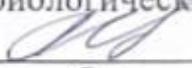


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ  
Кафедра геоэкологии и природопользования

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ В ГЭК  
Заведующий кафедрой  
доктор биологических наук., доцент  
 А.В. Синдирева  
30.06. 2023 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
магистерская диссертация

ОЦЕНКА ВЫНОСА НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ЗАГРЯЗНЕННЫХ  
ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ (НА ПРИМЕРЕ  
ПРАВОБЕРЕЖНЫХ ПРИТОКОВ)

05.04.06 Экология и природопользование  
Магистерская программа «Геоэкология нефтегазодобывающих регионов»

Выполнила работу  
студентка 2 курса  
очной формы обучения



Барыло Алена Андреевна

Руководитель  
к.г.н., доцент



Хорошавин Виталий Юрьевич

Рецензент  
к.г.н., заместитель начальника  
лаборатории научно-  
методического сопровождения  
водопользования и  
природоохранной деятельности  
при разработке месторождений  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»



Южаков Андрей Александрович

Тюмень  
2023 год

## ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СМЫВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ .....	7
1.1. ИСТОЧНИКИ РАССРЕДОТОЧЕННОГО (ДИФФУЗНОГО) ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	10
1.2. ТИПЫ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНАХ.....	11
1.3. МОДЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ РАССРЕДОТОЧЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	13
1.4. ЭМПИРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ДИФФУЗНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ .....	15
1.5. ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ НЕТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	16
ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	20
2.1. ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ.....	22
2.2 ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ .....	22
2.3. ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ .....	23
ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ВЫНОСА НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ С РЕЧНЫМ СТОКОМ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ.....	27
3.1. ЛАНДШАФТНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ.....	27
3.2. РАСЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ .....	40
3.3. РАЗЛИВЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ВОДОСБОРАХ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ.....	46
3.4. РАСЧЕТ СУММАРНОГО ГОДОВОГО ВЫНОСА НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	59
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	65

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГСМ – горюче-смазочные материалы

ЗВ – загрязняющее вещество

ЛГМ – Ландшафтно-гидрологический метод

ММП – многолетнемерзлые породы

НУВ – нефтяные углеводороды

ПДК – предельно допустимая концентрация

СПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества

СФК – стокоформирующий комплекс

ХМАО – Ханты-Мансийский автономный округ

ЦИИГ – Центр индустриального инжиниринга и геоинформатики

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы состоит в том, что в северных районах расположены десятки действующих месторождений нефти и газа, и в результате активной хозяйственной деятельности на нефтепромысловых территориях, окружающая среда сильно подвергается загрязнению нефтяными углеводородами. На водосборных территориях, по труднодоступной болотистой местности северных районов, проложены тысячи километров нефтепроводов, что повышает риск возникновения загрязнения речных водоемов при аварийных ситуациях и приводит к понижению качества водных ресурсов.

Многочисленные нефтепромысловые объекты, расположенные в пределах территории бассейна Среднего Приобья, сбрасывают в речную воду огромное количество сточных вод, включающих в себя нефтепродукты. Однако, наибольшая часть нефтяных углеводородов попадает в водоемы через рассредоточенные источники, распределенные по всей водосборной территории [Шорникова Е.А., 2004, с.28].

Помимо этого, поверхностный сток в период ливневых дождей, паводков и таяния снега может содержать огромное количество техногенных загрязнителей, включая нефтепродукты, вызванные аварийными ситуациями на нефтепроводах [Шорникова Е.А., 2007, с.26].

Водные экосистемы подвергаются угнетению, вследствие загрязнения нефтяными углеводородами малых рек.

Целью исследования является оценить количество смыва нефтяных углеводородов с загрязненных водосборов малых рек Среднего Приобья, поступающих от рассредоточенных источников.

Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

1. Изучить существующие подходы и методы оценки выноса нефтяных углеводородов с загрязненных водосборов малых рек, поступающих от рассредоточенных источников.

2. Охарактеризовать природные условия Среднего Приобья с целью последующего анализа условий формирования стока с водосборных территорий правобережных притоков р. Оби (р. Моховая, р. Почекуйка).

3. Провести количественную оценку смыва нефтяных углеводородов с нефтезагрязненных водосборов малых рек Среднего Приобья поступающего с поверхностным стоком.

Объектом исследования в данной работе выступают водосборы малых рек Среднего Приобья (р. Моховая, р. Почекуйка).

Предметом исследования является вынос нефтяных углеводородов с загрязненных водосборов малых рек Среднего Приобья (р. Моховая, р. Почекуйка).

При достижении цели и решении задач исследования, в ходе работы были использованы ландшафтно-гидрологический подход (ЛГП), картографический метод, а также теоретические методы: анализ, синтез.

В данной работе в качестве источников информации были использованы литературные материалы по теме исследования как отечественных, так и зарубежных ученых. Также источниками информации послужили картографические материалы, отчеты по научно-исследовательским работам.

Практическая значимость заключается в том, что полученные результаты могут быть применены для решения водно-экологических проблем при разработке и освоении новых территорий; для оценки современного экологического состояния водных ресурсов; возможна экстраполяция закономерностей смыва нефти, выведенных для некоторых правобережных притоков р. Оби на другие нефтегазодобывающие районы Западной Сибири.

Положения, выносимые на защиту:

1. Загрязнение нефтяными углеводородами, поступающими от рассредоточенных источников, приводит к значимой трансформации вод малых рек Среднего Приобья. В речной воде наблюдается увеличение содержания концентрации нефтяных углеводородов от до 2,4 мг/л.

2. В условиях нефтегазодобычи на территории Среднего Приобья, любая малая река, которая является притоком первого порядка р. Оби, способна выносить до нескольких десятков тонн нефтяных углеводородов в год.

Научная новизна данной работы заключается в том, что впервые был применен ландшафтно-гидрологический подход в оценке количества смыва нефтяных углеводородов с загрязненных водосборов малых рек Среднего Приобья, поступающих от рассредоточенных источников под влиянием развития нефтегазодобычи на водосборной территории (на примере правобережных притоков).

Работа состоит из списка сокращений, введения, трех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Текстовая часть представлена на 35 страницах и содержит 15 таблиц, 8 рисунков. Список литературы содержит 57 источников, 14 приложений состоят из 12 карт и 2 расчетов.

## ГЛАВА 1. СМЫВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В данной главе затрагивается проблема поступления нефтяных углеводородов с загрязненных водосборов малых рек в речные водоемы, также приведено понятие источников рассредоточенного загрязнения. Рассмотрены типы источников загрязнения в нефтегазодобывающих районах и приведены модели, используемые для оценки загрязнения водных объектов от неточечных источников, включающих эмпирические и детерминированные методы оценки диффузного загрязнения.

Хозяйственная деятельность человека оказывает сильную нагрузку на окружающую среду и способствует возникновению проблем с качеством водных ресурсов в Западной Сибири, как на локальном, так и на глобальном уровне [Моисеенко, Шалабодов, Гашев, с.13-19]. Таким образом, принятие верных решений в области рационального управления природопользованием, это основа как для оценки качества водных ресурсов, так и для определения источников, масштабов и динамики загрязнения. Аварии на нефтепроводах во время транспортировки сырья выступают одним из основных следствий снижения качественного состояния речных вод. Нефтепромысловые компании региона каждый год фиксируют от 3 до 5 тысяч аварий, в следствие которых образуется до 300 гектар земель, загрязненных нефтепродуктами. Поступление нефтеуглеводородов (далее – НУВ) в речную воду также может происходить во время эксплуатации месторождений с помощью миграции и рассеивания [Биохимическая трансформация нефтяных..., с.38-48]. Природные процессы, такие как выпадение осадков, смыв поверхностного стока, выполняют значительную роль при попадании загрязняющих веществ речную воду, включая нефтеуглеводороды [Московченко, Убайдулаев, с.5-16].

Случаи прямого попадания нефти в водоемы при разливах являются редкими. Согласно отчетам об авариях, прямой сброс нефти в реки и озера на лицензионных участках происходит гораздо реже, чем рассредоточенный. Это

соответствует мнению, что диффузные источники нефтяного загрязнения преобладают над точечными источниками [Калинин, 2001, с.11-21; Калинин, 2010, с.222; Хорошавин, 2004, с.105-130].

Разведочное бурение несет большой риск для экологии, так как при освоении месторождений, количество проб, отобранных из поверхностных водных источников имеет превышение ПДК, в следствие формирования длительного загрязнения земель на данной территории.

Согласно наблюдениям, при долговременном простое скважин происходит загрязнение почв горюче-смазочными материалами (ГСМ), ниже по течению реки на каждой второй разведочной площадке присутствует загрязнение НУВ [Соромотин, с.47].

Антропогенное воздействие в нефтепромысловых районах приводит к попаданию в водоемы НУВ, к повышенной минерализации воды, и загрязнению другими химическими веществами. Отмечается, что в речных водоемах на северных территориях Тюменской области в среднем содержание НУВ находится в диапазоне 0,1-0,19 мг/дм<sup>3</sup> при отсутствии прямого загрязнения [Информационный бюллетень..., с.117]. Нефтепродукты переносятся в реки ветром из мест утечки и вымываются из атмосферы осадками, что приводит к высоким фоновым концентрациям из-за содержания в них нефти. Качество воды рек в водосборных бассейнах значительно ухудшается из-за аварий на нефтепромыслах и трубопроводах, связанных с разливами, прямым сбросом сточных вод, смыванием нефтепродуктов с загрязненных территорий. Установленные концентрации для питьевой воды и рыбохозяйственных водоемов в 2 и 4 раза превышают ПДК, концентрация нефтепродуктов составляет 2 мг/дм<sup>3</sup> [Оценка объемов нефтезагрязнений..., с.25-29].

Нефтепроводы в районах добычи нефти и газа подвержены коррозии, что может привести к авариям в связи с большим сроком службы трубопроводных сетей. Аварийные разливы нефти вызывают загрязнение атмосферы, почв и растительных комплексов нефтепродуктами, а также сульфатами и хлоридами в

пластовых водах, что приводит к загрязнению рек и других экосистем [Использование космических снимков..., с.55-60].

Реки зачастую становятся приемником для сточных вод с нефтегазопромысловых объектов, городских и сельских очистных сооружений, а также автомобильных предприятий. Сточные воды содержат различные загрязнители, такие как высокомолекулярные углеводороды, азот, фосфор, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), взвешенные частицы, хлориды и сульфаты. Водоемы с Западной Сибири являются очень важными для рыбного хозяйства из-за наличия на их территории таких ценных видов рыб как нельма, муксун и стерлядь. Поверхностные воды загрязнены НУВ, опасными для живых организмов [Коробов, с.116-118]. Разрушение нерестилищ и нагульных угодий, нарушение естественной аэрации, деградация рыбной продукции, токсическое воздействие на рыб – все это последствия загрязнения водоемов [Хорошавин, Моисеенко, с.518-529].

В реки сбрасываются сточные воды нефтегазопромысловых, городских и сельских очистных сооружений, а также транспортных предприятий. Они содержат НУВ, азот, фосфор, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), взвешенные вещества, хлориды и сульфаты. Водоемы севера Западной Сибири имеют высокое значение для рыбного хозяйства, так как здесь обитают такие ценные виды, как нельма, муксун, стерлядь.

Поверхностные воды загрязнены НУВ, опасными для живых организмов [Коробов, с.116-118]. Разрушение нерестилищ и нагульных угодий, нарушение естественной аэрации, деградация рыбной продукции, токсическое воздействие на рыб – все это последствия загрязнения водоемов [Хорошавин, Моисеенко, с.518-529].

Для охраны водных и биологических ресурсов необходимо знать какое количество НУВ выносится с неточечных источников и какой вклад они оказывают на загрязнение водных экосистем. В научных трудах имеется довольно большое количество информации о том, что данные источники являются одной из главных причин загрязнения речных водоемов [Калинин,

2010, с.222; Калинин, 2001, с.11-21; Михайлов, с.1-130; Хорошавин, 2005, с.180; Methods for identifying..., p.259; Novotny, Chesters, p.545; Price, p.1527-1533; Vollenweider, p.53-69; Wilhelm, p.228].

Для предотвращения аварий на нефтепроводах и снижения вероятности загрязнения природной среды, анализ экологических рисков включает выявление потенциальных источников разливов, расчет объемов разливов нефти, диагностику природно-ресурсных и хозяйственных объектов, которые могут быть загрязнены при утечках нефти, разработку сценариев поведения нефти в природной среде [Использование космических снимков..., с.55-60].

Определение содержания нефти или нефтепродуктов в водных экосистемах является сложной задачей, и, несмотря на многочисленные достижения за долгие годы, во многих областях до сих пор остаются нерешенные аспекты [О некоторых методических..., с.225-235].

### 1.1. ИСТОЧНИКИ РАССРЕДОТОЧЕННОГО (ДИФфуЗНОГО) ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Термин «диффузное загрязнение» не имеет официального или нормативного определения. Используются различные вариации названия данного термина, но смысловое значение сводится к одному, несмотря на различия его интерпретации среди авторов. В данной работе мы представим наиболее распространенное определение [Слабунова, Суровикина, с.124-139].

Источники диффузного загрязнения вод – рассредоточенные источники, посредством которых происходит перемещение загрязнителей, в поверхностные и грунтовые воды с водосборной площади, в результате эксплуатации нефтяных месторождений. Таким образом, вынос нефтяных углеводородов в речную сеть происходит от рассредоточенных источников со всего водосборного бассейна [Ясинский, с.232-244].

Неочищенные водоемы и водохранилища подвергаются эвтрофикации за счет поступления диффузных загрязняющих веществ (биогенов) в поверхностный и подземный сток [Changes in runoff..., p.4].

Загрязнение, поступающее от рассредоточенных источников, может нанести серьезный ущерб окружающей среде вымываясь с территории вместе с поверхностным стоком во время наступления паводков или обильного выпадения атмосферных осадков. Вопреки этому, антропогенная деятельность в водоохраных зонах рек, являющихся также питьевыми источниками, регулируется недостаточно строго. Негативное влияние этого воздействия на качество воды подтверждается загрязнением водоемов [Слабунова, Суровикина, с.124-139].

Многие авторы научных трудов придерживаются мнения о том, что на сегодняшний день очень важно обращать внимание на такую масштабную проблему как загрязнение поверхностных водоемов и ухудшение качества вод от рассредоточенных источников.

## 1.2. ТИПЫ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНАХ

Несмотря на разнообразие причин деградации природных вод, типы источников разделяют на точечные и неточечные.

Точечные источники, такие как сточные воды, оказывают стабильный характер воздействия на загрязнение окружающей среды, в силу того, что они имеют небольшое количество определяемых характеристик и незначительно изменяются. Погодные условия не влияют на количество распространения загрязнений на подвергающейся воздействию территории [Михайлов, с.1-130].

В то время как неточечные источники отличаются стремительным характером в плане изменений. Варьирование их показателей сложно предвидеть. Объем загрязнения от таких источников напрямую зависит от

погодных условий, преимущественно от количества выпадающих осадков [Михайлов, с.1-130].

Концентрация загрязненных вод (стоков) в конкретной точке связана с точечными загрязнениями, которые легко обнаруживаются и локализируются в пространстве. Сброс бытовых и промышленных отходов – хорошо известный пример. В целом эти два признака устойчивы во времени и тесно связаны с применяемыми технологическими процессами и требованиями водопотребления для данного производства, а также с принятой схемой и глубиной очистки сточных вод. Этот тип источников хорошо подходит как для внутреннего (ведомственного), так и для внешнего контроля со стороны надзорных органов [Михайлов, с.1-130].

Рассмотрим неточечные источники более подробно. К ним следует отнести источники загрязнения, которые формируются в более крупном пространственном масштабе и зависят от степени хозяйственного освоения окружающего природного ландшафта. Загрязнение водоемов в природе носит диффузный характер и обусловлено в первую очередь такими факторами, как подстилающая поверхность, качество воздуха, тип почвы, растительный покров, землепользование или техногенное воздействие [Михайлов, с.1-130].

Контроль точечных источников более прост, чем контроль неточечных источников, что усложняет задачу. Кроме того, неточечные источники не регулируются универсальной системой мониторинга из-за их уникальных характеристик. Степень их воздействия на водные объекты может быть не сразу очевидна, что затрудняет методологическое определение. Хотя, неточечные источники имеют более низкие концентрации загрязняющих веществ, их территориальный охват выше, и суммарно они вносят вклад в загрязнение водоемов больше [Диффузное загрязнение водных..., с.512].

Данные исследования и работы, проведенные в нашей стране, свидетельствуют о том, что диффузное загрязнение оказывает существенное влияние на качество воды в водоемах [Нежиховский, с.230; Кирпичникова, с.26; Selezneva, Seleznev, p. 636-640].

Наиболее значимыми факторами, способствующими загрязнению на месторождениях нефтью, являются межпромысловые трубопроводы, которые при выходе из строя становятся основным источником загрязнения [Астапенко, с.8].

Неправильное использование земель является существенной причиной диффузного загрязнения, что отмечается в исследованиях зарубежных авторов [Novotny, Chesters, p.545; Novotny, p.1404-1413].

### 1.3. МОДЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ РАССРЕДОТОЧЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Модели, применяемые для оценки загрязнения водных объектов от рассредоточенных источников, подразделяются на эмпирические и детерминированные.

Эмпирические модели основываются на сборе и анализе вычислительных данных, применяются математические методы для расчетов. Статические и динамические методы различаются в стохастическом моделировании, в монографии представлена подробная информация о каждом из них в зависимости от того, включена ли в модель временная переменная [Страшкраба, Гнаук, с.376].

Чем больше наблюдений за исследуемой системой, тем более точными и надежными становятся эмпирические модели. Модель, использующая большое количество экспериментальных данных, может дать положительные результаты. Но физическая сущность моделируемого явления при выходе за пределы диапазона теряется, а применяемый математический метод начинает влиять на результаты прогнозных расчетов [Михайлов, с.1-130].

