развития: [сайт]. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/cities/> (дата обращения 15.11.2019)

#### **4. Картографические издания**

104. OpenStreetMap: [сайт]. URL: <https://www.openstreetmap.org/#map=3/69.62/-74.90> (дата обращения 26.03.2022)



## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

## Классификация экосистемных услуг (Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

Категории экосистемных услуг	Описание
Обеспечивающие услуги	Продукты, получаемые от экосистем. Эта категория включает такие продукты, как продовольствие, пресная вода, натуральные волокна, древесное топливо, генетические ресурсы.
Регулирующие услуги	Выгоды, получаемые от регулирования экосистемных процессов. Сюда входят, например, регулирование качества воздуха, климата, воды, эрозии, эпидемий и очистка воды. Примерами могут служить фильтрация загрязнений водно-болотными угодьями, опыление растений насекомыми, регулирование климата путем поглощения углерода деревьями или океаном и т.д.
Культурные услуги	Нематериальные выгоды, которые люди получают от экосистем посредством духовного обогащения, развития познавательной деятельности, рекреации, эстетического опыта, накопления культурного наследия своего народа. Например, некоторым природным объектам в рамках той или иной религии придается священный статус, что, кстати, часто позволяет сохранить их в нетронутом виде.
Поддерживающие услуги	Это услуги, необходимые для обеспечения предоставления всех других экосистемных услуг. Сюда включаются такие услуги, как почвообразование, фотосинтез, производство первичных материалов, круговорот воды и круговорот азота.

## Классификация услуг наземных экосистем России

Категория	Определение	Услуги
Производственные	Производство природными системами биомассы, которая изымается человеком из природы и используется для различных нужд	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Продукция древесины</li> <li>2. Недревесная продукция леса и других наземных экосистем (грибы, ягоды, орехи, кора, лыко, лекарственные, косметические, декоративные растения и т. п.)</li> <li>3. Производство корма для скота на природных пастбищах и сенокосах</li> <li>4. Продукция пресноводных экосистем, прежде всего рыбы</li> <li>5. Охотничья продукция</li> <li>6. Продукция меда на природных территориях</li> </ol>
Средообразующие	Формирование и поддержание условий среды, благоприятных для жизни человека и развития экономики	<p><b>1. Услуги по регулированию климата и атмосферы</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Биогеохимическая регуляция климата: – хранение запасов углерода – регуляция потоков парниковых газов</li> <li>1.2. Биогеофизическая регуляция климата: регуляция потоков энергии между поверхностью Земли и атмосферой, снижение силы ветра и ущерба от ураганов и штормов растительностью, регуляция потоков влаги между поверхностью и атмосферой</li> <li>1.3. Очистка воздуха растительностью (поглощение загрязнений и пылеосаждение)</li> </ol> <p><b>2. Услуги по регулированию гидросферы</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Водоохранные и водорегулирующие услуги: – обеспечение объема стока воды – регуляция вариабельности (стабилизация) стока воды, снижение интенсивности и ущерба от наводнений</li> <li>2.2. Обеспечение качества воды наземными экосистемами (в том числе «биогеохимические барьеры» растительности и почв на пути водной миграции поллютантов)</li> <li>2.3. Обеспечение качества воды пресноводными экосистемами (самоочищение и разбавление)</li> </ol> <p><b>3. Услуги по формированию и защите почв</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Защита почв от эрозии: – защита почв от водной эрозии – защита почв от ветровой эрозии, предотвращение пыльных бурь –</li> </ol>

Категория	Определение	Услуги
Средообразующие	Формирование и поддержание условий среды, благоприятных для жизни человека и развития экономики	<p>ущерба от сноса грунта в водоемы – предотвращение ущерба от оползней и селей</p> <p>3.2. Формирование биопродуктивности почв</p> <p>3.3. Самоочищение почв от загрязнений</p> <p>3.4. Регуляция криогенных процессов</p> <p><b>4. Услуги по регулированию биологических процессов</b></p> <p>4.1. Регуляция численности живых организмов, имеющих важное экономическое значение: вредителей сельского хозяйства, вредителей леса, опылителей, инвазивных и синантропных видов</p> <p>4.2. Регуляция численности живых организмов, имеющих важное медицинское, медико-биологическое и ветеринарное значение (компоненты природных очагов заболеваний), включая мигрирующие виды</p> <p>Услуги по уменьшению интенсивности экстремальных природных явлений и сокращению ущерба от них распределены между группами 1.2, 2.1, 3.1. Услуги по биологической очистке компонентов среды (ассимиляционные услуги) распределены между группами 1.3, 2.2, 2.3, 3.3.</p>
Информационные	Полезная для человека информация и другие нематериальные блага	<p>1. Генетические и биохимические ресурсы природных видов и популяций</p> <p>2. Информация о структуре и функционировании природных систем, которая может быть использована человеком</p> <p>3. Эстетическое и познавательное значение природных систем</p> <p>4. Этическое, духовное и религиозное значение природных систем</p>
Рекреационные	Формирование природных условий для отдыха людей, совмещающее в себе компоненты из трех первых групп	<p>Формирование природных условий для следующих видов отдыха:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ежедневного отдыха рядом с домом</li> <li>– воскресного отдыха и пикников, дачной рекреации, любительской рыбалки, сбора грибов и ягод (не включая профессиональные заготовки недревесной продукции)</li> <li>– познавательного туризма на природе</li> <li>– активного туризма на природе, спортивной рыбалки и охоты</li> <li>– оздоровительного отдыха на курортах (кроме морского побережья)</li> </ul>

## Общая международная классификация экосистемных услуг (CICES)

Категории экосистемных услуг	Описание
Обеспечивающие услуги	включают в себя все материальные и зависящие от биоты энергетические ресурсы экосистем; они являются осязаемыми вещами, которые могут быть предметом обмена или торговли, а также потребляться или использоваться непосредственно людьми в производстве.
Регулирующие и обслуживающие услуги	включают в себя все способы, с помощью которых экосистемы контролируют или изменяют биотические или абиотические параметры, определяющие окружение людей, то есть все аспекты окружающей среды.
Культурные услуги	включают все нематериальные результаты экосистемы, имеющие символическое, культурное или интеллектуальное значение.

