

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
КОЗЬМЫ МИНИНА»

Факультет естественных, математических и компьютерных наук
Кафедра географии, географического и геоэкологического образования
Направление подготовки 05.03.02 География
Профиль «Рекреационная география и туризм»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Карстово-гидрологическая система озера Ключик Нижегородской области

ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	_____	<u>М.С. Петрова</u>
	<i>(личная подпись)</i>	<i>(инициалы, фамилия)</i>
РУКОВОДИТЕЛЬ	_____	_____
	<i>(личная подпись)</i>	<i>(ученая степень, звание, инициалы, фамилия)</i>
КОНСУЛЬТАНТЫ	_____	_____
	<i>(личная подпись)</i>	<i>(ученая степень, звание, инициалы, фамилия)</i>
	_____	_____
	<i>(личная подпись)</i>	<i>(ученая степень, звание, инициалы, фамилия)</i>
	_____	_____
	<i>(личная подпись)</i>	<i>(ученая степень, звание, инициалы, фамилия)</i>

Допустить к защите

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ _____ **к.г.н., доцент С.А. Соткина**
(личная подпись) *(ученая степень, звание, инициалы, фамилия)*

“ ___ ” _____ 20__ г.

Нижний Новгород – 2018 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
КОЗЬМЫ МИНИНА»

Факультет ФЕМиКН

Кафедра географии, географического и геоэкологического образования

О Т З Ы В

руководителя на бакалаврскую работу

Обучающегося М.С. Петрова

Направление подготовки (специальность) 05.03.02 География

Профиль (специализация) Рекреационная география и туризм

Форма обучения очная курс IV группа ГТ-14-1

Тема: Карстово-гидрологическая система озера Ключик Нижегородской области

Актуальность темы: карстово-гидрологическая система оз. Ключик – уникальный гидролого-геоморфологический объект, крупнейший в Нижегородской области. Подобные структуры представлены в других районах области, но ни одна из них не изучена.

Степень самостоятельности проведенного исследования: работа выполнена с большой степенью самостоятельности, автором выполнен большой объём полевых работ, собран и проанализирован серьёзный объём литературных и картографических материалов, опубликован ряд статей.

Практическая значимость: карстовый процесс, широко развитый в Нижегородской области, оказывает прямое воздействие на хозяйственные объекты. Динамика режима рек и озёр, определяемая карстовыми процессами, влияет на функционирование ландшафтов, что, в конечном счёте, так же сказывается на хозяйственной деятельности.

Недостатки: отсутствует детальный анализ геологических скважин, пробуренных в предыдущие годы в окрестностях озера. Это могло бы послужить серьёзным подспорьем в оконтуривании подземного водосборного бассейна родника Сурин.

Общий вывод: работа представляет собой ценное научное исследование, имеет очевидную научную новизну и широкие перспективы для дальнейшего развития. Автору настоятельно рекомендуется продолжить работу в данном направлении в формате диссертации на соискание учёной степени магистра географии.

Рекомендуемая оценка: отлично.

Руководитель _____ А.Е. Асташин
(личная подпись)

“ ____ ” _____ 20 ____ г.

РЕЦЕНЗИЯ

на бакалаврскую работу обучающегося Максима Сергеевича Петрова
факультета ФЕМикН ФГБОУ ВПО «НГПУ им. К. Минина»

Тема работы: Карстово-гидрологическая система озера Ключик Нижегородской области

Представленная работа актуальна, имеет явно выраженный исследовательский характер, построена на проведении двухлетних полевых исследований и анализе серьёзного объёма фондовых материалов.

Автор не только собрал интересные научные данные о функционировании и структуре уникального карстово-гидрологического объекта, но и проанализировал полученные материалы, обобщив результаты исследований в двух научных статьях.

Исследование требует дальнейшего развития, полученные автором результаты не только пополняют базу научных географических данных, но и ставят новые вопросы и научные задачи.

РЕЦЕНЗЕНТ – Светлана Николаевна Пияшова, к.г.н., доцент кафедры географии, географического и геоэкологического образования НГПУ им. К. Минина

М.П.