Эмпирические методы применяются для работы с объемным количеством выходных параметров при мониторинге гидрологических характеристик различных ландшафтов и постоянно оптимизируются. Выходные данные, в большинстве своем, не оказывают влияния на данные

модели, в виду чего, процесс их применения сильно упрощается, этих параметров достаточно, чтобы составить прогноз для принятия решений заранее. Благодаря этому преимуществу данные модели пользуются широким спросом в применении на практике. Эмпирические методы учитывают взаимосвязь показателей поверхностного стока и условиями, формирующими его образование [Михайлов, с.1-130].

Детерминированные модели, по сравнению с предыдущими моделями, имеют ряд различий. Они позволяют вычислить нужные показатели, здесь учитываются природные внешние физические условия, влияющие на результат вычислений. Все предыдущие труды и достижения при эксплуатации данных моделей принимаются во внимание, составляется прогноз формирования событий для гидрологических объектов. Детерминированные модели в свою очередь подразделяются на концептуальные и физико-математические. При их использовании определяющим фактором является природная системность, строение внутренних процессов [Михайлов, с.1-130].

Концептуальные и эмпирические модели базируются на методах определения соответствия. Параметры, получаемые в начале и конце исследований, рассчитываются преимущественно с помощью математической обработке данных. Совершенствование концептуальных моделей рассредоточенного загрязнения обеспечивается за счет применения информации о гидрологических данных, таких как атмосферные осадки, поверхностный сток, испарение воды с поверхности и проникновение ее в грунт. Благодаря данным моделям увеличились возможности прогнозировать поведение поверхностного стока, в сравнении с эмпирическими моделями. При этом данные модели не предоставляют возможности составления полноты картины о природных физических процессах [Михайлов, с.1-130].

Используя физико-математические модели, можно прогнозировать ряд выходных параметров и проводить анализ процессов, изменяющихся во времени, на определенных ландшафтах, для дальнейшего определения

рационального водопользования и соблюдения экологической безопасности [Кучмент, с.120].

#### 1.4. ЭМПИРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ДИФфуЗНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Для расчета объема выбросов загрязняющих веществ от рассредоточенных источников используется метод постоянных концентраций, основанный на теории о том, что концентрация загрязняющих веществ, поступающих через замкнутый створ водоема, остается неизменной и зависит только от конкретного загрязнителя, не связанного со временем [Михайлов, с.1-130].

Применение данного метода не составляет трудностей при работе с моделями водных систем любой степени сложности. Сочетая этот метод с гидрологической моделью, возможно определить изменчивость антропогенного влияния на реку или водоем, который принимает сток [Михайлов, с.1-130].

В том числе модуль стока поллютанта является довольно простым способом измерения количества загрязняющих веществ в водоеме, поступающих от диффузных источников. Количество загрязнения, поступающего с единицы площади водосборного бассейна в единицу времени, измеряется при помощи данного модуля [Михайлов, с.1-130].

При определении смыва нефтепродуктов с недостаточным количеством параметров водных физических свойств не изученных малых водосборов можно использовать модельные расчеты. Однако, наиболее точным методом является использование эмпирических моделей, основанных на естественных наблюдениях. Существует формула, которая выявляет зависимость поступающего количества нефтеуглеводородов от площади нефтезагрязнения, модуля стока воды и фоновых концентраций нефтепродуктов. Эта формула была разработана на основании наблюдений в условиях Среднего Приобья и применяется для анализа закономерностей выноса нефтепродуктов с

неурбанизированных территорий нефтяных и газовых месторождений [Калинин, 2010, с.137-146]:

$$\mu = 0,42M_3 \left[ 1 - \exp \left( -40 \frac{f_3}{F} \right) \right] + a_\phi M \left( 1 - \frac{f_3}{F} \right), \quad (1)$$

где  $\mu$  – модуль смыва нефти, мг/с км<sup>2</sup>;

0,42 – эмпирически полученный коэффициент для условий Среднего Приобья, равный концентрации НУВ в замыкающем створе при максимальной замазученности водосбора;

$M_3$  – модуль стока воды с нефтезагрязненной части водосбора, л/с км<sup>2</sup>;

$M$  – обобщенный по территории модуль стока воды, л/с км<sup>2</sup>,

$F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;

$a_\phi$  – концентрация нефтяные углеводороды в замыкающем створе при отсутствии загрязнения земель нефтью (фоновое состояние);

$f_3$  – площадь нефтяного загрязнения на водосборе.

## 1.5. ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ МОДЕЛИ НЕТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Гипотетическое представление о том, как устроена работа систем водосборных бассейнов, составлено опираясь на данные, полученные путем экспериментов на протяжении десятков лет [Михайлов, с.1-130].

Движение воды по водосборным площадям и каналам сравнимо с перемещением загрязнителей. Модели диффузного загрязнения водных экосистем по своей сути являются гидрологическими моделями. Изучение диффузного загрязнения требует различных модельных подходов, но все они имеют по существу одинаковую структуру: моделируются гидрологические процессы, а к эрозионным и геохимическим моделям добавляется описание выноса различных загрязняющих веществ [Михайлов, с.1-130].

Выделяют три группы моделей для определения диффузного загрязнения. Первая группа состоит из базовых моделей, они используются для расчета концентраций нефтяных углеводородов на территории водосбора.

Также с помощью них решают задачи, относящиеся к выбросу опасных веществ с разного рода полигонов, которые подвергаются антропогенному воздействию в результате аварий на нефтепроводах. Сток с территории водосбора вычисляется при помощи детерминированных моделей. Миграция различных химических веществ с территории водосбора в речную сеть происходит во время отделения жидкой и твердой составляющих, применяются коэффициенты для оценки эффективности перемещения поллютантов из почв в поверхностный сток, а также дальнейшего поступления их в воду рек [Haith, p.290; Моделирование водохозяйственных..., с.350]. Коэффициенты в обыкновенных моделях выступают в качестве средних концентраций, так как они имеют возможность фиксировать взаимосвязь между объемом стока и нагрузкой на водоем, находящийся в качестве приемника [Михайлов, с.1-130].

Следующая группа состоит из моделей формирования качества поверхностных вод, и разделяется еще на две подгруппы, включающих описание трансформации и миграции поллютантов в верхних слоях почвы.

Химические элементы участвуют в жизненных циклах растений и почвенных организмов, а их биологические системы оказывают влияние как на биогенные элементы, так и на состав грунтовых вод. Опасные вещества – поллютанты, могут представлять собой тяжелые металлы, хлорорганические соединения и фенолы, оказать негативное влияние на видовой состав биоценозов, как следствие изменения их биомассы, а также нарушения биохимических циклов и потоков в них вовлеченных биогенных элементов. Однако, вычисление уровня сложности процессов зависит от типа загрязнителя и его физико-химических и биохимических свойств, поэтому изучение этих свойств необходимо для определения количества загрязняющих веществ, поступающих из почвы в поверхностный сток и водоемы [Михайлов, с.1-130].

Последняя группа включает в себя модели перемещения поллютантов с водосборной территории в грунтовые воды. Попадание различных опасных веществ в подземные воды путем миграции через верхние слои почвы создает серьезную опасность, так как они используются в целях водоснабжения и хозяйственных нужд. В том числе загрязняющие вещества, при попадании в речную сеть, влияют на качество поверхностных вод [Михайлов, с.1-130].

Изучив различные модели, применяемые для оценки загрязнения водных объектов от рассредоточенных источников можно сделать вывод, что выбор метода для гидрологических исследований зависит от поставленной проблемы, количества и типа имеющейся информации, точности итоговых данных, временных рамок, поставленных для изучения и т.д. [Михайлов, с.1-130].

Для исследования загрязненных водосборов малых рек Среднего Приобья целесообразно использовать метод, основанный на ограниченном количестве исходной информации – ландшафтно-гидрологический метод (ЛГМ), который в настоящее время имеет большое развитие, особенно на территории Сибири.

Для расчета количества смыва нефти мы будем использовать уравнение (2) [Калинин, 2010, с.137-146]:

$$\mu = a_m M_3 [1 - \exp(-a_g f_3 / F)] + a_f M (1 - f_3 / F), \quad (2)$$

где  $\mu$  – модуль смыва нефти, мг/с км<sup>2</sup>;

$M_3$  – модуль стока воды с нефтезагрязненной части водосбора,  $M_3 = 1$  л/с км<sup>2</sup>;

$M$  – обобщенный по территории модуль стока воды, л/с км<sup>2</sup>,

$F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>;

$a_f$  – концентрация нефтяные углеводороды в замыкающем створе при отсутствии загрязнения земель нефтью (фоновое состояние);

$f_3$  – площадь нефтяного загрязнения на водосборе.

Принимая в учет поправочные коэффициенты, уравнение приобретет следующий вид [Калинин, 2010, с.137-146]:

$$\mu = 0,42 M_3 [1 - \exp(-40f_3 / F)] + a_f M (1 - f_3 / F), \quad (3)$$

где, 0,42 – эмпирически полученный коэффициент  $a_m$  для условий Среднего Приобья, равный концентрации нефтеуглеводородов в замыкающем створе при максимальной замазученности водосбора;

Также для расчета понадобится уравнение, позволяющее вычислить величину концентраций НУВ, мг/л [Калинин, 2001, с.11-21]:

$$p = a_m M_3 / M [1 - \exp(-a_g f_3 / F)] + a_\phi M (1 - f_3 / F), \quad (4)$$

где,  $a_m$  – параметр, равный концентрации нефтепродуктов в замыкающем створе при  $M_3 = 1$  и максимальной степени нефтяного загрязнения водосбора,

$a_g$  – параметр, характеризующий подвижность компонентов нефти, связан с возрастом разливов,

$M$  – обобщенный по территории модуль стока воды, л/с\*км<sup>2</sup>,

$M_3$  – модуль стока воды с нефтезагрязненной части водосбора,

$f_3$  – площадь нефтезагрязненных земель на водосборе, км<sup>2</sup>,

$F$  – площадь водосбора, км<sup>2</sup>,

$a_\phi$  – параметр, равный концентрации нефтепродуктов в замыкающем створе при отсутствии нефтезагрязненных земель (фоновое состояние = 0,05 мг/л).

Принимая в учет поправочные коэффициенты, уравнение приобретет следующий вид [Калинин, 2010, с.137-146].

$$p = 0,42 M_3 / M [1 - \exp(-40 f_3 / F)] + a_\phi M (1 - f_3 / F), \quad (5)$$

Данная модель имеет ряд преимуществ. Она основана на взаимосвязи смыва нефтяных продуктов и площадью нефтезагрязненных земель и принимает в расчет фон содержания НУВ в речной воде. Также модель не требует математически сложных вычислений.

Данные о количестве и площадях загрязненных нефтью земель можно определить при полевых работах, а также с помощью современных средств дистанционных наблюдений за поверхностью Земли [Хорошавин, 2010, с.153-161].

## ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Территория Среднего Приобья располагается в пределах Западно-Сибирской равнинной физико-географической страны. В административном отношении район исследований расположен в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области. Водосборные площади, на которых происходили разливы НУВ, расположены в пределах Среднеобской низменности Западно-Сибирской равнины, территория относится к бассейну р. Обь. Анализ естественных гидрологических условий необходим для исследования смыва нефтяных углеводородов с загрязненных водосборов малых рек, формирование данных особенностей зависит от физико-географических условий.

Широтный отрезок Средней Оби расположен в центральной части Западной Сибири. Водообеспеченность территории очень высока, густота речной сети составляет 0,1-0,3 км/км<sup>2</sup> [Лезин, с.160]. По правому берегу р. Оби на участке протяженностью 372,1 км от р. Лямин до р. Аган насчитывается 13 месторождений. Из этого следует, что малые водотоки, расположенные в Среднем Приобье, дренирующие действующие нефтяные месторождения, подвержены загрязнению НУВ (таблица 1).

Таблица 1

Перечень рек, дренирующих разрабатываемые месторождения нефти и газового конденсата, являющихся источниками рассредоточенного загрязнения

Месторождение	Наименование реки	Протяженность реки, км
Южно-Жумажановское	Лямин	420
Лянторское	Пим	390
	Ай-Юхлынъяун	13
	Леналонко	19
	Лематьяун	12
Быстринское	Аношкина	38
	Минчимкина	114

	Быстрый Кульягун	59
Федоровское, Родниковое, Южно-Сургутское, Восточно-Сургутское, Западно-Сургутское	Черная	28
	Почекуйка	69
	Моховая	133
	Тромъеган	581
Рускинское	Ингу-Ягун	235
	Энтль-Имиягун	225
	Ульт-Ягун	65
	Тромъеган	581
Кечимовское, Родниковое	Тромъеган	581
Лас-Еганское, Навагальское	Аган	544

На широтном отрезке Средней Оби (рис. 1) находится несколько крупных месторождений – Лянторское (запасы нефти 2,0 млрд. тонн.), Федоровское (запасы нефти 1,5 млрд. тонн), Рускинское (запасы нефти 1,5 млрд. тонн). Соответственно водосборы малых рек, протекающих по территориям данных месторождений, наиболее сильно подвержены загрязнению нефтяными углеводородами.

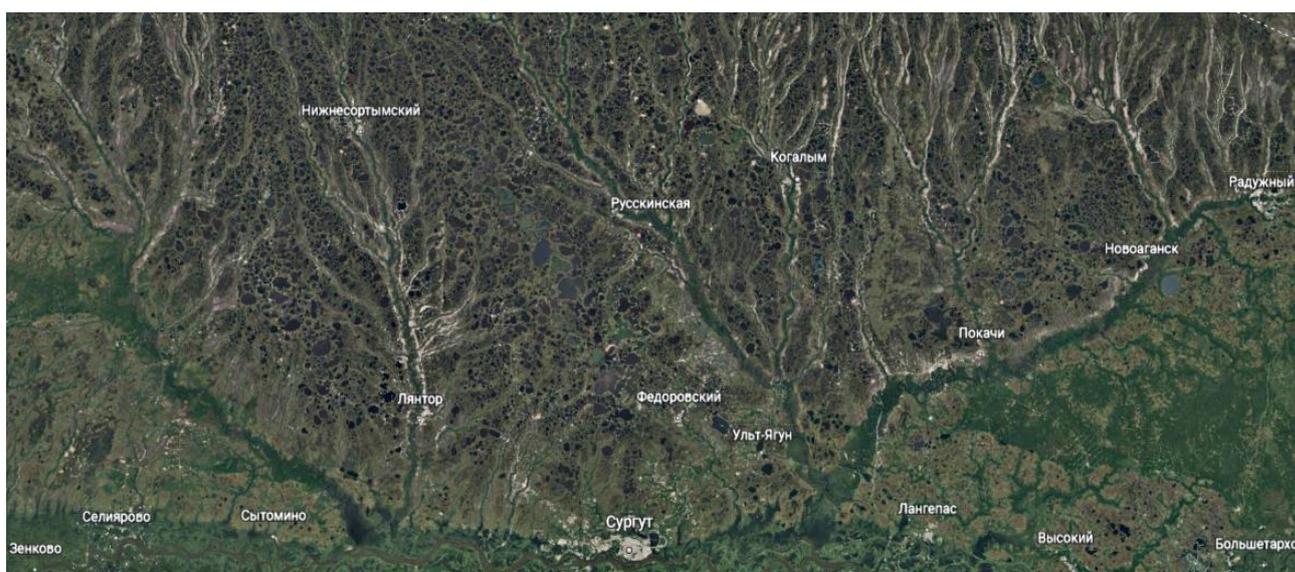


Рис. 1. Космический снимок широтного отрезка Средней Оби  
(Источник: Google Earth)

## 2.1. ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Рассматриваемый район находится в пределах Сургутского свода - одной из наиболее масштабных структур I порядка Западно-Сибирской платформы. Платформа образовалась в послепротерозойскую эпоху и является относительно молодой формацией.

Геологическое строение Западно-Сибирской плиты, которая является одним из самых крупных элементов земной коры, содержит три структурно-тектонических этажа: фундамент, промежуточный слой и оболочку, отличающиеся различной изменчивостью слагающих пород и тектоническими особенностями.

Описываемый район относится к южной геокриологической зоне, где преобладают древние мерзлые породы, залегающие на небольших глубинах (до 200 м и более). Многолетнемерзлые породы пересекаются с охлажденными и тальными породами, создавая благоприятную гидравлическую связь между водоносными горизонтами верхнего гидрогеологического комплекса и поверхностными водами. Такое множественное возникновение породных слоев обеспечивает уникальную природную среду исследования [Сэротэтто, с. 28].

## 2.2. ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Район характеризуется континентальным климатом, который отличается морозной зимой со шквальными ветрами и сильными метелями и непродолжительным, но теплым летом. Переходные сезоны проходят быстро, в особенности весна. Средняя годовая температура составляет -3,0 С, самый холодный месяц - январь, когда температура достигает -22,4 С. Весной температура быстро повышается, но даже в июле, самом теплом месяце в году, возможно похолодание до -1 С. Вторжения холодного арктического воздуха вызывают заморозки [Атлас Ханты-Мансийского..., с.152].

Средние ежегодные осадки на территории составляют 450 мм, выпадающие в значительном объеме в августе-октябре (300 мм), а пик наблюдается в августе – 68 мм.

Устойчивый снежный покров образуется к концу октября, высотой 0,7-0,9 м. Снег не сходит в среднем 210 дней [Климатическая характеристика зоны..., с. 200; Справочник по климату..., с. 298].

Избыточное увлажнение в данном районе приводит к активной миграции загрязняющих веществ в малые реки из-за значительного количества снега и низких температур [Природные условия..., с.488].

Промерзание почвы начинается в конце октября, при увеличении глубины до 290 см к концу марта. Высота снега на защищенных участках к концу марта достигает 72 см [Атлас Ханты-Мансийского..., с.152].

Район Приобья относится к зонам избыточного и весьма избыточного увлажнения. Относительная влажность воздуха изменяется от 63 до 84%. За год выпадает 624 мм осадков, основное количество которых приходится на летний период (с апреля по октябрь) [Обзор «О состоянии...», с.45].

Широкое распространение болот и озер связано с замедленным поверхностным стоком и слабым естественным дренажом грунтовых вод. В речных водосборах достигает 70% заболоченности, а заозеренности - 25% [Плотников, с.288].