## Категории и типы экосистем, относящиеся к городской среде

Экосистемная услуга	Описание
Обеспечивающие услуги	
Пища	Экосистемы обеспечивают условия для выращивания продуктов питания. Еда происходит главным образом из управляемых агроэкосистем, а также из морских и пресноводных систем, леса и городских садоводств, они помогают обеспечить пищей для потребления человеком.
Сырье	Экосистемы обеспечивают большое разнообразие материалов для строительства и топлива, включая древесину, биотопливо и растительные масла, которые являются прямым производным от диких и культурных видов растений.
Чистая вода	Экосистемы играют жизненно важную роль в обеспечении городов питьевой водой, так как они обеспечивают подачу, хранение и очистку воды. Растительность и леса влияют на количество воды, которая доступна на местном уровне.
Медицинские ресурсы	Экосистемы обеспечивают множество растений, используемых в качестве традиционные лекарственные средства, а также обеспечивают сырьем фармацевтическую промышленность. Все экосистемы являются потенциальным источником лекарственных ресурсов.
Регулирующие услуги	
Местный климат и качество воздуха	Деревья и зеленые насаждения снижают температуру воздуха в городах. Леса влияют на количество осадков и доступность воды как на местном уровне, так и на региональном уровне. Деревья или другие растения также играют важную роль в регулировании качества воздуха путем удаления загрязняющих веществ из окружающей среды.

Экосистемная услуга	Описание
Связывание и хранение углерода	Экосистемы регулируют глобальный климат путем хранения парниковых газов. По мере роста деревьев и растений они удаляют углекислый газ из атмосферы и эффективно содержат их в своей ткани; таким образом, действуя как запасы углерода.
Умеренность критических событий	Экосистемы и живые организмы создают буферные зоны против стихийных бедствий, тем самым предотвращая или уменьшая ущерб от них. Экстремальные погодные явления или стихийные бедствия включая наводнения, штормы, цунами, лавины и оползни.
Очистка сточных вод	Заболоченные экосистемы производят фильтрации стоков. Через биологическую активность микроорганизмов в почве, большая часть отходов будут разрушены. Таким образом, патогены (болезнетворные микробы) устраняются, а уровень питательных веществ и загрязнения уменьшается.
Предотвращение эрозии и поддержание плодородия почв	Эрозия почв является ключевым фактором в процессе деградации земель, а также опустынивание и гидроэлектростанции. Растительный покров обеспечивает жизненно важную регулирующую услугу, предотвращая эрозию почвы. Плодородие почвы имеет важное значение для роста растений и сельского хозяйства. Хорошо функционирующие экосистемы обеспечивают почву необходимыми питательными веществами, чтобы поддержать рост растений.
Опыление	Насекомые и ветер опыляют растения, что очень важно для развития фруктов, овощей и семян. Животное опыление — это экосистемная услуга, предоставляемая в основном насекомыми, но также и некоторыми птицами и летучими мышами.

Экосистемная услуга	Описание
Биологический контроль	Экосистемы играют важную роль в борьбе с вредителями и переносчиками болезней, поражающие растения, животных и людей. Экосистемы регулируют вредителей и болезни посредством своей деятельности.
Среда обитания и вспомогательные услуги	
Места обитания видов	Местообитания обеспечивают все, что есть у отдельного растения или животного для выживания: еда, вода и кров. Каждая экосистема обеспечивает различные среды обитания, которые могут быть необходимы для вида. Мигрирующие виды, включая птиц, рыб, млекопитающих и всех насекомых, все они зависят от различных экосистем во время своего жизненного цикла.
Сохранение генетического разнообразия	Генетическое разнообразие (разнообразие генов между видами и внутри них, видовые популяции) это различные породы или расы, которые обеспечивают основу для генофонда и развития товарных культур.
Культурные услуги	
Отдых, психическое и физическое здоровье	Прогулки и занятия спортом в зеленых насаждениях — это хорошая форма физических упражнений, которые помогают людям расслабиться. Зеленые насаждения играют важную роль в поддержании психического и физического здоровья.
Туризм	Экосистемы и биоразнообразие играют важную роль для многих видов туризма, которые в свою очередь обеспечивают значительный экономический эффект и являются жизненно важными источниками дохода для многих стран.

## Продолжение приложения 4

Экосистемная услуга	Описание
Эстетическая оценка и вдохновение от культуры, искусства и дизайна	Язык, знания и природная среда были тесно связаны на протяжении всей человеческой истории. Источником для вдохновения были экосистемы и природные ландшафты, которые для большей части населения играют огромную роль.
Духовный опыт и чувство места	Во многих частях света есть природные особенности, такие как специфические леса, пещеры или горы, они считаются священными или имеют религиозный смысл. Природа является общим элементом всех основных религиозных и традиционных знаний, которые связаны с ними.



## Основные факторы, влияющие на экосистемные услуги в Финляндии

<p><b>Изменение в землепользовании:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Леса: продолжается крупномасштабное производство древесины, но с новым более устойчивым управлением;</li> <li>• Болота: дренаж для производства древесины, пахотного использования или производство торфа;</li> <li>• Сельское хозяйство: более интенсивное использование пахотных земель по сравнению с отказом от полустественных пастбищных угодий;</li> <li>• Городские районы: уплотнение инфраструктуры.</li> </ul>	<p><b>Демографические факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Рост населения в крупных городах против заброшенности сельских районов.</li> </ul>
<p><b>Изменение климата:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Повышение средней температуры и количества осадков;</li> <li>• Уменьшение снежного покрова;</li> <li>• Более частые штормы и наводнения;</li> <li>• Ускорение темпов разложения и усвоения питательных веществ.</li> </ul>	<p><b>Экономические факторы: потребление, производство и глобализация:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокое и растущее потребление энергии;</li> <li>• Сокращение использования не возобновляемых источников энергии;</li> <li>• Увеличение производства биоэнергии;</li> <li>• Уменьшилось количество муниципальных отходов, размещенных в наземных свалках;</li> <li>• Расширение туризма и отдыха на природе.</li> </ul>
<p><b>Биогенная нагрузка в водных объектах</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Более эффективное использование питательных веществ в сельском хозяйстве;</li> <li>• Эффективная очистка сточных вод;</li> <li>• Выщелачивание питательных веществ из лесного хозяйства и производство торфа.</li> </ul>	<p><b>Социально-политические факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Целевые показатели по сокращению выбросов парниковых газов;</li> <li>• Целевые показатели по сохранению и устойчивому использованию природных ресурсов;</li> <li>• Биоразнообразие и природные ресурсы;</li> <li>• Сокращение эвтрофикации внутренних вод за счет повышение стандартов качества воды.</li> </ul>