“ ___ ” _____ 20__ г.

(личная подпись)

Оглавление

Введение.....	6
Глава I. Теоретические основы изучения гидрологии закарстованных территорий	9
1.1. Условия образования карста	9
1.2. Морфология карста	17
1.3. Гидрогеология карста.....	23
Глава II. Физико-географическая характеристика Правобережья Павловского района Нижегородской области	26
2.1. История изучения природы Павловского района	26
2.2. Географическое положение.....	28
2.3. Геологическое строение	30
2.4. Рельеф	32
2.5. Климат	35
2.6. Гидрографическая сеть	36
2.7. Почвенный и растительный покров	37
2.8. Животный мир	38
Глава III. Гидрологические характеристики подводного источника Сурин	39
3.1. Факторы формирования стока подводного источника Сурин	39
3.2. Динамика расхода воды подводного источника Сурин	42
3.3. Физико-химические свойства подводного источника Сурин.....	47
Заключение	49
Список литературы	50

Введение

Актуальность. По оценкам экспертов Департамента градостроительного развития территории Нижегородской области примерно 25% всей площади области подвержена карстовым процессам (14 тыс. кв. км). Наиболее закарстованным участком является юго-западная часть Нижегородской области. В Павловском районе Нижегородской области закарстованность достигает 75 % и 100% в городе Павлово [49]. Карст имеет важное хозяйственное, научное, рекреационное и культовое значение.

Карстовый процесс напрямую связан с подземными водами – они являются одним из четырёх главных факторов его развития. Репрезентативной территорией для изучения карста может послужить Павловское Правобережье реки Оки.

Выбор оз. Ключик как объекта исследования был сделан в ходе лимнологических исследований 2014 года, когда, в рамках реализации программы изучения озёр Павловского района группа нижегородских географов отметила характерный бирюзовый цвет воды и то, что западная акватория озера не замерзает. Проведя ряд исследований летом 2015 года было установлено, что родник, который питает озеро, разгружается в толще карстующихся пород. Рекордные значения расхода воды родника для Русской равнины привлекли внимание региональных и федеральных СМИ.

Объект исследования – карстово-гидрологическая система озера Ключик Нижегородской области.

Предмет исследования – структура водосбора и динамика расхода воды родника Сурин, разгружающегося на дне оз. Ключик.

Цель: изучение гидрологических характеристик и динамики карстово-гидрологической системы озера Ключик.

Задачи:

1. Рассмотреть теоретические основы изучения гидрологии закарстованных территорий
2. Дать физико-географическую характеристику Правобережья Павловского района Нижегородской области
3. Проанализировать гидрологические характеристики подводного источника Сурин

В данной работе были использованы следующие **методы**:

- анализ литературы;
- картографический;
- геоинформационный;
- экспедиционный;
- классификации.

Публикации и апробация. Материалы исследования были озвучены на Всероссийской научно-практической конференции молодых исследователей «Научное творчество молодежи как ресурс развития общества» (Диплом 1 степени) и опубликованы в региональных и федеральных СМИ. Проект «Динамика расхода воды крупнейшего в Нижегородской области родника Сурин» участвовал в конкурсе студенческих научно-исследовательских работ «Актуальные проблемы географии и географического образования» (номинация «Современные проблемы физической географии», диплом 2 степени). По материалам исследования было опубликовано 2 статьи, 2 заметки на официальном сайте и 4 заметки на официальной странице в социальной сети «ВКонтакте» Нижегородского регионального отделения ВОО «Русское Географическое Общество», 1 отчет по практике по геологии и палеогеографии.

Структура работы. Работа состоит из введения, трех глав и заключения, содержит 10 картосхем, 3 таблицы, 2 графика, 1 рисунок и список литературы из 61 наименования.

Автор хочет выразить благодарность преподавателям кафедры географии, географического и геоэкологического образования Мининского университета, студентам групп ГТ-14-1, ГТ-13-1, ГТ-15-1, ГТ-16-1, ГТ-17-1, ГБ-17-1, ЭП-14-1 Мининского университета, студентам Радиофизического факультета и Института Международных Отношений и Мировой Истории ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Нижегородскому региональному отделению ВОО «Русское географическое общество», ОО «НОТК» за помощь в сборе данных о карстово-гидрологической системе озера Ключик и в проведении полевых исследований в период с 2015 по 2018 год.