Среди болот преобладают выпуклые сфагновые с озерково-грядовым, озерково-грядово-мочажинным и грядово-мочажинным комплексами с участием лишайников. Заболоченность в районах месторождений нефти достигает 60-70%. Средняя глубина торфяной залежи в болотах составляет 1,8-2,3 м, а максимальная - до 5-6 м [Макаренкова, с.169].

### 2.3. ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ

Строение почв на исследуемой территории связано с рельефом, литологическим составом почвообразующих пород и степенью дренирования

ландшафтов. На данной территории в основном встречаются два типа почв – заболоченные и болотные почвы. Сложность и мозаичность почвенного покрова обусловлена сочетаниями различных комплексов почв, включая многолетнемерзлые породы [Обзор «О состоянии ...», с.45].

Ландшафты имеют очень слабый геохимический вынос веществ, что обусловлено наличием значительных площадей супераквальных зон и озерно-болотных комплексов. Самое большое количество аккумулярующих ландшафтов наиболее широко распространено в подсистеме междуречья р. Лямин - р. Аган [Обзор «О состоянии ...», с.45].

В исследуемом районе распространены следующие типы почв: аллювиальные болотные почвы, иллювиально-гумусовые, торфяные болотно-подзолистые, болотно-подзолистые, переходные болотные, верховые болотные и верховые торфяные почвы, а также торфяные болотные, иллювиально-железистые и иллювиально-подзолистые почвы [Национальный атлас почв..., с.105].

Фильтрующая способность почвы зависит от ее гранулометрического состава и глубины промерзания. Если промерзание достигает значительных масштабов, то это препятствует фильтрации воды и увеличивает вероятность формирования заболоченных участков на исследуемой территории [Волкова, Кондакова, с.67].

Почвы обладают очень важным свойством, они способны поглощать поллютанты в моменте их передвижения с водосборной территории в водоемы. Например, торфяные почвы выступают препятствием для быстрого распространения загрязнений [Солнцева, с.376]. Подзолистые почвы, обладают противоположными свойствами, вода под уклоном стекает с поверхности, ввиду низкой пропускающей способности данных почв, что приводит к ускоренному попаданию загрязняющих веществ в речной водоем [Хорошавин, Моисеенко, с.518-529].

Время длительности процесса диффузного загрязнения может увеличиваться в силу промерзания пород и способности торфяных почв удерживать в себе загрязняющие вещества [Хорошавин, Моисеенко, с.518-529]. Последние способны накапливать в себе НУВ до 70-80% [Аветов, Шишконокова, с.45-55].

Основной растительный покров данной территории состоит из ивы, осины, березы и влаголюбивой травяной растительности. В то же время, покров в пойме сильно отличается от других зон бедностью флористического состава, где травянистая растительность преобладает над деревьями и кустарниками. Для водосборной площади характерны сосновые леса с лишайниками и кустарниками, некоторые из которых заболочены. Также здесь можно встретить березовые и зеленомошно-лишайниковые леса. Затопляемая зона в большей степени охвачена осоковыми и двукисточниковыми фитоценозами, а небольшие возвышения заняты ивняками [Обзор «О состоянии...», с.45].

Антропогенная деятельность воздействует на территорию исследований, что приводит к механическому нарушению почвы и уничтожению растительности, а на нарушенных участках возникают вторичные растительные сообщества. Растительный покров также оказывает влияние на водный режим, ускоряет сток и изменяет интенсивность снеготаяния. С лесных ландшафтов сток происходит более равномерно, чем с безлесных участков [Макаревич, с.115].

Наличие большого количества болот и торфяных почв с высокими аккумулялирующими свойствами приводит к высокой поглощающей способности ландшафтов и попаданию в речную сеть большого количества загрязняющих веществ [Обзор «О состоянии...», с.45].

Природные условия района играют важную роль в формировании поверхностного стока с территории. Данный район имеет зону избыточного увлажнения. Слабая естественная дренажная способность грунтовых почв является причиной широкого распространения здесь болот и озер. На водный режим также оказывает значительное влияние растительный покров.

Накопление загрязнителей может быть вызвано наличием торфяных почв. Подзолистые почвы обладают низкой сорбционной способностью. Результатом всего этого является поступление углеводородов с водосборов в малые реки.

### ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ВЫНОСА НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ С РЕЧНЫМ СТОКОМ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

С целью расчета поверхностного стока с исследуемой территории и в дальнейшем оценки выноса нефтяных углеводородов, в качестве опытных водосборов были выбраны р. Моховая и р. Почекуйка, выделенные на космических снимках с помощью программы Google Earth (Приложение 1 и 7), т. к. в пределах данных водосборов располагаются одни из крупнейших и наиболее старых нефтегазовых месторождений – Федоровское, Родниковое, Южно-Сургутское, Восточно-Сургутское, Западно-Сургутское и др.

Река Моховая, протекает по территории Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа. Исследуемая часть реки имеет длину 102 км, площадь водосбора 968,2 км<sup>2</sup>. Устье реки находится в 20 км по правому берегу от истока р. Тромъёгана. Основные притоки – р. Меудекъяун и р. Имиягун.

Река Почекуйка протекает по территории Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа. Исследуемая часть реки составляет 69 км, площадь водосбора 593,5 км<sup>2</sup>. Устье реки находится в 1488 км по правому берегу реки Обь. Берёт начало из безымянного озера на высоте 75 м над уровнем моря.

#### 3.1. ЛАНДШАФТНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

Ландшафтно-гидрологический анализ хорошо подходит для оценки выноса нефтяных углеводородов, с помощью него возможно определить какой объем стока образуется с водосборной площади и в каком количестве нефтяные углеводороды поступают в речной водоем, при недостаточном объеме гидрологических данных.

Первым этапом анализа являются картографические работы. В первую очередь был произведен подбор топографических карт с масштабом 1:100 000 (источник: «<https://satmaps.info/genshtab.php>»).

Далее были выделены водосборы исследуемых рек по наивысшим отметкам местности (Приложение 2 и 8). От величины площади водосбора зависит количественная характеристика стока реки. При одинаковых условиях, большая площадь водосбора приводит к большему расходу воды в реке и большей роли его как регулятора стока [Комлев, с. 157].

Исследуемые реки имеют водосборы с вытянутой формой, что приводит к распластанному пикам половодья, в связи с задержкой воды в русловой сети за определенный период времени [Калинин, 1999, с.30].

Следующим этапом является построение карты уклонов.

- На карте уклонов водосбора р. Моховая (Приложение 3) можно увидеть, что территория имеет небольшие уклоны, они изменяются от 0‰ до 20‰. Большая часть водосбора имеет уклоны от 0‰ до 0,3‰.

- На карте уклонов водосбора р. Почекуйка (Приложение 9) можно увидеть, что территория имеет небольшие уклоны, они изменяются от 0 ‰ до 30 ‰. Большая часть водосбора имеет уклоны от 0 ‰ до 1,5 ‰.

От уклона поверхности зависит скорость движения воды. Наибольшие уклоны ведут к большей скорости. Более высокие скорости, приводят к большему стоку в замыкающем створе, вследствие меньших затрат на инфильтрацию и испарение. Исследуемый водосбор имеет небольшие уклоны поверхности, вследствие этого вода застаивается [Калинин, 1999, с.30; Ландшафтно-гидрологический анализ..., с.208].

Чем больше поверхность водосбора находится под уклоном, тем выше скорость стока с данной территории. На водосборах р. Моховой и р. Почекуйка отмечаются низкие значения уклонов, что свидетельствует застаиванию воды [Калинин, 1999, с.30; Ландшафтно-гидрологический анализ..., с.208].

Далее производилось построение почвенных карт для исследуемых водосборов рек (Приложение 4 и 10).

- На территории водосбора р. Моховая было выделено пять типов почв:

1. Аллювиальные болотные почвы в пределах исследуемого водосбора встречаются в пойме реки.

2. Подзолистые иллювиально-гумусовые почвы встречаются в пределах водосбора на небольших участках по периферии.

3. Торфяные болотно-подзолистые почвы исследуемом водосборе встречаются в среднем и нижнем течении реки.

4. Болотно-подзолистые почвы встречаются в верхнем, среднем и нижнем течении реки Моховая.

5. Переходные болотные почвы встречаются в основном в верхнем течение реки, а также в среднем и нижнем.

Наибольшую площадь занимают переходные болотные почвы – 61,5%, далее идут торфяные болотно-подзолистые почвы – 21,7%, затем болотно-подзолистые почвы – 8,3%, аллювиальные болотные почвы – 7,8% и наименьшую площадь занимают подзолистые иллювиально-гумусовые почвы – 0,6%.

- На территории водосбора р. Почекуйка было выделено девять типов почв:

1. Аллювиальные почвы в пределах исследуемого водосбора встречаются в пойме реки.

2. Болотно-подзолистые почвы встречаются в пределах водосбора на небольшом участке по периферии.

3. Верховые болотные почвы исследуемом водосборе встречаются в верхнем течении реки.

4. Верховые торфяные почвы встречаются среднем и нижнем течении реки.

5. Верховые торфяные болотные почвы встречаются в среднем течение реки около поймы.

6. Иллювиально-железистые почвы расположены в нижнем течение р. Почекуйка.

7. Иллювиально-подзолистые почвы расположены на небольших участках по периферии.

8. Торфяные болотно-подзолистые почвы встречаются в среднем течение реки.

9. Торфяные переходные болотные почвы расположены в нижнем течение реки.

Наибольшую площадь занимают верховые болотные почвы – 29,6%, далее идут торфяные болотно-подзолистые почвы – 22,7%, затем верховые торфяные почвы – 21,9%, среднюю площадь занимают аллювиальные почвы – 13,9%, иллювиально-железистые почвы – 7,8%, и наименьшую площадь занимают торфяные переходные болотные почвы – 3,2%, иллювиально-подзолистые – 0,5%, болотно-подзолистые почвы – 0,2%.

В таблице 2 и 3 представлены характеристики почв водосборов р. Моховая и р. Почекуйка.

Таблица 2

## Характеристика почв водосбора р. Моховая

№	Тип почв	Механический состав почв	Площадь, км <sup>2</sup>	Ср. уклон, ‰
1	Аллювиальные болотные почвы	Песок	62,95	0,2
2	Подзолистые иллювиально-гумусовые	Супесь	4,65	0,1
3	Торфяные болотно-подзолистые	Торф	176,01	0,4
4	Болотно-подзолистые	Торф	67,31	0,5
5	Переходные болотные	Торф	497,44	0,3
	Всего:		808,36	0,3

Таблица 3

## Характеристика почв водосбора р. Почекуйка

№	Тип почв	Механический состав почв	Площадь, км <sup>2</sup>	Ср. уклон, ‰
1	Аллювиальные почвы	Песок	73,61	2
2	Болотно-подзолистые почвы	Торф	1,08	1

Продолжение таблицы 3

3	Верховые болотные почвы	Торф	160	1
4	Верховые торфяные почвы	Торф	118,5	1
6	Иллювиально-железистые почвы	Глина	42,5	1
7	Иллювиально-подзолистые почвы	Песок	2,66	1
8	Торфяные болотно-подзолистые почвы	Торф	123	1
9	Торфяные переходные болотные	Торф	17,2	1
	Всего:		539,9	1,2

Завершающий этап картографических работ – построение карт стокоформирующих комплексов водосборов р. Моховая и р. Почекуйка (Приложение 5 и 11). Данные карты строятся путем объединения составленных ранее карт уклонов и почв [Калинин, 1999, с.30].

- Водосбор р. Моховая представлен шестью стокоформирующими комплексами:

1. Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах.

2. Плосковолнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах.

3. Плосковолнистые поверхности мезотрофных болот с отдельно стоящими соснами покрытые мохово-сфагново-травяной растительностью на переходных болотных почвах.

4. Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-березовыми лесами местами подболоченные с травяно-кустарничковой растительностью на подзолистых иллювиально-гумусовых почвах.

5. Слабодренлируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-березовыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах.

6. Заболоченные долины рек малых порядков, покрытые сосново-березовыми лесами с травяно-кустарничковой растительностью на аллювиальных болотных почвах.

• Водосбор р. Почекуйка представлен 13 стокоформирующими комплексами:

1. Плоскволнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах;

2. Плоскволнистые поверхности междуречий с мелкими грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах;

3. Плоскволнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с озерковым комплексом с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах;

4. Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядках и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах;

5. Периодически затапливаемая часть речной долины;

6. Долины рек малых порядков, покрытые сосново-кедровыми лесами с травяной растительностью на аллювиальных почвах;

7. Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-кедровыми лесами с травянистой растительностью на иллювиально-подзолистых почвах;

8. Слабодренируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-кедровыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах;

9. Плоскохолмистые подболоченные участки междуречий с сосново-березовыми травяно-кустарничковыми лесами на болотно-подзолистых почвах;

10. Плоские сфагново-осаковые мезотрофные болота на торфяных переходных болотных почвах;

11. Периодически затапливаемая пойма рек сверхвысокого порядка с кустарниково-травяной растительностью на аллювиальных почвах;

12. Придолинно-дренированные плоскволнистые поверхности с сосново-кедровыми лишайниковыми лесами на подзолистых иллювиально-железистых почвах;

13. Заболоченные придолинные участки с плоскобугристыми травяно-сфагновыми болотами с отдельно стоящими соснами на верховых торфяных болотных почвах.

В таблице 4 и 5 перечислены площади стокоформирующих комплексов (СФК) водосборного бассейна р. Моховая и р. Почекуйка соответственно.

Таблица 4

## Площадь СФК водосбора р. Моховая

СФК		Площадь, км <sup>2</sup>
№1	Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах.	474,22
№2	Плоскволнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах.	67,31
№3	Плоскволнистые поверхности мезотрофных болот с отдельно стоящими соснами покрытые мохово-сфагново-травяной растительностью на переходных болотных почвах.	23,22

Продолжение таблицы 4

№4	Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-березовыми лесами местами подболоченные с травяно-кустарничковой растительностью на подзолистых иллювиально-гумусовых почвах.	4,65
№5	Слабодренируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-березовыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах.	176,01
№6	Заболоченные долины рек малых порядков, покрытые сосново-березовыми лесами с травяно-кустарничковой растительностью на аллювиальных болотных почвах.	62,95
	Всего:	808,36

Таблица 5

## Площадь СФК водосбора р. Почекуйка

СФК		Площадь, км <sup>2</sup>
1	Плоскостные поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	80,1
2	Плоскостные поверхности междуречий с мелкими грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	30,3
3	Плоскостные поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с озерковым комплексом с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	8,1
4	Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядках и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах	160
5	Периодически затапливаемая часть речной долины	8,61
6	Долины рек малых порядков, покрытые сосново-кедровыми лесами с травяной растительностью на аллювиальных почвах	33,9
7	Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-кедровыми лесами с травянистой растительностью на иллювиально-подзолистых почвах	2,66
8	Слабодренируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-кедровыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах	123

9	Плоскохолмистые подболоченные участки междуречий с сосново-березовыми травяно-кустарничковыми лесами на болотно-подзолистых почвах	1,08
10	Плоские сфагново-осаковые мезотрофные болота на торфяных переходных болотных почвах	17,2
11	Периодически затапливаемая пойма рек сверхвысокого порядка с кустарничково-травяной растительностью на аллювиальных почвах	31,1
12	Придолинно-дренированные плосковолнистые поверхности с сосново-кедровыми лишайниковыми лесами на подзолистых иллювиально-железистых почвах	42,5
13	Заболоченные придолинные участки с плоскобугристыми травяно-сфагновыми болотами с отдельно стоящими соснами на верховых торфяных болотных почвах	1,39
	Всего:	539,9

В таблице 6 и 7 представлена характеристика стокоформирующих комплексов водосбора р. Моховая и р. Почекуйка.

Таблица 6

## Характеристика стокоформирующих комплексов водосбора р. Моховая

№	СФК	Площадь, км <sup>2</sup>	Глубина промерзания, м	Кф, м/сут	Снегозапасы, мм	Уклон, ‰	УГВ, м
1	Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах.	474,22	1,5	2	95	0,3	0,2
2	Плосковолнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах.	67,31	1,5	2	95	0,5	0,2

Продолжение таблицы 6

3	Плоскостолнистые поверхности мезотрофных болот с отдельно стоящими соснами покрытые мохово-сфагново-травяной растительностью на переходных болотных почвах.	23,22	1,0	2	120	0,4	0,2
4	Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-березовыми лесами местами подболоченные с травяно-кустарничковой растительностью на подзолистых иллювиально-гумусовых почвах.	4,65	2,7	0,5	120	0,7	2
5	Слабодренлируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-березовыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах.	176,01	1,05	0,5	120	0,5	2
6	Заболоченные долины рек малых порядков, покрытые сосново-березовыми лесами с травяно-кустарничковой растительностью на аллювиальных болотных почвах.	62,95	1,16	1	95	0,5	1

Таблица 7

## Характеристика стокоформирующих комплексов водосбора р. Почекуйка

№	СФК	Площадь, км <sup>2</sup>	Глубина промерзания, м	Кф, м/сут	Снегозапасы, мм	Уклон, ‰	УГВ, м
1	Плоскостолнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно	80,1	1,5	2	95	1,5	0,2

	стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах						
2	Плоскволнистые поверхности междуречий с мелкими грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	30,3	1,5	2	95	1,2	0,2
3	Плоскволнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с озерковым комплексом с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	8,1	1,5	2	95	0,9	0,2
4	Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах	160	1,5	2	95	1	0,2
5	Периодически затапливаемая часть речной долины	8,61	0,7	1	95	1,2	1
6	Долины рек малых порядков, покрытые сосново-кедровыми лесами с травяной растительностью на аллювиальных почвах	33,9	0,7	1	100	2	1
7	Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-кедровыми лесами с	2,66	1	0,5	100	1,3	2

	травянистой растительностью на иллювиально-подзолистых почвах						
8	Слабодренируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-кедровыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах	123	2	1	100	1,2	2
9	Плоскохолмистые подболоченные участки междуречий с сосново-березовыми травяно-кустарничковыми лесами на болотно-подзолистых почвах	1,08	0,7	1	95	1	2
10	Плоские сфагново-осаковые мезотрофные болота на торфяных переходных болотных почвах	17,2	2	2	120	1	0,2
11	Периодически затапливаемая пойма рек сверхвысокого порядка с кустарничково-травяной растительностью на аллювиальных почвах	31,1	0,7	1	95	1	1
12	Придолинно-дренированные плосковолнистые поверхности с сосново-кедровыми лишайниковыми лесами на подзолистых иллювиально-железистых почвах	42,5	1	0,5	95	1	2
13	Заболоченные придолинные участки с плоскобугристыми травяно-сфагновыми болотами с отдельно стоящими соснами на верховых торфяных болотных почвах	1,39	1,5	2	95	1,5	0,2

Коэффициент фильтрации является показателем фильтрационных свойств почв, характеризует её водопроницаемость. Он зависит от гранулометрического состава и особенностей сложения почв. Песчаные почвы обычно имеют высокий коэффициент фильтрации, глинистые – очень низкий.