<p><b>Инвазивный вид:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Увеличение числа чужеродных видов в связи с изменением климата и человеческие транслокации;</li> <li>• Появление новых болезней растений и животных;</li> </ul>	<p><b>Директивы ЕС по водным ресурсам:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Переход к экологически целевому налогообложению;</li> </ul> <p>Экологическое законодательство ЕС, финансовая поддержка и политика в</p> <p><b>Директивы ЕС по водным ресурсам:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• отношении экологически устойчивой практики;</li> <li>• Культурные и религиозные факторы;</li> <li>• Растущая популярность добровольной охраны природы;</li> <li>• Растущая популярность как местных, так и этических продуктов питания.</li> </ul>
	<p><b>Наука и техника</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможное сокращение выбросов углекислого газа за счет прогрессивных технологий;</li> <li>• Повышение значимости экологического бизнеса и биотехнологические инновации (Cleantech)</li> </ul>

Классификация экосистемных услуг водных объектов и ключевых «товаров» и услуг (Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

Экосистемные услуги водных объектов: «товары» и услуги	Пример
Обеспечивающие услуги	
Пища	Рыбная продукция
Чистая вода	Хранение и удержание водных ресурсов
Волокно и топливо	Производство древесины
Биохимическая	Извлечение материалов из водной биоты
Генетический материал	Извлечение генов из водной биоты
Регулирующие услуги	
Регулирование климата	Обеспечение поглощения парниковых газов
Регулирование водного режима (гидрология)	Пополнение подземных вод
Очистка воды и обработка отходов	Фильтрация воды (например, удаление загрязнителей)
Регулирование эрозии	Удержание отложений
Регулирование природной опасности	Смягчение последствий наводнений
Поддерживающие услуги	
Почвообразование	Накопление органического вещества
Питательный круговорот	Хранение питательных веществ
Культурные услуги	
Духовные и вдохновляющие	Источник вдохновения
Рекреационные	Предоставление возможностей для отдыха
Эстетические	Эстетическая красота
Образовательные	Обеспечение возможностей для образования и исследований

Классификация экосистемных услуг в соответствии с жизнеобеспечивающей функцией биоразнообразия водных экосистем

Группа экосистемных услуг	Масштаб действия	Пример экосистемных услуг	Показатели	Пример рекреационного компонента
Производственные	Национальный, региональный	Производство рыбы	Сырьевая база, годовой улов	Любительское и спортивное рыболовство
Средообразующие	Региональный, т.е. бассейновый и локальный	Регуляция гидросферы, в том числе биологическая очистка воды	Объём стока, показатели качества воды	Формирование природных условий для отдыха, активного туризма
Информационные	Национальный, региональный, локальный	Генетические, познавательные	Видовой состав, уникальные виды	Познавательный туризм, наблюдение за редкими видами
Духовно-эстетические	Региональный, локальный	Эстетические, духовно-религиозные	Наличие уникальных биотопов, святых источников и др.	Экологический, паломнический туризм

## Обзор методик по оценке экосистемных услуг водных объектов

[составлено автором]

Автор работы, год, страна	Работа	Смысл работы	Какие экосистемные услуги оценивали
Гучгельдыев О., 2013, Казахстан	Руководство по экономической оценке экосистемных услуг, связанных с водными ресурсами	Обзор экономической оценки экосистемных услуг водных объектов	Водные экосистемы
Bruna Grizzetti, Denis Lanzanova, Camino Liqueste, Arnaud Reynaud, 2015, ООН	Cook-book for water ecosystem service assessment and valuation	Водные экосистемы соответствует анализу с экологического состояния водных объектов и, с другой стороны, оказание экосистемных услуг.	Водные экосистемы: озера, реки, переходные воды, прибрежные воды, подземные воды, пресноводные водно-болотные угодья, прибрежные водно-болотные угодья, прибрежные зоны, поймы
Professor Siegfried Demuth, Division of Water Sciences, 2015, UNESCO	Water Ecosystem Services: A Global Perspective	1) Биофизический анализ; 2) Экономическая оценка	Водные экосистемы

Автор работы, год, страна	Работа	Смысл работы	Какие экосистемные услуги оценивали
B. Grizzetti*, D. Lanzanova, C. Liquete, A. Reynaud, A.C. Cardoso, 2016, Италия	Assessing water ecosystem services for water resource management	Подход, который был разработан, организован в четыре этапа: 1) определение области применения; 2) отношения между давлением, экологическим статусом и экосистемными услугами; 3) биофизическая оценка экосистемных услуг; 4) экономическая оценка	Водные экосистемы
Соловьева С.В., 2018, Россия	Оценка экосистемных услуг для управления природным наследием	Концепция общей экономической ценности (стоимости). Концепция представляет собой комплексный подход к оценке экосистем, попытке учесть не только ресурсные экосистемные услуги, но и регулирующие, и культурологические природные услуги, является наиболее перспективной среди имеющихся экономических подходов.	Экономическая ценность водных экосистем

Автор работы, год, страна	Работа	Смысл работы	Какие экосистемные услуги оценивали
Yilikal Anteneh, Gete Zeleke, Ephrem Gebremariam, 2019, Эфиопия	Valuing the water supply: ecosystem-based potable water supply management for the Legedadie-Dire catchments, Central Ethiopia	Экономическая оценка водных объектов на территории города Аддис-Абеба	Специфичные характеристики водоснабжения
Yajnamurti Khanal, Ram P, Sharmam 2010, Непал, Индия	Economic valuation of water supply service from two community forests in Palpa district	Метод условной оценки (CVM), форма «метода заявленных предпочтений». CVM позволяет людям, которые извлекают выгоду из определенного ресурса передать исследователям непосредственно через опросы, что они готовы платить за экосистемные услуги или некоторые улучшения состояния окружающей среды	Водные объекты

Автор работы, год, страна	Работа	Смысл работы	Какие экосистемные услуги оценивали
Ivana Lampartova, Jiri Schneider, Jiri Cenek, Ondrej Konecny, 2017, Чехия	Экосистемные услуги рек в городах	Метод оценки рекреационного эффекта регулирования водотоков	Методическая процедура оценки рекреационного эффекта регулирования водотоков основана на оценке шести показателей, их критериев и элементов из трех областей.
Cailian Hao, Denghua Yan, Tianling Qin, Cheng Zhang, Jun Yin, 2017, Китай	Water Ecosystem Services and Their Value—a Case Study in Luan River Basin, North China	Экономическая оценка водных объектов	Методы расчета экономической ценности экосистемных услуг водных объектов включает метод рыночной стоимости, стоимость облесения, готовность платить, метод отражения, метод замещающей стоимости, метод стоимостных и трансфертных выплат по различным характеристикам.