Глава I. Теоретические основы изучения гидрологии закарстованных территорий

1.1. Условия образования карста

Каменная соль, гипс, известняк, доломит, мраморы, ангидриты, писчий мел – легкорастворимые горные породы. Воды суши и подземные воды постепенно растворяют их, и в том месте, где они залегают, образуются полости разных размеров. Совокупность процессов образования поверхностных и подземных форм обозначается термином карстовые процессы или карст [1]. Из карстующихся горных пород легче всего растворимы каменные соли и гипсы. Однако из-за особенностей их заложения (разобщенные конкреции в глинах) в природе более распространенным является известковый карст. Сам термин «карст» произошел от горного плато Карст, расположенного в Словении. В той местности в результате выщелачивания известняков, которыми сложено плато, появились специфичные формы рельефа: карры, поноры, воронки, пещеры [19].

Ф.И. Саваренским, И.М. Кухаревым, Д.С. Соколовым и Г.А. Максимовичем были сформулированы основные условия развития карста:

1. наличие растворимых горных пород;
2. их водопроницаемость;
3. в движение воды в массиве горных пород;
4. растворяющая способность воды.

Наиболее распространенными карстующимися минералами являются минералы классов карбонаты, сульфаты, галоиды. Карбонатными называют породы, которые содержат более 50% карбонатных минералов (кальцит CaCO_3 и доломит $\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$) (Горная энциклопедия, Т. II, 1985, с. 508). Залегают в виде пластов, линз, конкреций и сложены минералами группы

кальцита или скелетами известковых организмов. Классификация пород происходит по содержанию кальцита, доломита и магнезита, что определяет типы протекания процесса карста (известняковый, доломитовый, магнезитовый и смешанный тип) [19]. Также карбонатные породы классифицируют исходя из условий накопления: обломочные, биогенные, хемогенные и смешанного генезиса. Обломочные известняки образуются в результате разрушения и перемыва более древних известняков и механической обработки известковых организмов. Биогенные известняки являются продуктом жизнедеятельности животных и растений (биогермы и биоценозы). Хемогенные известняки возникают при процессе седиментогенезе и последующим диагенезе (совокупности природных процессов преобразования рыхлых осадков на дне водных бассейнов в осадочные горные породы в верхней зоне земной горы [22]. Главными породообразующими организмами карбонатных пород являются простейшие мшанки, кораллы, криноидеи, брахиоподы, моллюски, остракоды и различные известковые водоросли. Структуры:

1. Обломочные, по размеру зерен:
 - a. Псефитовые (более 1 мм)
 - b. Псаммитовые (1-0,05 мм)
2. Органогенные:
 - a. Цельнораковинные
 - b. Детритовые
3. Органогенно-обломочные:
 - a. Микрозернистые (0,05-0,005 мм)
 - b. Пелитоморфные (менее 0,005 мм)
 - c. Кристаллически-зернистые с крупными зернами (обычно более 0,05 мм)
 - d. Оолитовые
 - e. Псевдооолитовые

f. Пизолитовые [35].

Текстура карбонатных пород: слоистые (тонко- и толстослоистые), пятнистые, комковатые, оолитовые, пизолитовые, конгломератовидные, стилолитовые. Формы отдельностей плитчатые, параллелепидные, оскольчатые и др.