На фильтрационные свойства почвы влияет содержание органического вещества, структура, растительность и другие факторы. Растительность скрепляет частицы почвы, улучшает впитывающую способность почв.

Водопроницаемость торфяных почв обусловлена их ботаническим составом, степенью разложения и зольностью. Наибольшие значения  $K_f$  установлены на олиготрофных и мезотрофных болотах. Верховые болота также обладают большой водопроницаемостью.

Запасы снега – это общее количество воды, содержащейся в снежном покрове в данный момент времени. По результатам снежных съемок он равен высоте и плотности снежного покрова. Разная интенсивность снеготаяния в поле и в лесу является одним из основных факторов, определяющих разницу снегозапасов.

Глубина промерзания почвы зависит от температуры воздуха, мощности снежного покрова и степени увлажнения почвы. Глубина промерзания уменьшается с увеличением высоты снежного покрова.

Глубина залегания грунтовых вод зависит от рельефа и геологического строения, а также от интенсивности питания и расходования грунтовых вод. Глубина залегания грунтовых вод тем меньше, чем ближе к поверхности расположен водоупорный слой, чем меньше уклон, расчлененность рельефа и подземный отток и чем больше питание грунтовых вод атмосферными осадками, подземными притоками, оросительными водами.

В таблице 8 отображены метеоданные, полученные с метеостанции в г. Сургуте.

Метеоданные, полученные с метеостанции в г. Сургут (аэропорт им. Ф.К. Салманова)

2020												
Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
Температура воздуха	-23	-20	-12	-4	3	11	13	10	4	-2	-13	-16
Осадки	29	25	30	30	43	61	72	84	56	47	38	34
2021												
Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
Температура воздуха	-21	-22	-13	-5	2	10	14	12	6	-1	-11	-18
Осадки	21	18	29	19	37	83	45	90	42	68	41	35
2022												
Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
Температура воздуха	-19	-22	-11	-6	4	9	15	10	5	-2	-13	-15
Осадки	26	18	30	27	32	72	81	92	68	52	53	43

### 3.2. РАСЧЕТ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

После расчета всех метеоданных, подсчёта площадей стокоформирующих комплексов, производится расчёт стока с каждого СФК и общего водного стока с водосбора.

На основе таблиц 6, 7 и 8 с применением программы «Ландшафтно-гидрологический анализ малых водосборов» рассчитан общий сток с водосборов исследуемых рек. В таблицах 9 и 10 представлена нумерация СФК р. Моховая и р. Почекуйка, которая соответствует нумерации контуров на рисунке 2 и 3, где представлены данные, используемые для расчета.

Таблица 9

#### СФК водосбора р. Моховая

№	СФК
Не заболоченные контуры	
1	Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-березовыми лесами местами подболоченные с травяно-кустарничковой растительностью на подзолистых иллювиально-гумусовых почвах.

Заболоченные контуры	
2	Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах.
3	Плосковолнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах.
5	Слабодренлируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-березовыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах.
6	Заболоченные долины рек малых порядков, покрытые сосново-березовыми лесами с травяно-кустарничковой растительностью на аллювиальных болотных почвах.

Таблица 10

## СФК водосбора р. Почекуйка

№	СФК
Незаболоченные контуры	
1	Долины рек малых порядков, покрытые сосново-кедровыми лесами с травяной растительностью на аллювиальных почвах
2	Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-кедровыми лесами с травянистой растительностью на иллювиально-подзолистых почвах
3	Придолинно-дренированные плосковолнистые поверхности с сосново-кедровыми лишайниковыми лесами на подзолистых иллювиально-железистых почвах
Заболоченные контуры	
4	Плосковолнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах
5	Плосковолнистые поверхности междуречий с мелкими грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах
6	Плосковолнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с озерковым комплексом с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах
7	Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах
8	Периодически затапливаемая часть речной долины
9	Слабодренлируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-кедровыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах
10	Плоскохолмистые подболоченные участки междуречий с сосново-березовыми травяно-кустарничковыми лесами на болотно-подзолистых почвах
11	Плоские сфагново-осаковые мезотрофные болота на торфяных переходных болотных почвах
12	Периодически затапливаемая пойма рек сверхвысокого порядка с кустарниково-травяной растительностью на аллювиальных почвах
13	Заболоченные придолинные участки с плоскобугристыми травяно-сфагновыми болотами с отдельно стоящими соснами на верховых торфяных болотных почвах

Ланшафтно-гидрологический анализ малых водосборов

Файл О программе

Количество незаболоченных контуров  Название водного объекта  Ввод данных

Количество заболоченных контуров  Значение зонального слоя (мм)

Контур Площадь Уклон Коэф. фильтрации Влагозапасы Снегозапасы Глубина промерзания Ур. грунтовых вод Крит. глубина

Введите данные для незаболоченных контуров

1	4,65	0,7	0,5	150	120	2,7		
---	------	-----	-----	-----	-----	-----	--	--

Введите данные для заболоченных контуров

2	474,22	0,3	2	200	95	1,5	0,2	1
3	67,31	0,5	2	200	120	1,5	0,2	1
4	23,22	0,4	2	200	120	1,0	0,2	1
5	176,01	0,5	0,5	150	120	1,05	2	1
6	62,95	0,5	1	200	95	1,16	1	1

Рис. 2. Данные для расчета стока р. Моховая

Ланшафтно-гидрологический анализ малых водосборов

Файл О программе

Количество незаболоченных контуров  Название водного объекта  Ввод данных

Количество заболоченных контуров  Значение зонального слоя (мм)

Контур Площадь Уклон Коэф. фильтрации Влагозапасы Снегозапасы Глубина промерзания Ур. грунтовых вод Крит. глубина

Введите данные для незаболоченных контуров

1	33,9	2	1	150	100	0,7		
2	2,66	1,3	0,5	150	100	1		
3	42,5	1	0,5	150	95	1		

Введите данные для заболоченных контуров

4	80,1	1,5	2	200	95	1,5	0,2	1
5	30,3	1,2	2	200	95	1,5	0,2	1
6	8,1	0,9	2	200	95	1,5	0,2	1
7	160	1	2	200	95	1,5	0,2	1
8	8,61	1,2	1	200	95	0,7	1	1
9	123	1,2	1	200	100	2	2	1
10	1,08	1	1	200	95	0,7	2	1
11	17,2	1	2	200	95	2	0,2	1
12	31,1	1	1	200	95	0,7	1	1
13	1,39	1,5	2	200	95	1,5	0,2	1

Рис. 3. Данные для расчета стока р. Почекуйка

На рисунках 4, 5 представлены результаты расчета речного стока с водосбора р. Моховая и р. Почекуйка.

Результаты расчёта

Водный объект - р. Моховая

№	F (км.кв)	F%	Коеф. фильтр.	Расчёт. сток (мм)
1	4,65	0,58	0,5	114,64
2	474,22	58,6	2	67,27
3	67,31	8,33	2	86,13
4	23,22	2,87	2	96,18
5	176,01	21,7	0,5	85,21
6	62,95	7,79	1	68,35

Общий сток - 73,93 мм      Общая площадь - 808,360

Рис. 4. Результаты расчета стока р. Моховая

Результаты расчёта

Водный объект - р. Почекуйка

№	F (км.кв)	F%	Коеф. фильтр.	Расчёт. сток (мм)
1	33,9	6,28	1	76,61
2	2,66	0,49	0,5	97,48
3	42,5	7,87	0,5	70,39
4	80,1	14,8	2	68,61
5	30,3	5,61	2	73,41
6	8,1	1,50	2	87,68
7	160	29,6	2	67,85
8	8,61	1,59	1	87,29
9	123	22,7	1	71,64
10	1,08	0,20	1	94,02
11	17,2	3,19	2	80,27
12	31,1	5,76	1	73,02
13	1,39	0,26	2	93,76

Общий сток - 71,45 мм      Общая площадь - 539,940

Рис. 5. Результаты расчета стока р. Почекуйка

В таблице 11 и 12 приведены результаты расчета стока для каждого СФК водосбора р. Моховая и р. Почекуйка.

## Количество стока для СФК в естественном состоянии р. Моховая

№	СФК	Расчетный сток для СФК, мм
1	Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-березовыми лесами местами подболоченные с травяно-кустарничковой растительностью на подзолистых иллювиально-гумусовых почвах.	114,64
2	Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах.	67,27
3	Плосковолнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах.	86,13
4	Плосковолнистые поверхности мезотрофных болот с отдельно стоящими соснами покрытые мохово-сфагново-травяной растительностью на переходных болотных почвах.	96,18
5	Слабодренируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-березовыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах.	85,21
6	Заболоченные долины рек малых порядков, покрытые сосново-березовыми лесами с травяно-кустарничковой растительностью на аллювиальных болотных почвах.	68,35

СФК, характеризующийся наибольшим стоком – Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-березовыми лесами местами подболоченные с травяно-кустарничковой растительностью на подзолистых иллювиально-гумусовых почвах (114,64 мм). Данная часть водосбора имеет более высокие отметки уклонов и низкий коэффициент фильтрации, соответствующий слабой водопроницаемости на данном ландшафте.

Наименьшим стоком характеризуется СФК – Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах (67,27 мм), т.к. данная часть водосбора имеет самые низкие отметки уклонов и высокий коэффициент фильтрации,

Общий сток с территории водосборного бассейна р. Моховая в естественном состоянии составляет 73,93 мм.

Количество стока для СФК в естественном состоянии р. Почекуйка

№	СФК	Расчетный сток для СФК, мм
1	Долины рек малых порядков, покрытые сосново-кедровыми лесами с травяной растительностью на аллювиальных почвах	76,61
2	Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-кедровыми лесами с травянистой растительностью на иллювиально-подзолистых почвах	97,48
3	Придолинно-дренированные плоскостные поверхности с сосново-кедровыми лишайниковыми лесами на подзолистых иллювиально-железистых почвах	70,39
4	Плоскостные поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	68,61
5	Плоскостные поверхности междуречий с мелкими грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	73,41
6	Плоскостные поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с озерковым комплексом с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	87,68
7	Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах	67,85
8	Периодически затопляемая часть речной долины	87,29
9	Слабодренируемые плоскозападные поверхности междуречий с заболоченными сосново-кедровыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах	71,64
10	Плоскостные заболоченные участки междуречий с сосново-березовыми травяно-кустарничковыми лесами на болотно-подзолистых почвах	94,02
11	Плоские сфагново-осаковые мезотрофные болота на торфяных переходных болотных почвах	80,27
12	Периодически затопляемая пойма рек сверхвысокого порядка с кустарничково-травяной растительностью на аллювиальных почвах	73,02
13	Заболоченные придолинные участки с плоскобугристыми травяно-сфагновыми болотами с отдельно стоящими соснами на верховых торфяных болотных почвах	93,76

СФК, характеризующийся наибольшим стоком – Локальные повышения среди болотных массивов заняты сосново-кедровыми лесами с травянистой растительностью на иллювиально-подзолистых почвах (97,48 мм). Данная часть водосбора имеет более высокие отметки уклонов и низкий коэффициент фильтрации, соответствующий слабой водопроницаемости на данном ландшафте.

Наименьшим стоком характеризуется СФК – Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядках и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах (67,85 мм), т.к. данная часть водосбора имеет самые низкие отметки уклонов и высокий коэффициент фильтрации.

Общий сток с территории водосборного бассейна р. Почекуйка в естественном состоянии составляет 71,45 мм.

### 3.3. РАЗЛИВЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ВОДОСБОРАХ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

Исследуемая территория подвергается интенсивному антропогенному давлению в результате добычи нефти и газа. На водосборном бассейне р. Моховая загрязняющие вещества попадают в природную среду из рассредоточенных источников в результате аварий на трубопроводах.

Центр индустриального инжиниринга и геоинформатики (ЦИИГ) ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет» предоставил необходимую для исследовательской работы информацию, а именно акты и протоколы 2018 года, включая площадь земель, загрязненных нефтепродуктами. Согласно полученным данным, на водосборных площадях р. Моховая и р. Почекуйка было зафиксировано 12 и 13 загрязненных нефтепродуктами участков соответственно. Все места разливов нефтепродуктов были нанесены на карты СФК р. Моховая и р. Почекуйка (Приложение 6 и 12). Данные о количестве разливов и их площадях представлены в таблицах 13 и 14.

Разливы нефтепродуктов в стокоформирующих комплексах водосбора р.  
Моховая за 2018 г.

№	СФК	Количество разливов	Площадь разливов, км <sup>2</sup>	% от общей площади разливов
1	Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-березовыми лесами местами подболоченные с травяно-кустарничковой растительностью на подзолистых иллювиально-гумусовых почвах.	2	0,0387	20,2
2	Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах.	2	0,0288	15,0
3	Плосковолнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах.	2	0,0291	15,2
4	Плосковолнистые поверхности мезотрофных болот с отдельно стоящими соснами покрытые мохово-сфагново-травяной растительностью на переходных болотных почвах.	2	0,0339	17,7
5	Слабодренируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-березовыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах.	2	0,0282	14,6
6	Заболоченные долины рек малых порядков, покрытые сосново-березовыми лесами с травяно-кустарничковой растительностью на аллювиальных болотных почвах.	2	0,0332	17,3
	Итого:	12	0,1919	100

Разливы нефтепродуктов в стокоформирующих комплексах водосбора р.  
Почекуйка за 2018 г.

№	СФК	Количество разливов	Площадь разливов, км <sup>2</sup>	% от общей площади разливов
1	Долины рек малых порядков, покрытые сосново-кедровыми лесами с травяной растительностью на аллювиальных почвах	1	0,0231	14,4
2	Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-кедровыми лесами с травянистой растительностью на иллювиально-подзолистых почвах	1	0,0013	0,8
3	Придолинно-дренированные плоскостные поверхности с сосново-кедровыми лишайниковыми лесами на подзолистых иллювиально-железистых почвах	1	0,0129	8,05
4	Плоскостные поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	1	0,0051	3,2
5	Плоскостные поверхности междуречий с мелкими грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	1	0,0189	11,8
6	Плоскостные поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с озерковым комплексом с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	1	0,0019	1,2
7	Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядках и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах	1	0,0425	26,5

8	Периодически затапливаемая часть речной долины	1	0,0036	2,3
9	Слабодренируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-кедровыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах	1	0,0178	11,1
10	Плоскохолмистые подболоченные участки междуречий с сосново-березовыми травяно-кустарничковыми лесами на болотно-подзолистых почвах	1	0,0015	0,9
11	Плоские сфагново-осаковые мезотрофные болота на торфяных переходных болотных почвах	1	0,0145	9,05
12	Периодически затапливаемая пойма рек сверхвысокого порядка с кустарниково-травяной растительностью на аллювиальных почвах	1	0,0156	9,7
13	Заболоченные придолинные участки с плоскобугристыми травяно-сфагновыми болотами с отдельно стоящими соснами на верховых торфяных болотных почвах	1	0,0016	1
	Итого:	13	0,1603	100

- Суммарная площадь нефтяного загрязнения составляет 0,1919 км<sup>2</sup>, что составляет 0,024 % от площади водосбора р. Моховая. Количество разливов с самой большой суммарной площадью зафиксировано в СФК № 1 – Локальные повышения среди болотных массивов заняты сосново-березовыми лесами местами подболоченные с травяно-кустарничковой растительностью на подзолистых иллювиально-гумусовых почвах. Здесь нефтезагрязненные участки занимают 0,0387 км<sup>2</sup>, что составляет 20,2 % от общей площади разливов.

- Суммарная площадь нефтяного загрязнения составляет 0,1603 км<sup>2</sup>, что составляет 0,029 % от площади водосбора р. Почекуйка. Количество разливов с самой большой площадью зафиксировано в СФК №7 – Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах. Здесь нефтезагрязненные участки занимают 0,0425 км<sup>2</sup>, что составляет 26,5 % от общей площади разливов.

### 3.4. РАСЧЕТ СУММАРНОГО ГОДОВОГО ВЫНОСА НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ВОДОСБОРОВ МАЛЫХ РЕК СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

При проведении вычислений модуля смыва НУВ с каждого СФК водосбора применяется формула (3), (Приложение 13), а для расчета содержания НУВ в речных водоемах – (5), (Приложение 14) [Калинин, 2001].

Для каждого СФК водосборов р. Моховая и р. Почкуйка были проведены расчеты, представленные в таблицах 15 и 16.

Анализ значений, полученных расчетным путем, показал, что наибольший модуль смыва НУВ с территории водосбора:

- р. Моховая наблюдается на СФК №1 (27,04 мг/с\*км<sup>2</sup>) и СФК №3 (10,4 мг/с\*км<sup>2</sup>). Значения модуля смыва в других СФК не имеют значительных отличий и изменяются в диапазоне от 5 до 6 мг/с\*км<sup>2</sup>. Наибольшее содержание НУВ (2,4 мг/л) зафиксировано в СФК №1, так как на данном ландшафте расположены земли с наибольшей площадью нефтезагрязнений.