## Продолжение приложения 8

Автор работы, год, страна	Работа	Смысл работы	Какие экосистемные услуги оценивали
Ivana Lampartova, Jiri Schneider, Jiri Senek, Ondrej Konecny, 2017, Чехия	Экосистемные услуги рек в городах	Метод оценки рекреационного эффекта регулирования водотоков	Методическая процедура оценки рекреационного эффекта регулирования водотоков основана на оценке шести показателей, их критериев и элементов из трех областей.
Cailian Hao, Denghua Yan, Tianling Qin, Cheng Zhang, Jun Yin, 2017, Китай	Water Ecosystem Services and Their Value—a Case Study in Luan River Basin, North China	Экономическая оценка водных объектов	Методы расчета экономической ценности экосистемных услуг водных объектов включает метод рыночной стоимости, стоимость облесения, готовность платить, метод отражения, метод замещающей стоимости, метод стоимостных и трансфертных выплат по различным характеристикам.

Возможные способы оценки экосистемных услуг водных объектов северных городов (Millennium Ecosystem Assessment, 2005, с изменениями автора)

Экосистемные услуги водных объектов: «товары» и услуги	Пример	Производство	Спрос
Обеспечивающие услуги			
Чистая вода	Предоставление пресной воды	Квота изъятия водных ресурсов из водных объектов (Росстат)	Информация о водных ресурсах, забранных из природных водных объектов городов (Росстат)
Пища	Рыбная продукция	Рыбопродуктивность озёр и рек по книге Экология рыб Обь-Иртышского бассейна (25 кг. с гектара акватории)	По данным Росстата на 1 россиянина приходится 21,7 кг рыбы
Рекреационные услуги			
Рекреационные	Предоставление возможностей для отдыха	Оценка качества рекреационных возможностей территории (Рекреационный эффект регулирования водотоков); площадь территорий пригодных для рекреации	ГОСТ 17.1.5.02-80 Охран природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов; временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок
Регулирующие услуги			
Очистка воды и обработка отходов	Фильтрация воды (например, удаление загрязнителей)	Прототип национального доклада, том №1	Данные о сбросе сточных вод предприятиями

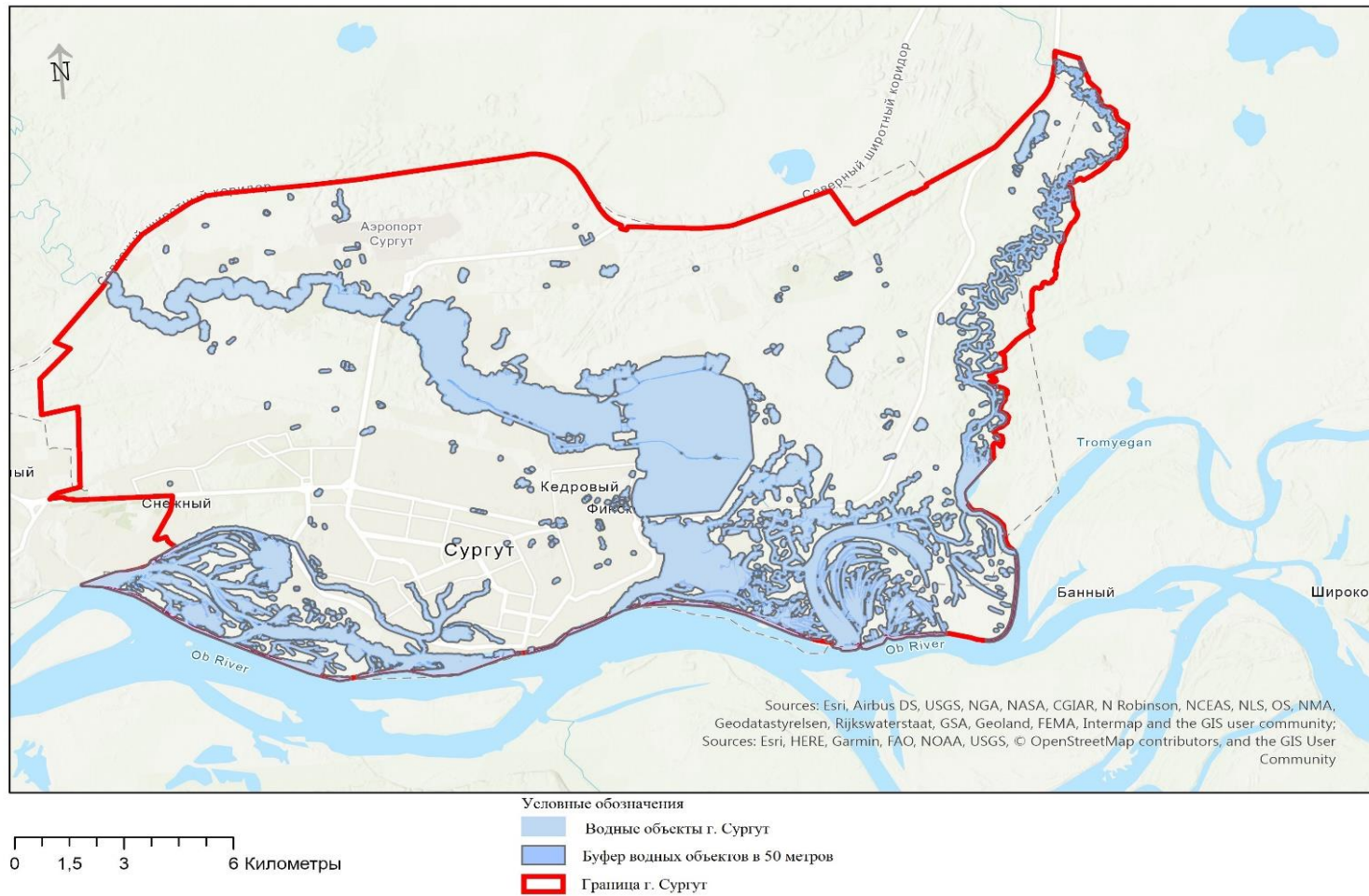
## Продолжение приложения 9

Экосистемные услуги водных объектов: «товары» и услуги	Пример	Производство	Спрос
Регулирование природной опасности	Смягчение последствий наводнений	Прототип национального доклада, том №1	Площадь территорий потенциального затопления (материалы генерального плана города Сургут)
Информационные услуги			
Эстетические	Эстетичность	Эстетический потенциал территории (Матошина, Вдовюк, 2010)	Опрос местных жителей, готовность платить
Образовательные	Обеспечение возможностей для образования и исследований	Площадь разнообразия естественных экосистем	Количество образовательных и научных организаций