Сульфатными породами являются: гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и ангидрит (CaSO_4), сложенные одноименными минералами. Структура слоистая, между слоями ионов кальция и сульфатного остатка – молекулы воды. Цвет белый, светло-серый, желтоватый, зеленоватый, красный, черный (гипс). Обладает спайностью весьма совершенной (по 010), совершенной (по 111), несовершенной (по 100). Твердость по шкале Мооса – 2, удельный вес 2,2-2,4 г/см³. Ангидрит имеет светлосерую, почти белую и голубоватую окраску. Серые и желтоватые оттенки обусловлены наличием доломита, глинистого и песчаного материала. Кристаллизуется в ромбической сингонии и обладает совершенной спайностью по трем направлениям. Твердость 2,5-3,5; удельный вес 2,92-3,10 г/см³. Гипсо-ангидритовые породы в основном имеют лагунно-морское происхождение. По происхождению месторождения гипса имеют классификацию по М.Ф. Викуловой [19].

Первичные месторождения: I – лагунные, образованные испарением морской воды; II – континентальные, образованные концентрацией рассеянного материала во внутренних бассейнах (1) или на земной поверхности (2). Вторичные месторождения (все континентальные): I – переотложенные скопления гипса; II – метасоматические за счет замещения карбонатов и растворимых сульфатов гипсом циркулирующими грунтовыми водами, содержащими ион серной кислоты (1), или путем воздействия на известняки сернистых источников и вулканических агентов (2); III – месторождения «кепрок» (гипсовых или гипсово-ангидритовых

шляп) соляных куполов; IV – месторождения выветривания за счет гидратации ангидритов.

Структура гипса и ангидрита подразделяются на первичные и вторичные [45]. Первичные структуры возникают при выпадении минералов из раствора:

1. Микро-, тонко-, мелко- и среднезернистая, крупно- и грубозернистая для континентальных гипсовых образований
2. Брусковидная
3. Параллельно- или спутанно-волокнистая
4. Идиометрически-зернистая для двухкомпонентных пород.

Вторичные структуры возникают в результате частичной или полной перекристаллизации, или замещения пород.

1. Кристаллобластовые (за счет диагенеза и эпигенеза)
 - а. По крупности:
 - i. Тонкозернистые
 - ii. Мелкозернистые
 - iii. Среднезернистые
 - iv. Крупнозернистые
 - v. Грубозернистые
 - б. По форме и расположению зерен:
 - i. Равнозернистые (мозаичная, пластичная или таблитчатая, параллельно- и перепутанно-чешуйчатая, волокнистая, радиально-лучистая)
 - ii. Неравнозернистые (пластичная, чешуйчатая, волокнистая, радиально-лучистая с резко различными размерами составляющих индивидов, порфибластовая, псевдопорфиробластовая, пойкилобластовая, идиометрически зернистая)

2. Метасоматические (за счет замещения или разложения вещества под влиянием водных растворов):

а. Остаточные

- i. Остаточно-зернистая
- ii. Таблитчатая
- iii. Перистая
- iv. Венчиковая
- v. Порфировидная
- vi. Пойкилобластовая

б. Собственно-метасоматические

3. Катакlastические (брекчиевидные структуры)

4. Кристаллопластические структуры (с изогнутыми пластичными кристаллами).

Из класса галоидов наиболее распространённая - каменная соль. Является мономинеральной породой, состоит из кристаллов галита (NaCl). Каменная соль характеризуется кристаллически-зернистой структурой. В Горной Энциклопедии указано [21], что галит кристаллизуется в кубические сингонии, структура координационная. Обычно встречается в виде зернисто-кристаллических агрегатов, реже слагает параллельно-волоконистые агрегаты, натечные корки, сталактиты, налеты, выцветы, друзы, скелетные формы. Галит бесцветен и прозрачен, чаще серовато-белый. Спайность совершенная по кубу, твердость по шкале Мооса - 2. Имеет лагунно-морское, вулканическое происхождение.