В остальных стокоформирующих комплексах содержание нефтяных углеводородов в стоке, попадающем в речную воду, изменяется в небольшом диапазоне (от 0,9 до 1,4 мг/л).

- р. Почкуйка наблюдается на СФК №2 (10 мг/с\*км<sup>2</sup>), СФК №4 (7,3 мг/с\*км<sup>2</sup>) и СФК № 10 (7,2 мг/с\*км<sup>2</sup>). Значения модуля смыва в других СФК не имеют значительных отличий и изменяются в диапазоне от 5 до 6 мг/с\*км<sup>2</sup>. Наибольшее содержание НУВ (1,4 мг/л) зафиксировано с СФК №2 так как на данном ландшафте расположены земли с наибольшей площадью нефтезагрязнений.

В остальных стокоформирующих комплексах содержание нефтяных углеводородов в стоке, попадающем в речную воду, изменяется в небольшом диапазоне (от 0,9 до 1,2 мг/л).

В поверхностном стоке с каждого стокоформирующего комплекса водосборных территорий, поступающего в дальнейшем в водоем, имеется

превышение значений предельно-допустимых концентраций нефтяных углеводородов для рыбохозяйственных водоемов (0,05 мг/дм<sup>3</sup>) [Приказ..., 2016].

Таблица 15

Концентрация нефтеуглеводородов и модуль их смыва со стокоформирующих комплексов водосбора р. Моховая

№	СФК	М, л/с*км <sup>2</sup>	f <sub>з</sub> , км <sup>2</sup>	μ, мг/с*км <sup>2</sup>	ρ, мг/л
1	Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-березовыми лесами местами подболоченные с травяно-кустарничковой растительностью на подзолистых иллювиально-гумусовых почвах.	16,5	0,0387	27,04	2.4
2	Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах.	9,7	0,0288	4.6	0.9
3	Плосковолнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах.	12,5	0,0291	6,2	1,1
4	Плосковолнистые поверхности мезотрофных болот с отдельно стоящими соснами покрытые мохово-сфагново-травяной растительностью на переходных болотных почвах.	13,9	0,0339	8,5	1,3
5	Слабодренируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-березовыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах.	12,3	0,0282	5,8	1,04
6	Заболоченные долины рек малых порядков, покрытые сосново-березовыми лесами с травяно-кустарничковой растительностью на аллювиальных болотных почвах.	9,8	0,0332	4,8	0,9
	Для всего водосбора:	10,7	0,1919	5,1	1,0

Концентрация нефтеуглеводородов и модуль их смыва со стокоформирующих комплексов водосбора р. Почекуйка

№	СФК	М, л/с*км <sup>2</sup>	f <sub>з</sub> , км <sup>2</sup>	μ, мг/с*км <sup>2</sup>	ρ, мг/л
1	Долины рек малых порядков, покрытые сосново-кедровыми лесами с травяной растительностью на аллювиальных почвах	11	0,0231	5,5	1
2	Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-кедровыми лесами с травянистой растительностью на иллювиально-подзолистых почвах	14	0,0013	10	1,4
3	Придолинно-дренированные плоскостные поверхности с сосново-кедровыми лишайниковыми лесами на подзолистых иллювиально-железистых почвах	10,2	0,0129	5	0,9
4	Плоскостные поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	10	0,0051	7,3	1,2
5	Плоскостные поверхности междуречий с мелкими грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	10,6	0,0189	5,8	1
6	Плоскостные поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с озерковым комплексом с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах	12,6	0,0019	6	1

Продолжение таблицы 16

7	Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах	9,8	0,0425	4,7	0,9
8	Периодически затапливаемая часть речной долины	12,6	0,0036	6	1
9	Слабодренируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-кедровыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах	10,3	0,0178	5	0,9
10	Плоскохолмистые подболоченные участки междуречий с сосново-березовыми травяно-кустарничковыми лесами на болотно-подзолистых почвах	13,5	0,0015	7,2	1,2
11	Плоские сфагново-осаковые мезотрофные болота на торфяных переходных болотных почвах	11,6	0,0145	5,8	1
12	Периодически затапливаемая пойма рек сверхвысокого порядка с кустарниково-травяной растительностью на аллювиальных почвах	10,5	0,0156	5,2	0,9
13	Заболоченные придолинные участки с плоскобугристыми травяно-сфагновыми болотами с отдельно стоящими соснами на верховых торфяных болотных почвах	13,5	0,0016	7	1,1
	Всего по водосбору:	10,3	0,1603	5	0,9

По данным таблиц 15 и 16 были выполнены рисунки 6-9.



Рис. 6. Модуль смыва нефтяных углеводородов со стокоформирующих комплексов водосбора р. Моховая [составлено автором]



Рис. 7. Модуль смыва нефтяных углеводородов со стокоформирующих комплексов водосбора р. Почекуйка [составлено автором]



Рис. 8. Концентрация нефтяных углеводородов, выносимых в реку со стокоформирующих комплексов водосбора р. Моховая [составлено автором]



Рис. 9. Концентрация нефтяных углеводородов, выносимых в реку со стокоформирующих комплексов водосбора р. Почекуйка [составлено автором]

После проведения расчета годового объема стока с водосборов р. Почекуйка (1 040 900 м<sup>3</sup>) и р. Моховая (517 000 м<sup>3</sup>), а также среднегодовой концентрации НУВ в речной воде (13,5 мг/л для р. Почекуйка и 7,6 мг/л для р. Моховая) рассчитывается количество НУВ, выносимых с водосборных территорий за год от рассредоточенных источников загрязнения.

Из выше изложенного следует, что с данных водосборов от диффузных источников загрязнения в такие малые реки Среднего Приобья как р. Почекуйка и р. Моховая поступает 14 и 4 тонны нефтяных углеводородов соответственно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам работы в заключении хотелось бы привести следующие выводы:

1. Наибольшая часть нефтяных углеводородов попадает в водоемы именно в следствие диффузного загрязнения, рассредоточенного по водосборной территории. В составе поверхностного стока, поступающего в реки, в результате аварийных ситуаций на нефтепроводах во время транспортировки сырья, присутствует большое количество НУВ. В следствие чего качество речных вод малых рек значительно ухудшается.

2. Район Среднего Приобья относится к зонам избыточного и весьма избыточного увлажнения. Здесь широко распространены болота и озера, это связано со слабой естественной дренажной способностью грунтовых вод. Растительный покров также оказывает влияние на водный режим, ускоряет сток и изменяет интенсивность снеготаяния. Торфяные почвы способны аккумулировать углеводороды, наличие торфа провоцирует задержание загрязнения. Подзолистые почвы отличаются быстрой фильтрацией и низкой сорбционной способностью. В следствие все это приводит к активной миграции НУВ с водосборных территорий в малые реки.

3. Наибольшим поверхностным стоком обладают СФК, имеющие высокие отметки уклонов и низкий коэффициент фильтрации, соответствующий слабой водопроницаемости. Следовательно, наиболее опасно подвергать нефтяному загрязнению именно данные ландшафты. Так как поверхностный сток с территории будет иметь наибольшую скорость добегания до речной сети и выносить в нее НУВ в наибольшем количестве.

4. Аварийные разливы нефти на водосборах исследуемых рек происходят, в основном, на болотных ландшафтах. Следствием этого является увеличение среднегодовой концентрации НУВ в речной воде малых рек – для р. Моховая – 0,9-2,4 мг/л, для р. Почекуйка – 0,9-1,4 мг/л.

5. Применяв метод экстраполяции, можно предположить, что малые реки Среднего Приобья, протекающие по территории довольно старых и крупных месторождений нефти, выносят в речную сеть одинаковый объем НУВ, так как их водосборные территории сопоставимы по площади  $<1000 \text{ км}^2$ . Соответственно, каждая река выносит от 4 до 14 тонн НУВ, что в сумме варьируется от 28 до 140 тонн. Это является подтверждением того, что рассредоточенные источники в значительной степени оказывают влияние на загрязнение вод малых рек нефтяными углеводородами.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Changes in runoff and water quality in the catchment areas of the reservoirs / S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, E. A. Varabanova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Perm. – Perm: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 4. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41699696> (дата обращения: 21.12.2021).
2. Haith D.A. Environmental systems optimization // Water Resources Bulletin. – 1984. – № 9. P. 290.
3. Krysanova V., Hattermann F., Huang S., Hesse C., Voß A. Water Quality Modelling in Mesoscale and Large River Basins // Hydrological systems modeling. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). 2009. V. 2. P. 11–48.
4. Methods for identifying and evaluating the nature and extent of nonpoint sources of pollutants. – EPA 430/973/014. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 1973. P. 259.
5. Novotny V. and Chesters G. Handbook of non-point pollution. NY: Van Nostrand Reinhold Co., 1981. P. 545.
6. Novotny V. Diffuse (nonpoint) pollution, a political, institutional and fiscal problem. WPSF Journal, V. 60, 1988. P. 1404-1413.
7. Price L.G. Aqueous solubility of methane at elevated pressures and temperatures // Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 1979. V. 63. № 9. P. 1527–1533.
8. Selezneva A.V., Seleznev V.A. Estimation of diffuse pollution and its impact on quality of waters in the Volga river reservoir // Proc. of the Second Intern. IAWQ Specialized Conf. and Symp. on Diffuse Pollution. Prague. 1995. P. 636–640.
9. Vollenweider R.A. Assessment of mass balance // Guidelines of lake management. V. 1 / Eds. Jorgensen S.E., Vollenweider R.A. Shiga, Japan: ILEC/UNEP Publ., 1989. P. 53–69.
10. Wilhelm F. Hydrogeographie: Grundlagen der Allgemeinen Hydrographie. Braunschweig: Holler und Zuick, 1987. P. 228.

11. Аветов Н.А., Шишконокова Е.А. Загрязнение нефтью почв таежной зоны Западной Сибири // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2011. № 68. С. 45-55.

12. Алексеева М. Н. Использование космических снимков и геоданных для оценки экологических рисков при разливах нефти / М. Н. Алексеева, И. Г. Яценко // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2013. Т. 7. С. 55-60. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19411147> (дата обращения: 21.12.2021).

13. Алексеева М.Н. Оценка объемов нефтезагрязнений рек в районах нефтедобычи с использованием дистанционных данных / Вода: химия и экология, 2013. № 4 (58). С. 25-29. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18960330> (дата обращения: 21.12.2021).

14. Астапенко Е.О. К вопросу воздействия нефтегазодобывающей отрасли на окружающую природную среду / Е.О. Астапенко // Сборник научных трудов SWorld., 2013. 8 с.

15. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. – Т. II. Природа. Экология.; отв. ред. В.А. Дикунец и др., Ханты-Мансийск – М.: ФГУП 439 ЦЭВКФ МО РФ, 2004. 152 с.

16. Волкова И.Н., Кондакова Г.В. Экологическое почвоведение: курс лекций для студентов-экологов (бакалавров) / Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2003. 67 с.

17. Диффузное загрязнение водных объектов: проблемы и решения. Коллективная монография под рук. В.И. Данилова-Данильяна. – М.: РАН, 2020, 512 с.

18. Информационный бюллетень «О состоянии окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в 2006-2007 годах». Ханты-Мансийск: Государственный Комитет по охране окружающей среды Ханты-Мансийского автономного округа, 2008. 117 с.

19. Калинин В.М. Вода и нефть (гидролого-экологические проблемы Тюменского региона): монография. – Тюмень.: Издательство Тюменского государственного университета, 2010. 222 с.

20. Калинин В.М. Ландшафтно-гидрологический анализ малых водосборов: Учеб.-метод. указания. – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1999. 30 с.

21. Калинин В.М. Поступление нефтепродуктов в речную сеть от рассредоточенных источников (по материалам Среднего Приобья) // Вестник Тюменского государственного университета, 2001. № 2. С. 11-21.

22. Калинин В.М. Формирование техногенного фона нефтяных углеводородов природных вод нефтегазовых месторождений // Вестник Тюменского государственного университета. 2010. № 7. С. 137-146;

23. Капотов А.А., Кравченко В.В., Федоров В.Н. и др. Ландшафтно-гидрологический анализ территории. – Новосибирск: Наука, 1992. 208 с.

24. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1990. 286 с.

25. Кирпичникова Н.В. Исследование неконтролируемых источников загрязнения (на примере Иваньковского водохранилища): автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: ИВП АН СССР, 1991. 26 с.

26. Климатическая характеристика зоны освоения нефти и газа Тюменского севера. Л. Гидрометеиздат, 1982. 200 с.

27. Комлев А.М. Закономерности формирования и методы расчетов речного стока. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2002. 157 с.

28. Коробов В.Б. Новая книга о нефтяном загрязнении океанов морей, углеводороды в океане (снег-лед-вода-взвесь-донные осадки). - М.: научный мир, 2004. - 328 С. / В. Б. Коробов // Проблемы региональной экологии, 2006. № 1. С. 116-118.

29. Кучмент Л.С. Гидрологическое прогнозирование для управления водоресурсными системами // Итоги науки и техники. Сер. Гидрология суши. – М.: ВИНТИ, 1981. – 120 с.

30. Лезин В.А. Реки Ханты-Мансийского автономного округа: Справочное пособие. – Тюмень: Изд-во «Вектор Бук», 1999. 160 с.

31. Макаревич А.А. Речной сток и русловые процессы : пособие / А. А. Макаревич, А. Е. Яротов. – Минск : БГУ, 2019. 115 с.

32. Макаренкова И.Ю. Экологическая оценка воздействия нефтегазодобывающей деятельности на водные объекты Среднего Приобья : диссертация ... кандидата географических наук. – Ростов-на-Дону, 2007. 169 с.

33. Михайлов С.А. Диффузное загрязнение водных экосистем. Методы оценки и математические модели / С. А. Михайлов // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы, 2000. № 56. С. 1-130.

34. Моделирование водохозяйственных систем. Эколого-экономические аспекты / Под ред. В.Г. Пряжинской. – М.: ИВП РАН, 1992. 350 с.

35. Моисеенко Т., Шалабодов А., Гашев С. Качество сибирских вод // Наука в России. 2012. № 4. С. 13-19.

36. Московченко Д.В. Влияние разливов нефти на загрязнение поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа - ЮГРЫ / Д.В. Московченко, А.А. Убайдулаев // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2014. № 4. С. 5-16.

37. Национальный атлас почв Российской Федерации. Москва.: Астрель, 2011. 1 атл. 632 с.

38. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. 230 с.

39. Обзор «О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского АО в 1996 г» г. Ханты-Мансийск, 1997. 45 с.

40. О некоторых методических аспектах оценки нефтяного загрязнения водных объектов с учетом деградации нефтепродуктов во времени / З. А. Темердашев, Л. Ф. Павленко, И. Г. Корпакова [и др.] // Аналитика и контроль. – 2016. Т. 20. № 3. С. 225-235. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26619838> (дата обращения: 21.12.2021).

41. Паничева Л.П., Моисеенко Т.И., Кремлева Т.А., Волкова С.С. Биохимическая трансформация нефтяных углеводородов в водах Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 12. Серия «Экология». С. 38-48.

42. Плотников В.В. Ханты-Мансийск: «Экология Ханты-Мансийского автономного округа Экология Ханты-Мансийского АО», 1997. 288 с.

43. Природные условия и естественные ресурсы СССР. Западная Сибирь// ответств. ред. Рихтер Г.Д. – М.: Издательство Академии наук, 1963. 488 с.

44. Слабунова, А. В. О проблеме диффузного загрязнения водных объектов / А.В. Слабунова А.П. Суровикина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2020. № 2(38). С. 124-139. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42911841&> (дата обращения: 21.12.2021).

45. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 376 с.

46. Соромотин А.В. Техногенная трансформация природных экосистем таежной зоны в процессе нефтегазодобычи (на примере Тюменской области) // Автореф. дисс. ... д-ра. биол. наук. Тюмень, 2007. 47 с.

47. Справочник по климату СССР. – Вып. 17. – Ч.3. Ветер. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. 298 с.

48. Справочник по климату СССР. – Вып. 17. – Ч.4. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. 298 с.

49. Страшкраба М., Гнаук А. Пресноводные экосистемы. Математическое моделирование – М.: Мир, 1989. 376 с.

50. Сэротэтто Д.А. Тюмень: «Анализ комплекса графических материалов, изучение особенностей геологического строения и нефтегазоносности, описание наиболее характерных месторождений НГП Федоровское месторождение», 2022. 28 с.

51. Хорошавин В. Ю. Вынос нефтяных углеводородов реками с территорий нефтегазодобывающих районов Севера Западной Сибири / В. Ю. Хорошавин, Т. И. Моисеенко // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 5. С. 518-529. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?doi=10.7868/S0321059614050046> (дата обращения: 21.12.2021).

52. Хорошавин В.Ю. Загрязнение нефтепродуктами малых рек бассейна Пура рассредоточенными источниками // Геоэкологические проблемы Тюменского региона. Вып. 1. Тюмень: Вектор Бук, 2004. С. 105-130.

53. Хорошавин В.Ю. Прогноз формирования качества речных вод под влиянием рассредоточенных источников нефтепродуктов / В. Ю. Хорошавин // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2010. № 7. С. 153-161. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17690557&> (дата обращения: 23.12.2021).

54. Хорошавин В.Ю. Техногенная трансформация гидрологического режима и качества вод малых рек нефтегазовых месторождений в бассейне Пура. Дис. ... канд. геогр. наук. Екатеринбург: РосНИИВХ, 2005. 180 с.

55. Шорникова Е.А. Диагностика состояния экосистем водотоков на лицензионных участках нефтяных месторождений Среднего Приобья [Электронный ресурс] // Нефтегазовое дело : электрон. науч. журн. 2007. № 1. 26 с. URL: [http://www.ogbus.ru/authors/Shornikova/Shornikova\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Shornikova/Shornikova_1.pdf) (дата обращения: 18.05.2022).

56. Шорникова Е.А. Роль диффузного загрязнения в формировании гидрохимического режима поверхностных водотоков широтного отрезка Средней Оби // Экологический вестник Югории. 2004, т. 1. № 1-2. С. 28-41.