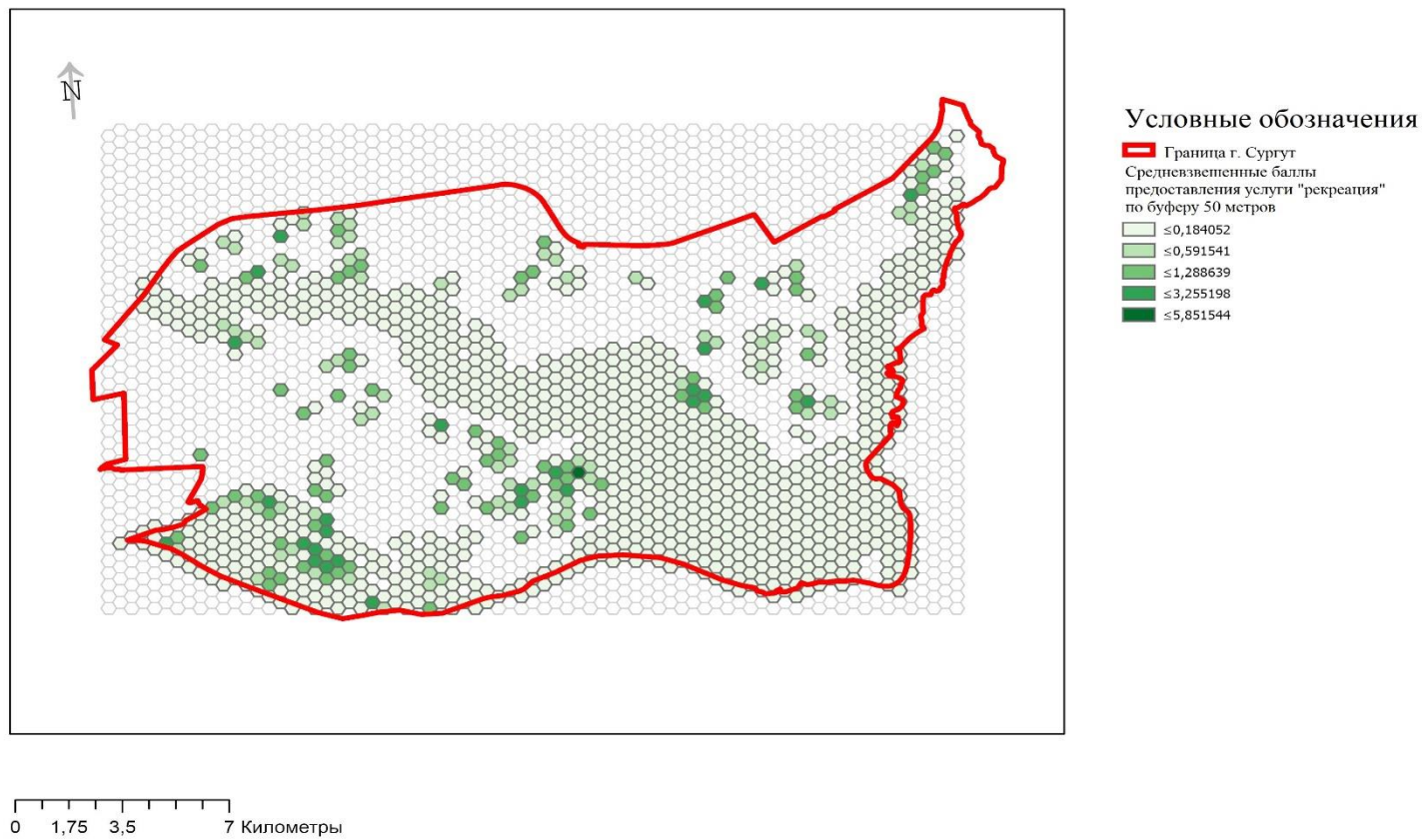
Карта-схема расположения водных объектов на территории города Сургута



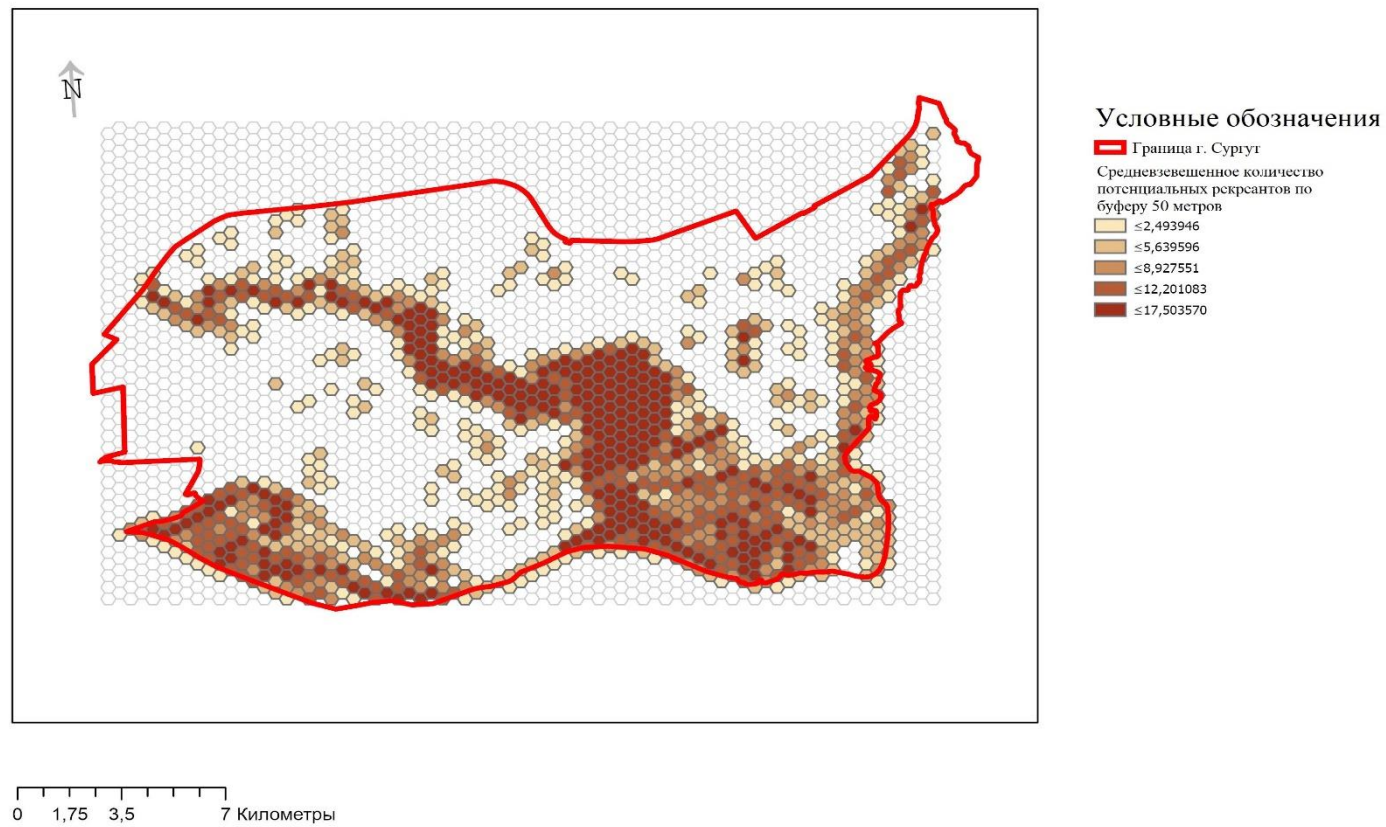
## Карта-схема прибрежных зон водных объектов города Сургута