57. Ясинский С.В. Веницианов Е.В., Вишневская И.А. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе // Водные ресурсы, 2019. Т. 46. №2. С. 232-244. URL: <https://journals.eco-vector.com/0321-0596/article/view/11628> (дата обращения: 21.12.2021).

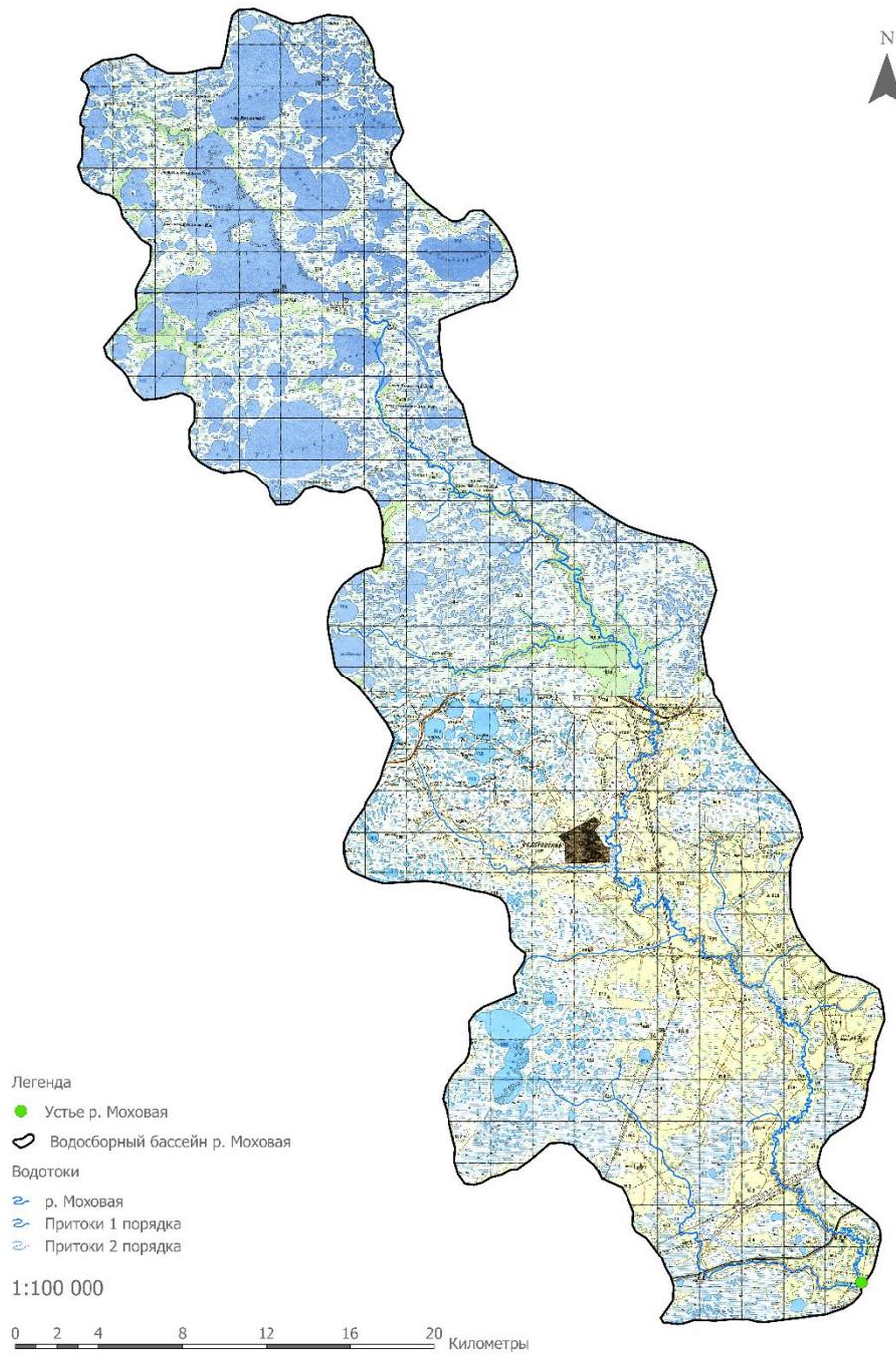
**ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Водосборный бассейн реки Моховая на космическом снимке



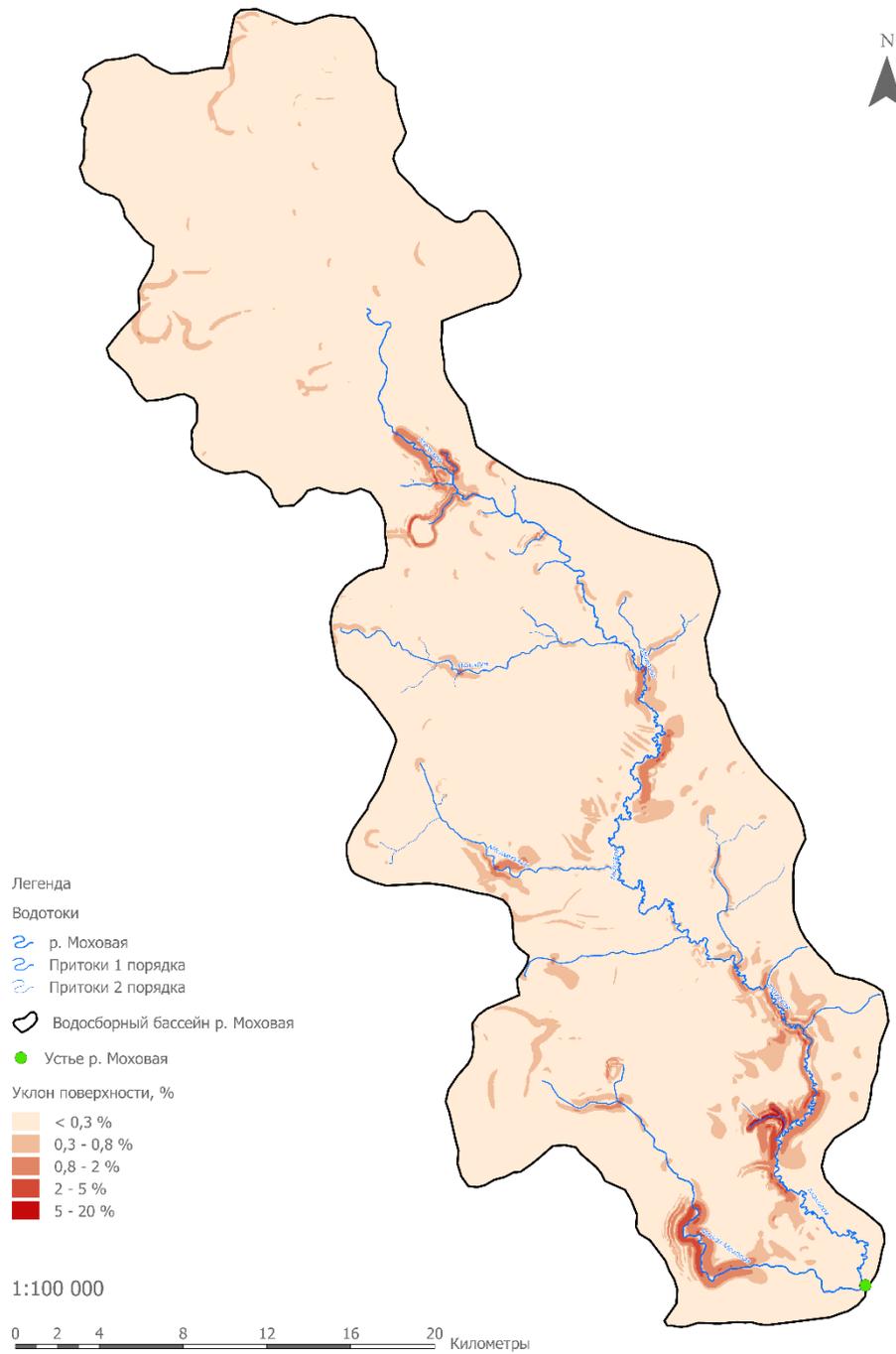
[Построено автором]

## Водосборный бассейн реки Моховая на топографической карте



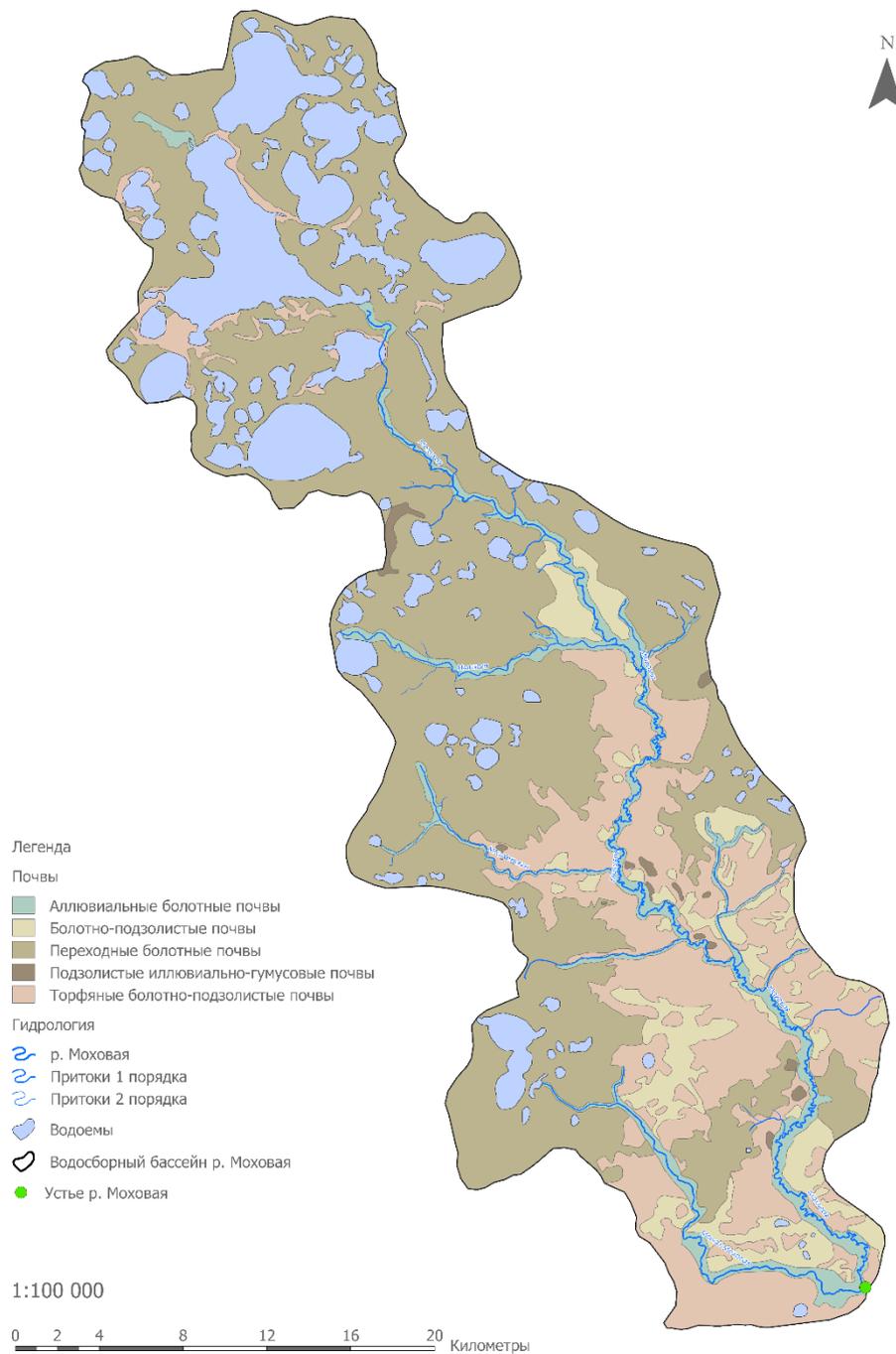
[Построено автором]

## Карта уклонов поверхности бассейна реки Моховая



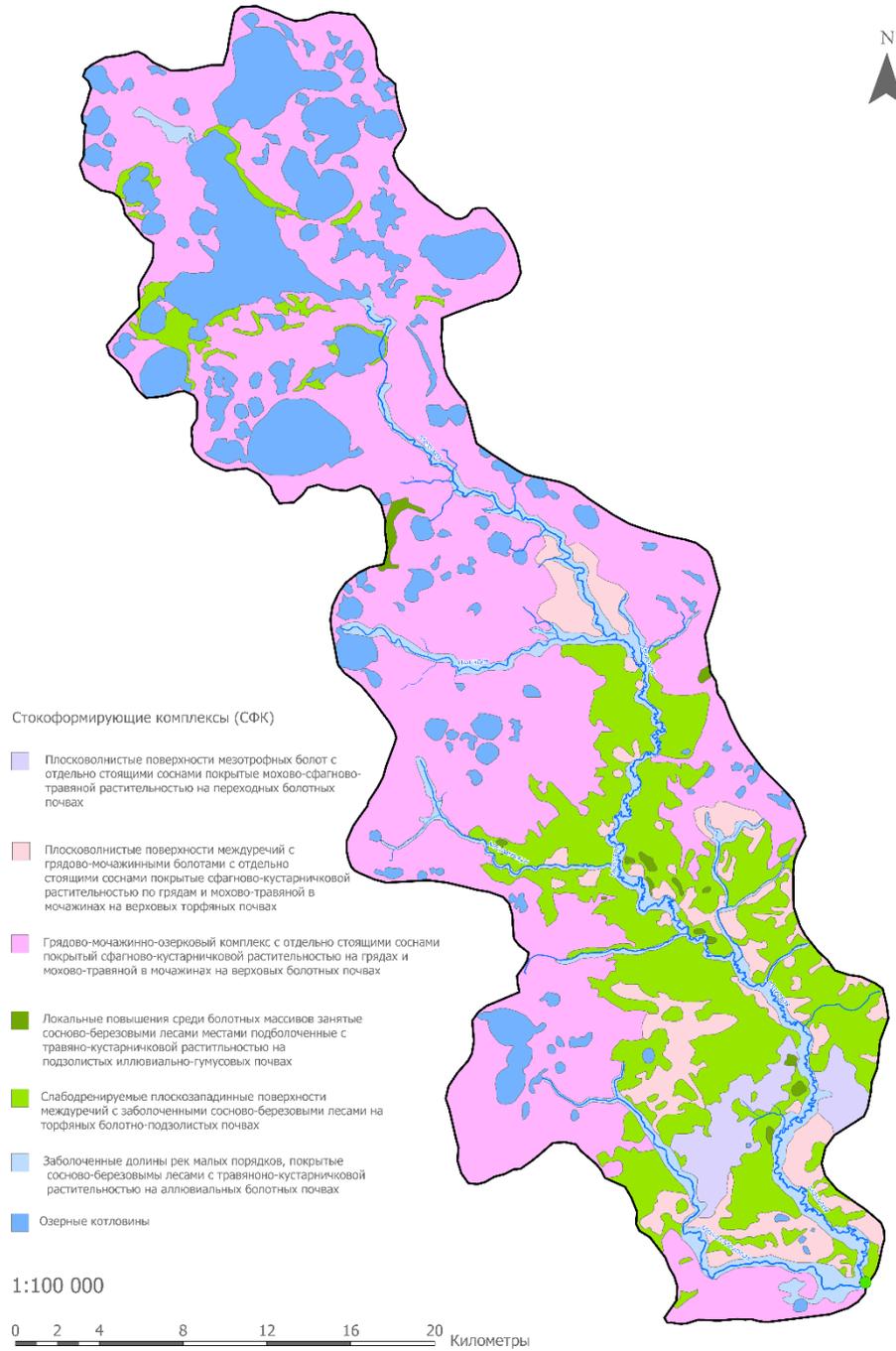
[Построено автором]

## Почвенная карта бассейна реки Моховая



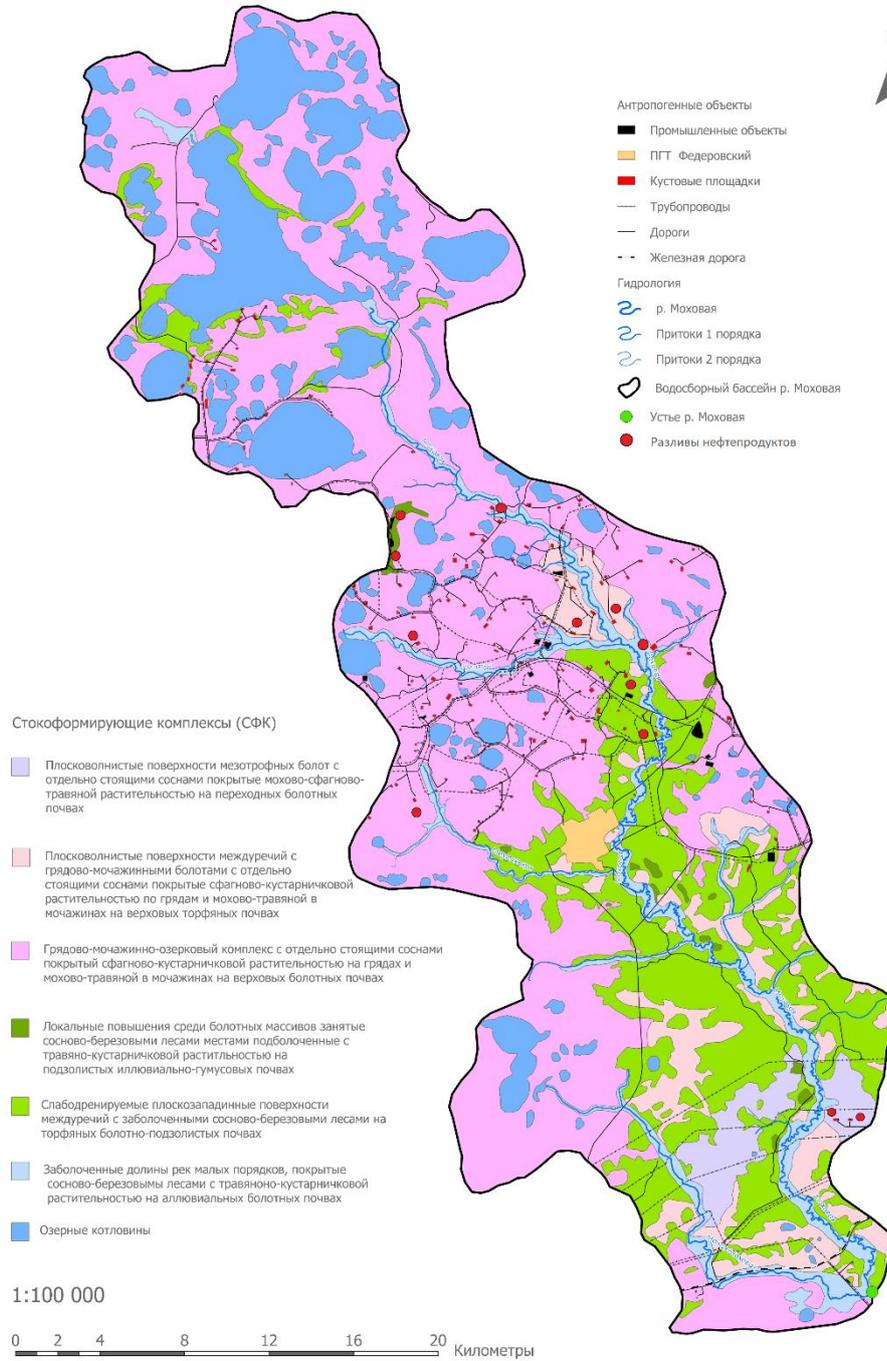
[Построено автором]

## Стокоформирующие комплексы (СФК) бассейна реки Моховая



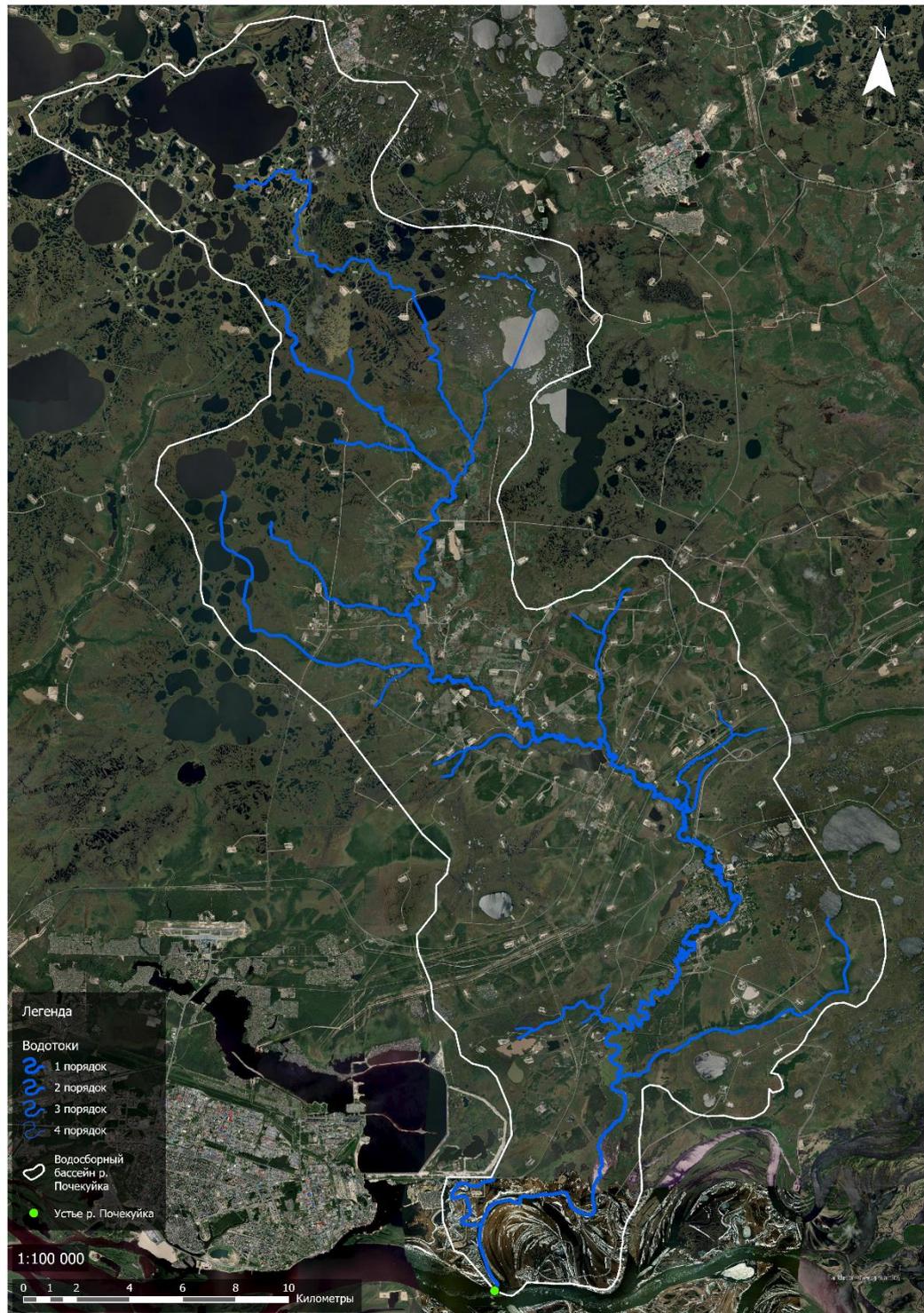
[Построено автором]

## Стокоформирующие комплексы (СФК) с учетом антропогена бассейна реки Моховая



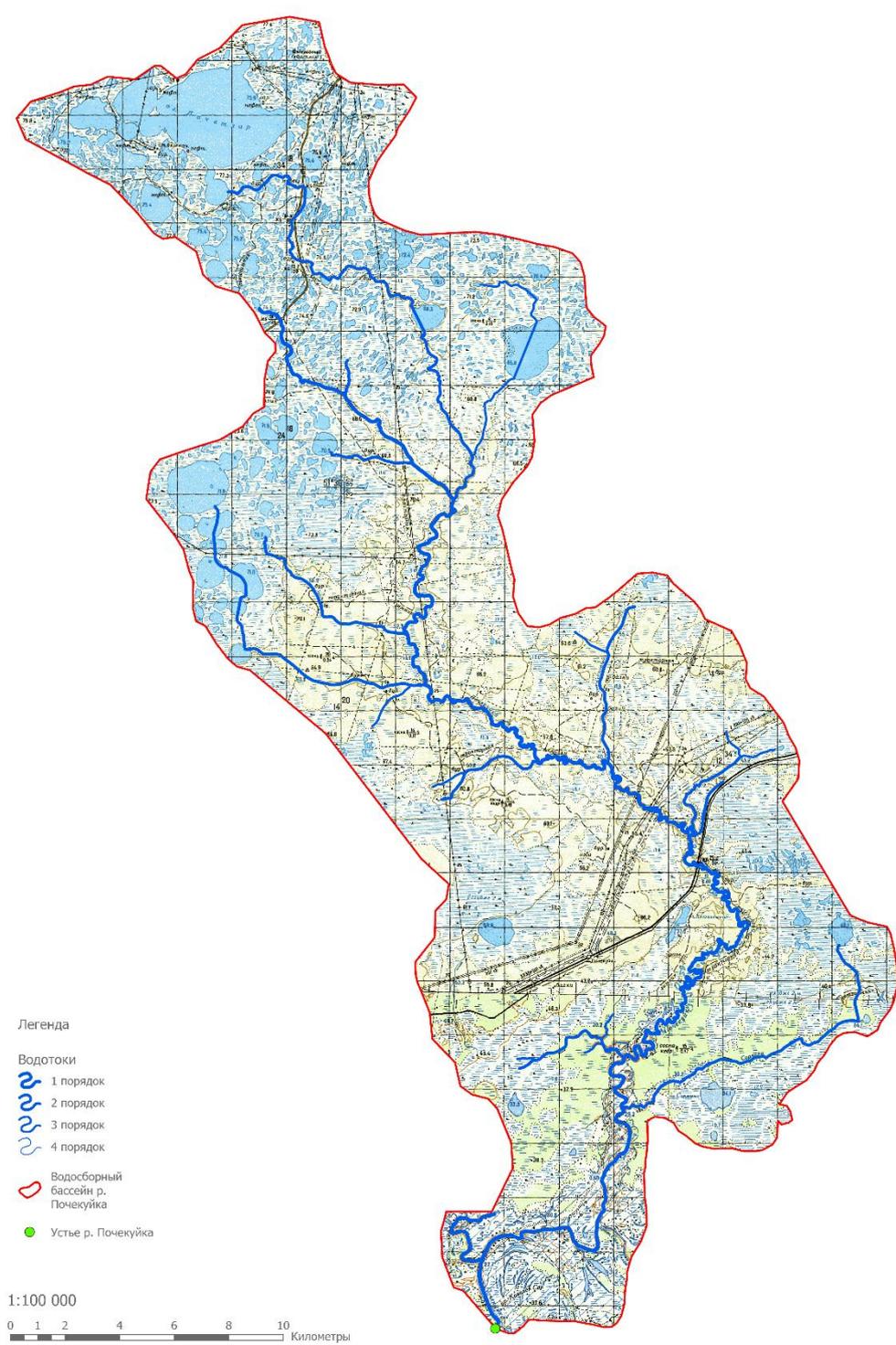
[Построено автором]

Водосборный бассейн реки Почекуйка на космическом снимке



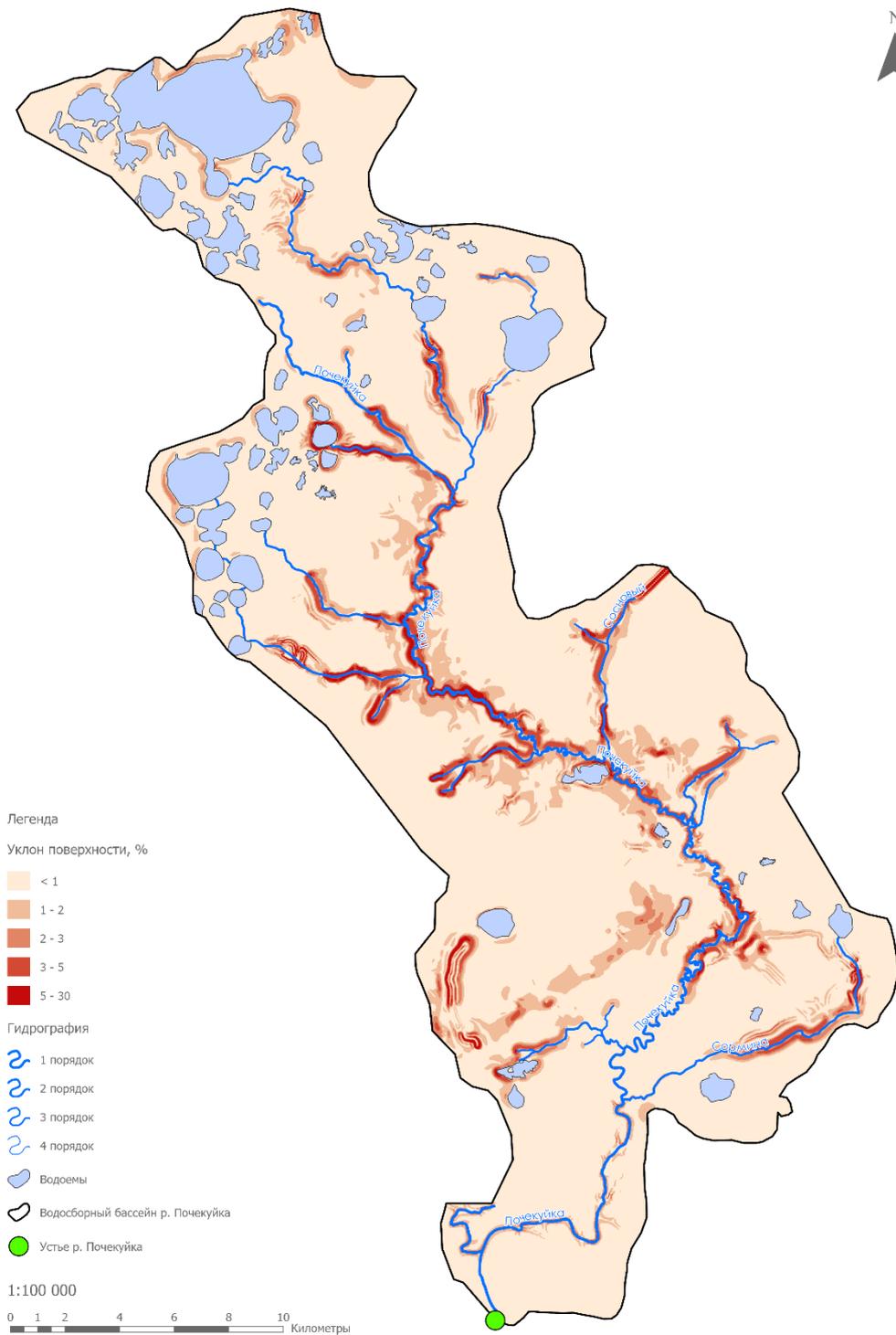
[Построено автором]

## Водосборный бассейн реки Почекуйка на топографической карте



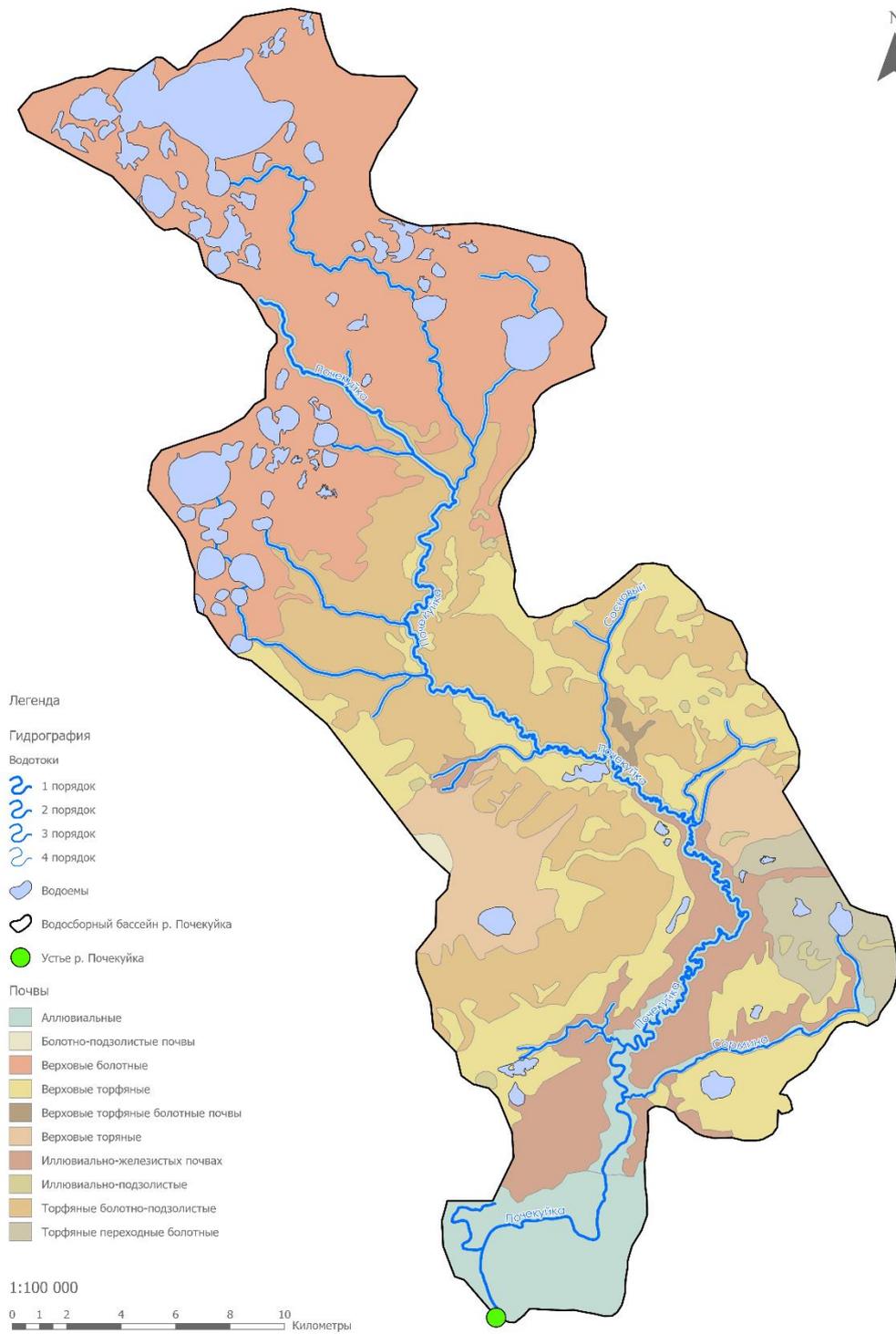
[Построено автором]