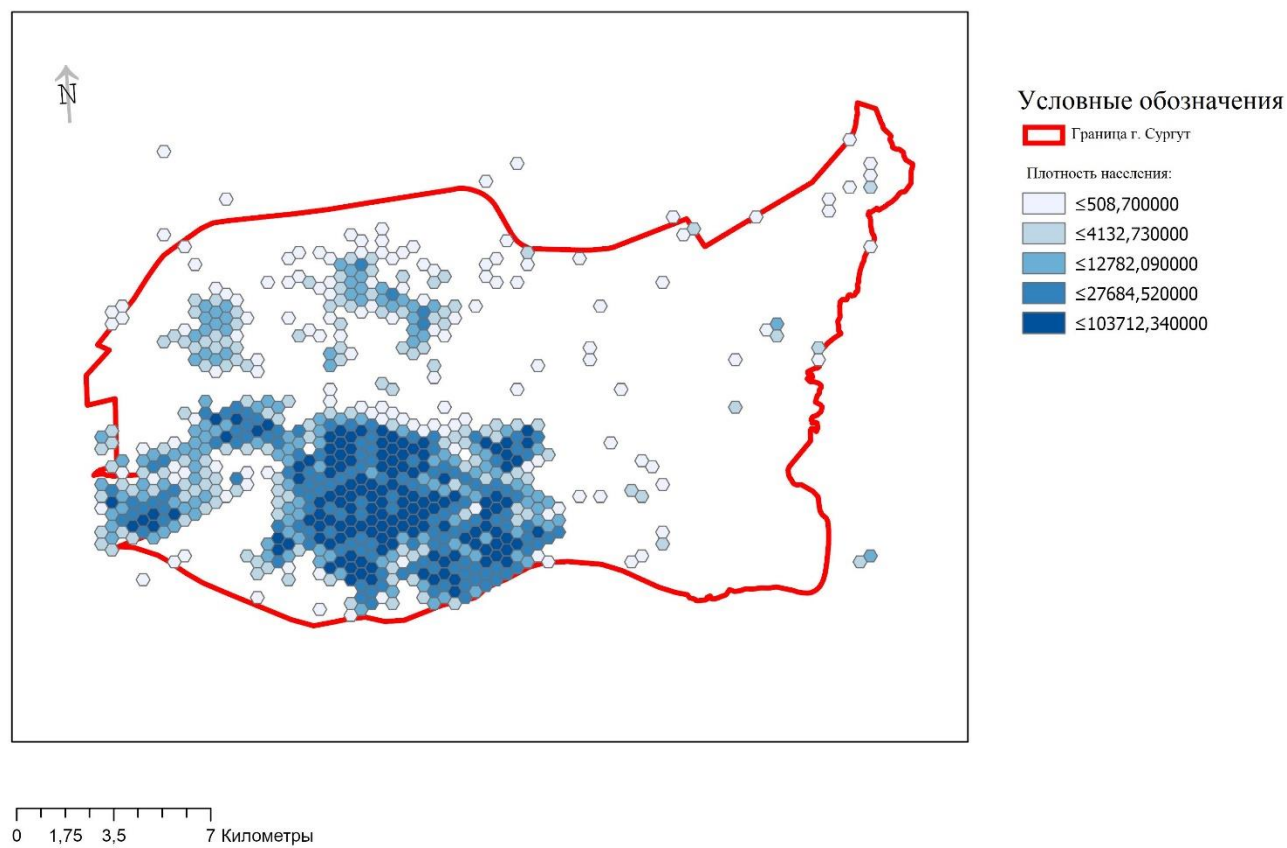
## Карта-схема результатов балльной оценки предоставления экосистемной услуги «рекреация»



## Карта-схема оценки предоставления экосистемной услуги «рекреация» - предельное количество рекреантов



## Карта-схема плотности населения города Сургут

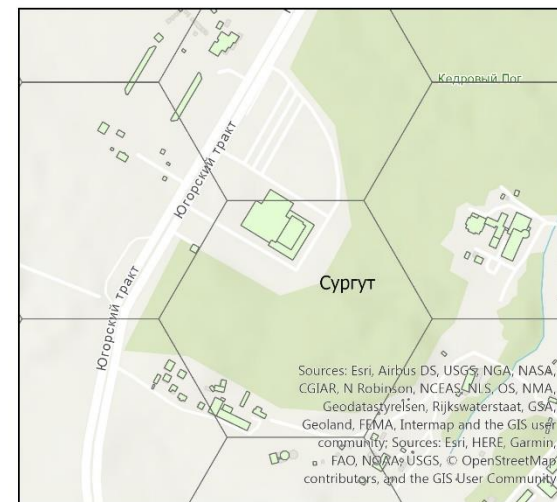
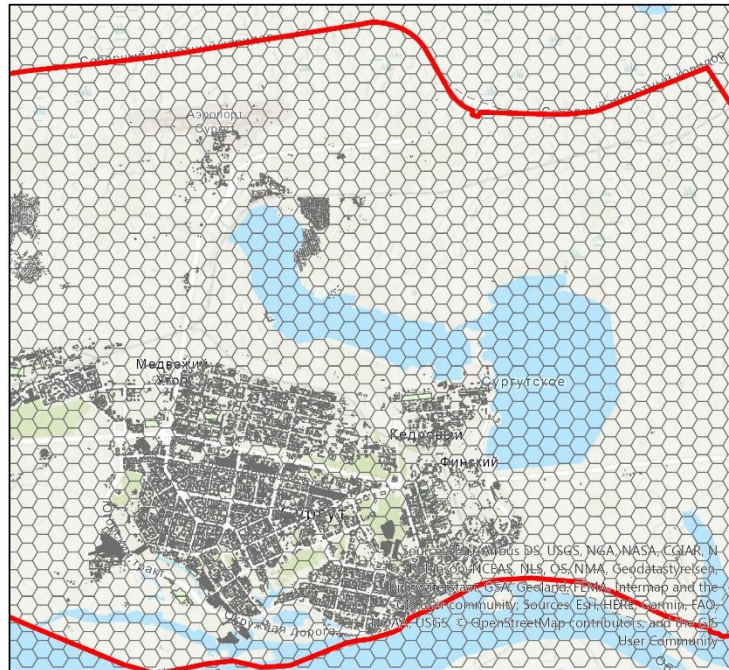




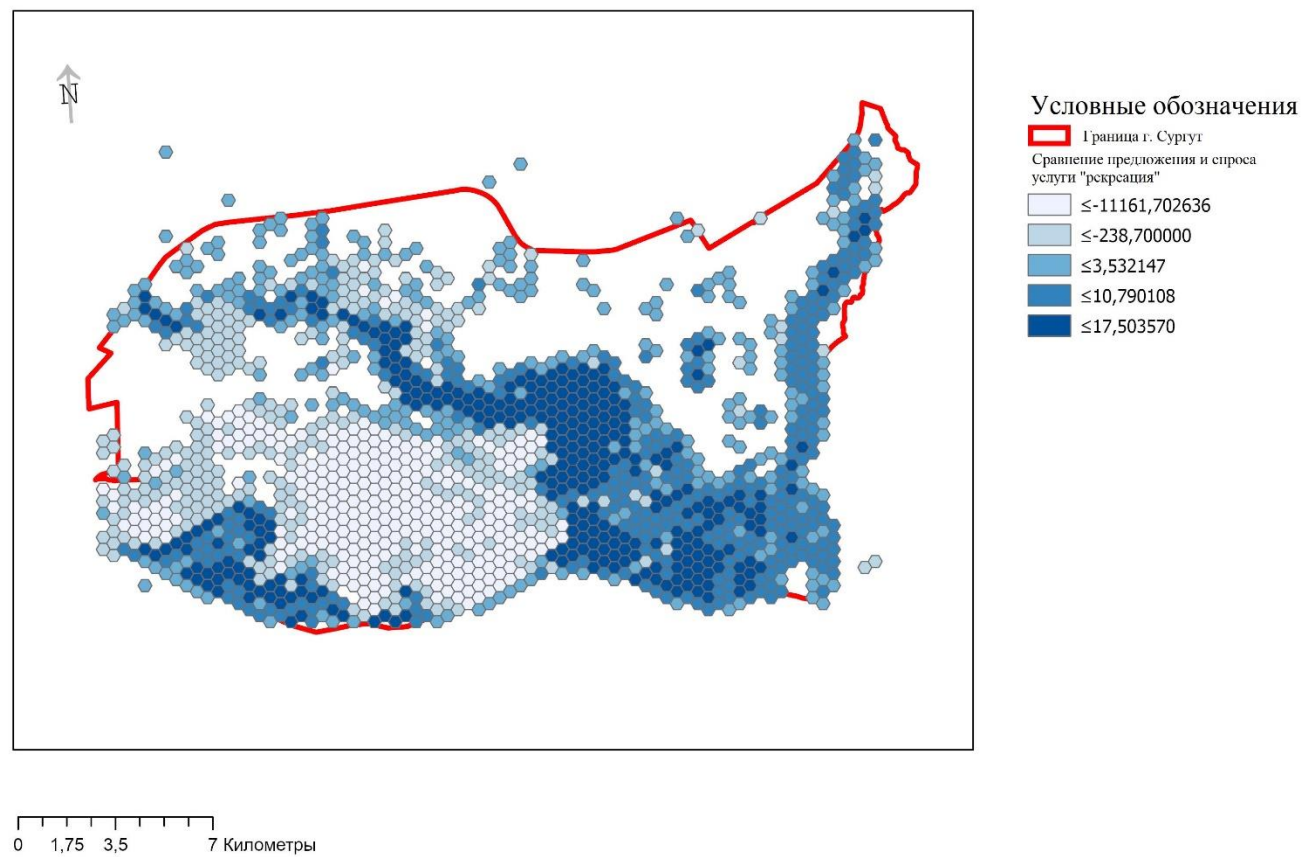
## Карта-схема зданий на территории города Сургут