Карта уклонов поверхности водосборного бассейна реки Почекуйка



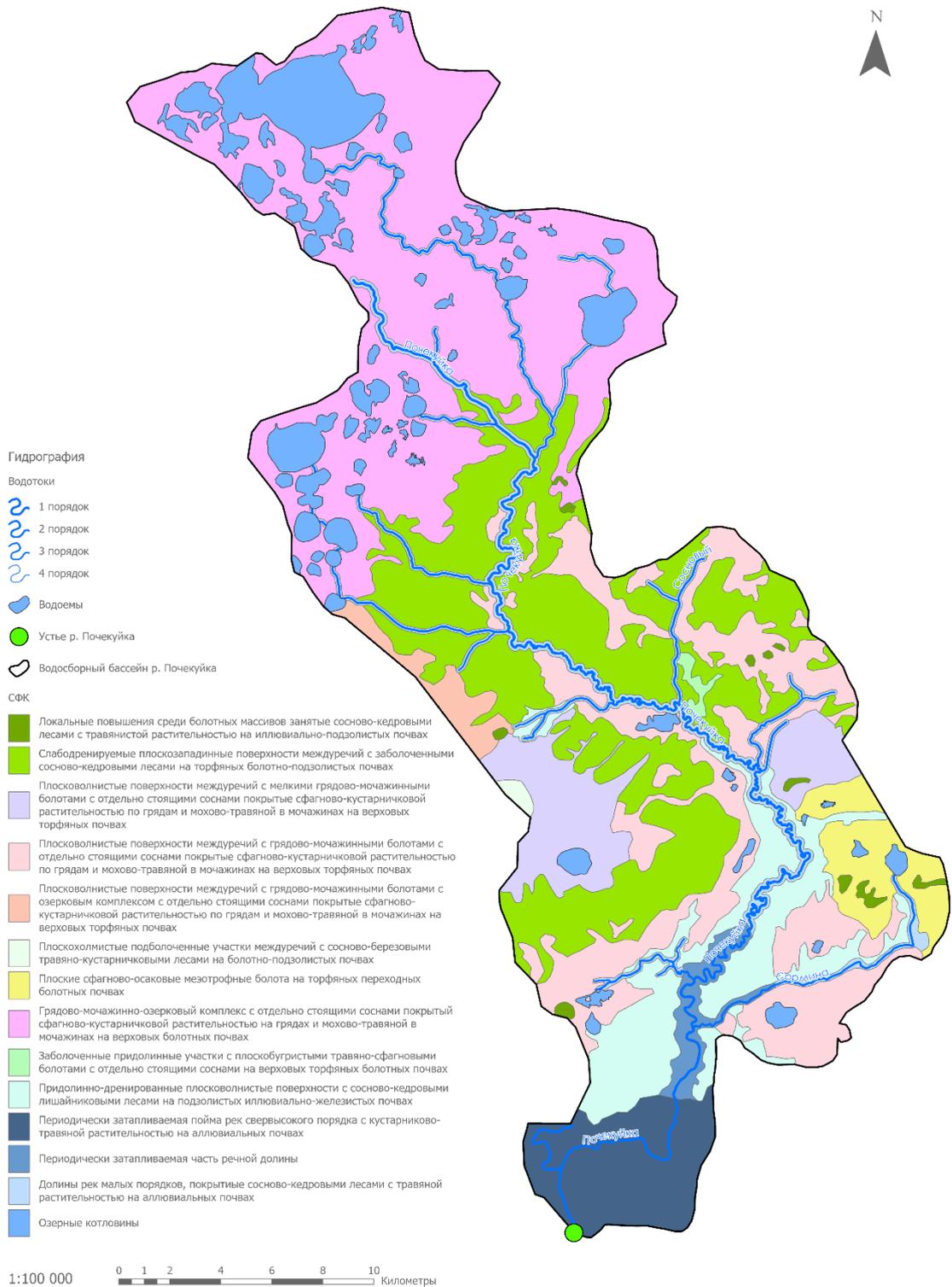
[Построено автором]

Почвенная карта поверхности водосборного бассейна реки Почекуйка



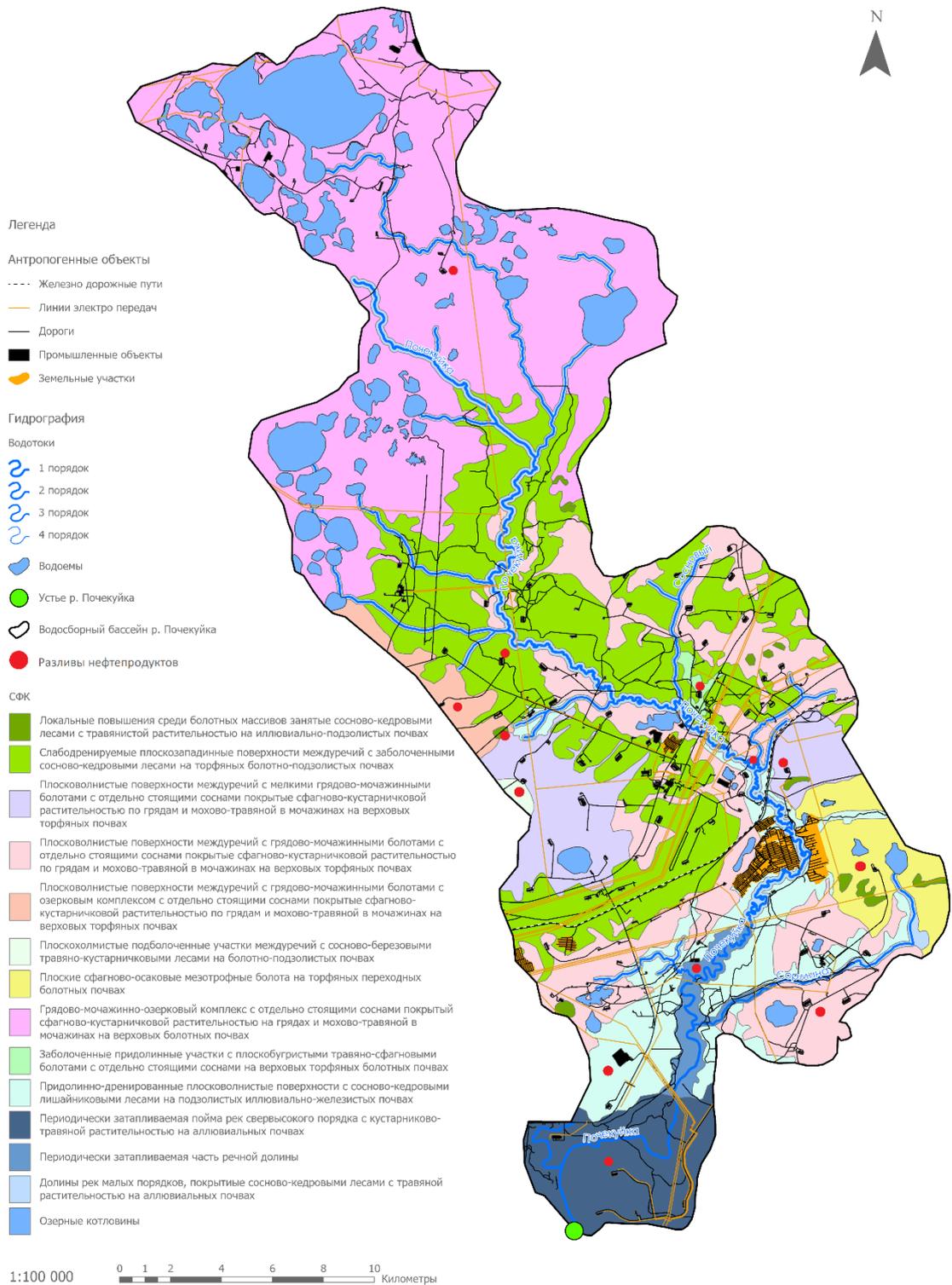
[Построено автором]

## Стокоформирующие комплексы (СФК) поверхности водосборного бассейна реки Почекуйка



[Построено автором]

Стокформирующие комплексы (СФК) с учетом антропогена поверхности водосборного бассейна реки Почкуйка



[Построено автором]

Расчет модуля смыва НУВ и концентрации НУВ в речной воде р. Моховая

1) Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-березовыми лесами местами подболоченные с травяно-кустарничковой растительностью на подзолистых иллювиально-гумусовых почвах

$$\mu = 0.42 * 16.5 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0387 / 1.5)] + 0.05 * 16.5 * (1 - 0.0387 / 1.5) = 27.04 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 16.5 / 16.5 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0387 / 1.5)] + 0.05 * 16.5 * (1 - 0.0387 / 1.5) = 2.4 \text{ мг/л}$$

2) Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах

$$\mu = 0.42 * 9.7 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0288 / 474.22)] + 0.05 * 9.7 * (1 - 0.0288 / 474.22) = 4.6 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 9.7 / 9.7 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0288 / 474.22)] + 0.05 * 9.7 * (1 - 0.0288 / 474.22) = 0.9 \text{ мг/л}$$

3) Плоскостные поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах

$$\mu = 0.42 * 12.5 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0291 / 44.8)] + 0.05 * 12.5 * (1 - 0.0291 / 44.8) = 6.2 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 12.5 / 12.5 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0291 / 44.8)] + 0.05 * 12.5 * (1 - 0.0291 / 44.8) = 1.1 \text{ мг/л}$$

4) Плоскостные поверхности мезотрофных болот с отдельно стоящими соснами покрытые мохово-сфагново-травяной растительностью на переходных болотных почвах

$$\mu = 0.42 * 13.9 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0339 / 10.6)] + 0.05 * 13.9 * (1 - 0.0339 / 10.6) = 8.5 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 13.9 / 13.9 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0339 / 10.6)] + 0.05 * 13.9 * (1 - 0.0339 / 10.6) = 1.3 \text{ мг/л}$$

5) Слабодренируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-березовыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах.

$$\mu = 0.42 * 12.3 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0282 / 176.01)] + 0.05 * 12.3 * (1 - 0.0282 / 176.01) = 5.8 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 12.3 / 12.3 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0282 / 176.01)] + 0.05 * 12.3 * (1 - 0.0282 / 176.01) = 1.04 \text{ мг/л}$$

б) Заболоченные долины рек малых порядков, покрытые сосново-березовыми лесами с травяно-кустарничковой растительностью на аллювиальных болотных почвах

$$\mu = 0.42 * 9.8 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0332 / 62.95)] + 0.05 * 9.8 * (1 - 0.0332 / 62.95) = 4.8 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 9.8 / 9.8 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0332 / 62.95)] + 0.05 * 9.8 * (1 - 0.0332 / 62.95) = 0.9 \text{ мг/л}$$

Для всего водосбора р. Моховая:

$$\mu = 0.42 * 10.7 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.1919 / 808.36)] + 0.05 * 10.7 * (1 - 0.1919 / 808.36) = 5.1 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 10.7 / 10.7 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.1919 / 808.36)] + 0.05 * 10.7 * (1 - 0.1919 / 808.36) = 1 \text{ мг/л}$$

Расчет выноса НУВ с водосбора р. Моховая:

$$\text{Годовой объем стока (м}^3\text{): } 114\,000 + 67\,200 + 86\,300 + 96\,100 + 85\,200 + 68\,300 = 517\,100 \text{ м}^3$$

$$\text{Среднегодовая концентрация НУВ: } 2.4 + 0.9 + 1.1 + 1.3 + 1.04 + 0.9 = 7.6 \text{ мг/л (0.0000076 т/ м}^3\text{)}$$

$$\text{Количество выноса НУВ с водосбора: } 517\,100 * 0.0000076 = 4 \text{ т}$$

Расчет модуля смыва НУВ и концентрации НУВ в речной воде р. Почекуйка

1) Долины рек малых порядков, покрытые сосново-кедровыми лесами с травяной растительностью на аллювиальных почвах

$$\mu = 0.42 * 11 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0231 / 33.9)] + 0.05 * 11 * (1 - 0.0231 / 33.9) = 5.5 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 11 / 11 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0231 / 33.9)] + 0.05 * 11 * (1 - 0.0231 / 33.9) = 1 \text{ мг/л}$$

2) Локальные повышения среди болотных массивов занятые сосново-кедровыми лесами с травянистой растительностью на иллювиально-подзолистых почвах

$$\mu = 0.42 * 14 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0013 / 0.242)] + 0.05 * 14 * (1 - 0.0013 / 0.242) = 10 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 14 / 14 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0013 / 0.242)] + 0.05 * 14 * (1 - 0.0013 / 0.242) = 1.4 \text{ мг/л}$$

3) Придолинно-дренированные плоскостные поверхности с сосново-кедровыми лишайниковыми лесами на подзолистых иллювиально-железистых почвах

$$\mu = 0.42 * 10.2 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0129 / 42.5)] + 0.05 * 10.2 * (1 - 0.0129 / 42.5) = 5 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 10.2 / 10.2 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0129 / 42.5)] + 0.05 * 10.2 * (1 - 0.0129 / 42.5) = 0.9 \text{ мг/л}$$

4) Плоскостные поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах

$$\mu = 0.42 * 10 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0051 / 8.9)] + 0.05 * 10 * (1 - 0.0051 / 8.9) = 7.3 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 10 / 10 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0051 / 8.9)] + 0.05 * 10 * (1 - 0.0051 / 8.9) = 1.2 \text{ мг/л}$$

5) Плоскостные поверхности междуречий с мелкими грядово-мочажинными болотами с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-

кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах

$$\mu = 0.42 * 10.6 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0189 / 10.1)] + 0.05 * 10.6 * (1 - 0.0189 / 10.1) = 5.8 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 10.6 / 10.6 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0189 / 10.1)] + 0.05 * 10.6 * (1 - 0.0189 / 10.1) = 1 \text{ мг/л}$$

б) Плосковолнистые поверхности междуречий с грядово-мочажинными болотами с озерковым комплексом с отдельно стоящими соснами покрытые сфагново-кустарничковой растительностью по грядам и мохово-травяной в мочажинах на верховых торфяных почвах

$$\mu = 0.42 * 12.6 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0019 / 8.1)] + 0.05 * 12.6 * (1 - 0.0019 / 8.1) = 6 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 12.6 / 12.6 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0019 / 8.1)] + 0.05 * 12.6 * (1 - 0.0019 / 8.1) = 1 \text{ мг/л}$$

7) Грядово-мочажинно-озерковый комплекс с отдельно стоящими соснами покрытый сфагново-кустарничковой растительностью на грядах и мохово-травяной в мочажинах на верховых болотных почвах

$$\mu = 0.42 * 9.8 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0425 / 160)] + 0.05 * 9.8 * (1 - 0.0425 / 160) = 4.7 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 9.8 / 9.8 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0425 / 160)] + 0.05 * 9.8 * (1 - 0.0425 / 160) = 0.9 \text{ мг/л}$$

8) Периодически затапливаемая часть речной долины

$$\mu = 0.42 * 12.6 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0036 / 8.61)] + 0.05 * 12.6 * (1 - 0.0036 / 8.61) = 6 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 12.6 / 12.6 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0036 / 8.61)] + 0.05 * 12.6 * (1 - 0.0036 / 8.61) = 1 \text{ мг/л}$$

9) Слабодренируемые плоскозападинные поверхности междуречий с заболоченными сосново-кедровыми лесами на торфяных болотно-подзолистых почвах

$$\mu = 0.42 * 10.3 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0178 / 41)] + 0.05 * 10.3 * (1 - 0.0178 / 41) = 5 \text{ мг/с*км}^2$$

$$p = 0.42 * 10.3 / 10.3 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0178 / 41)] + 0.05 * 10.3 * (1 - 0.0178 / 41) = 0.9$$

мг/л

10) Плоскохолмистые подболоченные участки междуречий с сосново-березовыми травяно-кустарничковыми лесами на болотно-подзолистых почвах

$$\mu = 0.42 * 13.5 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0015 / 1.08)] + 0.05 * 13.5 * (1 - 0.0015 / 1.08) = 7.2$$

мг/с\*км<sup>2</sup>

$$p = 0.42 * 13.5 / 13.5 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0015 / 1.08)] + 0.05 * 13.5 * (1 - 0.0015 / 1.08) =$$

1.2 мг/л

11) Плоские сфагново-осаковые мезотрофные болота на торфяных переходных болотных почвах

$$\mu = 0.42 * 11.6 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0145 / 17.2)] + 0.05 * 11.6 * (1 - 0.0145 / 17.2) = 5.8$$

мг/с\*км<sup>2</sup>

$$p = 0.42 * 11.6 / 11.6 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0145 / 17.2)] + 0.05 * 11.6 * (1 - 0.0145 / 17.2) = 1$$

мг/л

12) Периодически затапливаемая пойма рек сверхвысокого порядка с кустарничково-травяной растительностью на аллювиальных почвах

$$\mu = 0.42 * 10.5 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0156 / 31.1)] + 0.05 * 10.5 * (1 - 0.0156 / 31.1) = 5.2$$

мг/с\*км<sup>2</sup>

$$p = 0.42 * 10.5 / 10.5 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0156 / 31.1)] + 0.05 * 10.5 * (1 - 0.0156 / 31.1) =$$

0.9 мг/л

13) Заболоченные придолинные участки с плоскобугристыми травяно-сфагновыми болотами с отдельно стоящими соснами на верховых торфяных болотных почвах

$$\mu = 0.42 * 13.5 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0016 / 1.39)] + 0.05 * 13.5 * (1 - 0.0016 / 1.39) = 7$$

мг/с\*км<sup>2</sup>

$$p = 0.42 * 13.5 / 13.5 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.0016 / 1.39)] + 0.05 * 13.5 * (1 - 0.0016 / 1.39) =$$

1.1 мг/л

Для всего водосбора р. Почекуйка:

$$\mu = 0.42 * 10.3 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.1603 / 539.94)] + 0.05 * 10.3 * (1 - 0.1603 / 539.94) = 5$$

мг/с\*км<sup>2</sup>

$$p = 0.42 * 10.3 / 10.3 * [1 - 2.7 * (-40 * 0.1603 / 539.94)] + 0.05 * 10.3 * (1 - 0.1603 / 539.94)$$

= 0.9 мг/л

Расчет выноса НУВ с водосбора р. Почекуйка:

Годовой объем стока (м<sup>3</sup>): 76 100 + 97 400 + 70 300 + 68 600 + 73 400 + 87 600 + 67 800 + 87 200 + 71 600 + 94 000 + 80 200 + 73 000 + 93 700 = 1 040 900 м<sup>3</sup>

Среднегодовая концентрация НУВ: 1 + 1,4 + 0,9 + 1,2 + 1 + 1 + 0,9 + 1 + 0,9 + 1,2 + 1 + 0,9 + 1,1 = 13,5 мг/л (0.0000135 т/ м<sup>3</sup>)

Количество выноса НУВ с водосбора: 1 040 900 \* 0,0000135 = 14 т