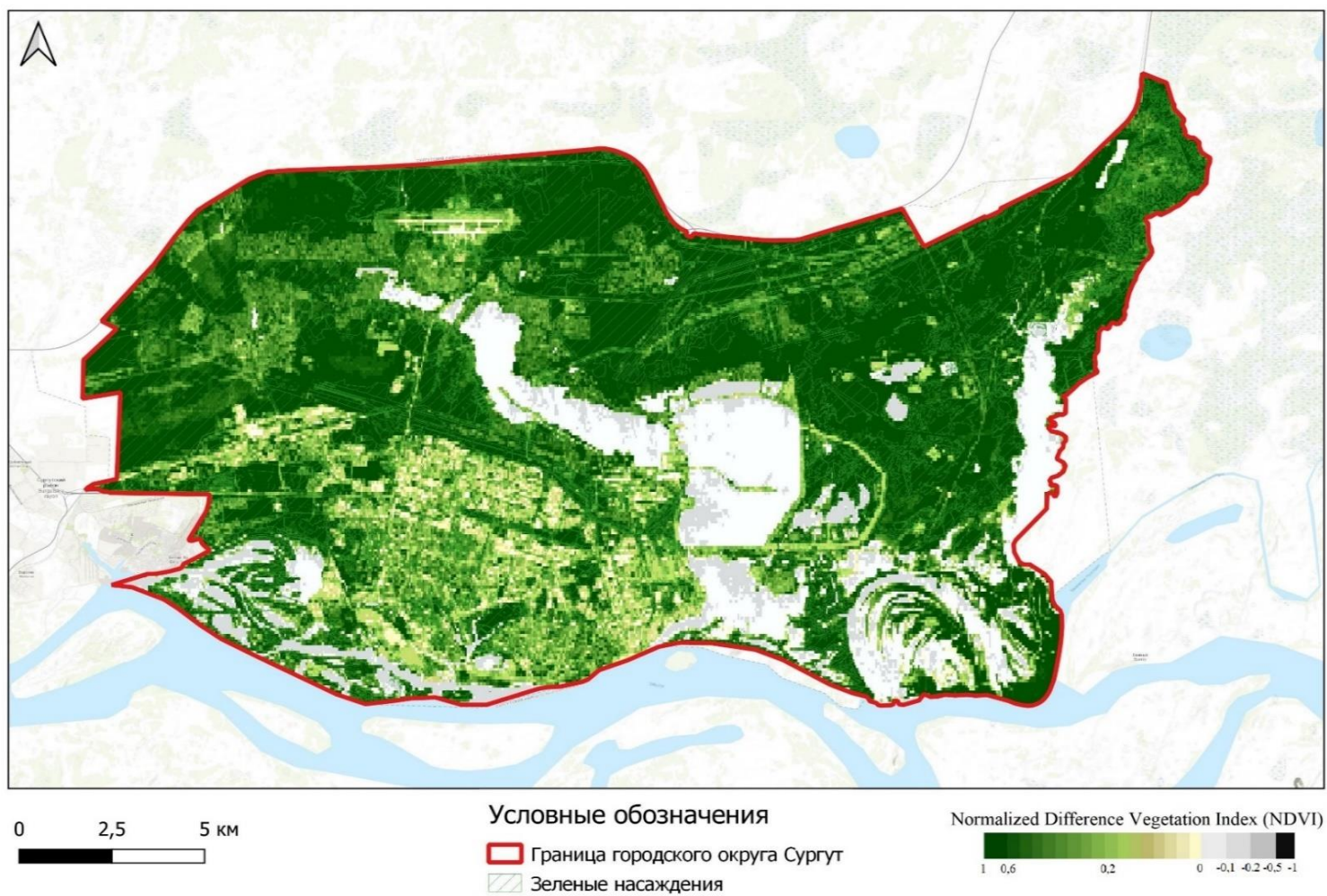
## Карта-схема фрагмента шестиугольной 250-метровой сетки для агрегирования данных



## Карта-схема сравнительного анализ спроса и предложения экосистемной услуги «рекреация»



## Карта-схема количества и качества зеленой инфраструктуры на территории городского округа Сургут



## Карта-схема распределения температуры на территории городского округа Сургут



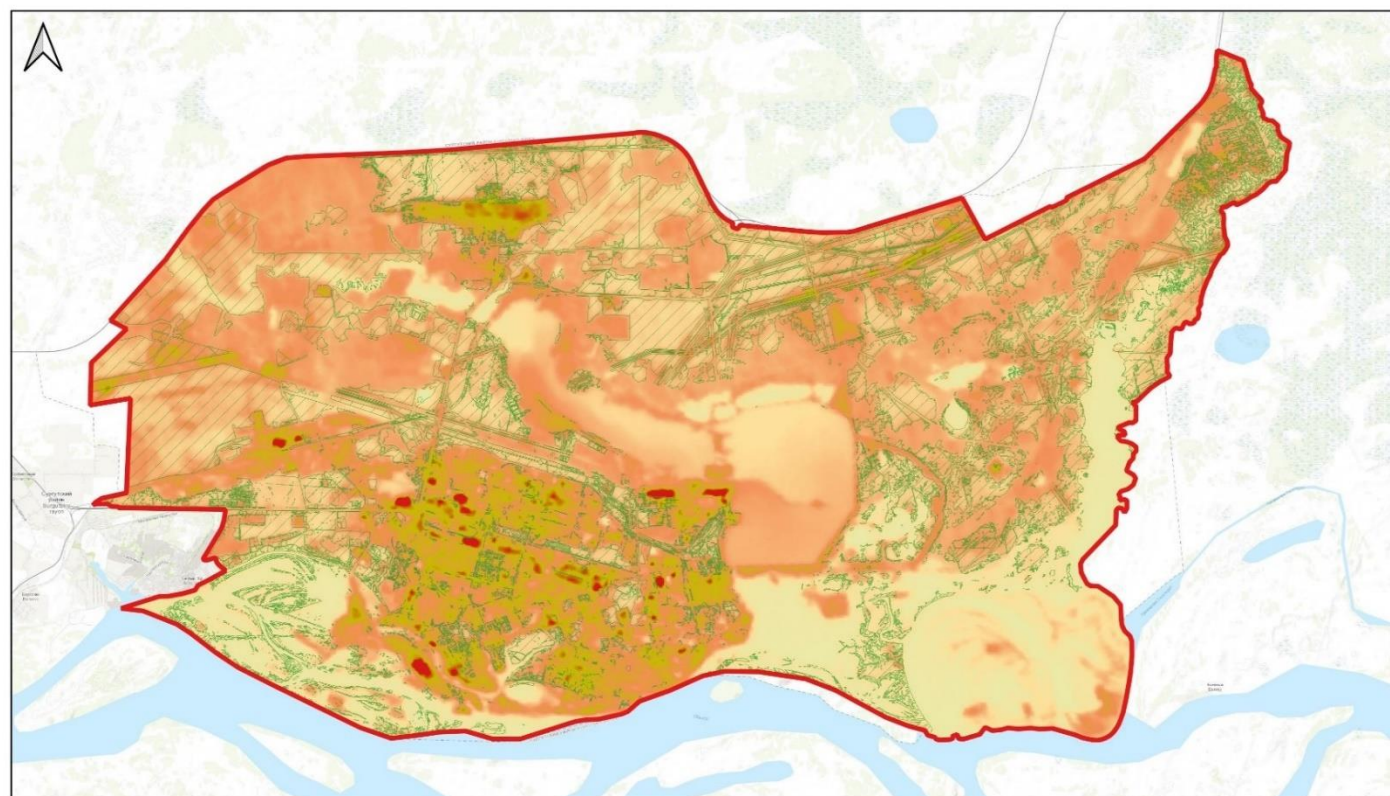
## Условные обозначения

Температура  
°C  
25,70874  
0

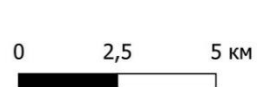
Граница городского округа Сургут  
Зеленые насаждения

0 2,5 5 км

## Карта-схема распределения комфортной температуры на территории городского округа Сургут



## Условные обозначения



- Граница городского округа Сургут
- Зеленые насаждения