Вторым условием развития карста как процесса является водопроницаемость пород. Она обусловлена трещиноватостью, пористостью и кавернозностью, трещиноватостью в сочетании с пористостью. Трещина – это разрыв сплошности горных пород, перемещение по которому либо отсутствует, либо имеет незначительную величину [27]. Отличается резким преобладанием протяженности во всех

направлениях стенок трещин над расстоянием между стенками. Трещины появляются в результате изменения физико-химических свойств пород (высыхание, уплотнение, перекристаллизация и др.), тектонических движений (сбросы, взбросы, надвиги, сдвиги) и процесса выветривания. Они являются основным путем движения воды в породе. Подземные формы карста (полости, пещеры) являются результатом растворения стенок трещин. Г.Н. Авдеев и С.Н. Чернышев отмечают, что существует эволюция трещин и состоит она из трех этапов: 1) законсервированные, возникающие на предыдущих этапах; 2) унаследованные, развивающихся на новом этапе; 3) новообразованные. Все виды трещин в карстовых массивах преобразуются карстом. Изучение трещиноватости производят на обнажениях, керне буровых скважин, стенках пещер, колодцев и шахт. Существует трехэтапная система исследования трещиноватости горных пород, созданная И.Н. Васильевым и Л.П. Задорожной. На первом этапе собирается фактический материал (элементы ориентировки, характер стенок, размеры элементов трещин (заяние, протяженность), состав заполнителя, водопроявление, фиксирует приуроченность трещин к элементам тектонической структуры и литологическим комплексам). Второй этап включает в себя статистическую обработку первичного материала для дальнейшей группировки в соответствии с задачами исследования. Третий этап – аналитический – состоит из анализа сгруппированного материала на фоне тектонических, литологических, инженерно-геологических либо гидрогеологических характеристик и составляется математическая модель и прогноз этого явления [11].

Пористость горных пород – совокупность пустот (пор), заключенных в горных породах [50]. Выражается отношением объема всех пор к общему объему горных пород. Поры в горных породах по размеру бывают мегاپоры (может достигать несколько м³), макропоры (каверны) (диаметр более 0,1 мм) и микропоры (менее 100 мк) [28]. Микропоры в свою очередь

подразделяются на субкапиллярные (менее 0,2 мк), капиллярные (0,2-100 мк), сверхкапиллярные (более 100 мк). По форме могут быть: 1) пузырьчатые, 2) каналовидные, 3) щелевидные, 4) ветвистые и др. Различают пористость:

1. Общая – суммарный объем всех полостей
2. Закрытая – совокупность замкнутых, не имеющих между собой сообщения, пор
3. Открытую (эффективную) – совокупность сообщающихся между собой пор и пустот, по которым возможно движение жидкости или газа. Имеет важную роль в развитии карста [19].

Трещины и поры в сочетании образуют единую гидравлическую систему. Некоторые породы даже при значительной пористости не карстуются без трещин (например мел).

Массив карстующихся горных пород разделяется на область питания (инфильтрация и инфлюация атмосферных осадков и поверхностных вод), область подземного стока и область разгрузки или выхода карстовых вод. Основные условия движения карстовых вод определяются:

1. Литологической неоднородностью массива
2. Дислоцированностью
3. Глубиной эрозионного расчленения
4. Степенью закарстованности

Г.А. Максимовичем были выведены и дана характеристика следующим гидродинамическим зонам:

1. Зона поверхностной циркуляции (зона стекания атмосферных осадков и талых вод по поверхности; поглощение поверхностных вод в трещины, поры, воронки)

2. Зона вертикальной нисходящей циркуляции (периодической циркуляции по И.К. Зайцеву или аэрации по Д.С. Соколову) (зона процесса инфильтрации и инфлюации)
3. Подзона подвешанных карстовых вод (на участках развития местных водоупоров в виде менее карстующихся пород)
4. Зона сезонных колебаний уровня карстовых вод
5. Зона горизонтальной (субгоризонтальной) циркуляции карстовых вод (горизонт карстовых вод с концентрированным стоком в сторону области разгрузки)
6. Зона глубинной циркуляции (горизонт напорных трещинно-карстовых вод, который залегает ниже эрозионных врезов)
7. Зона поддолинного движения карстовых вод (под руслами рек)
8. Зона сифонной циркуляции (зона восходящего движения напорных карстовых вод по тектоническим нарушениям по К.А. Горбуновой)

Четвертой составляющей карстового процесса состоит в растворяющей способности водных растворов и растворимости горных пород. Растворимость – это способность соли переходить в раствор. Способность воды растворять соли (или ее агрессивность) определяется недонасыщением или емкостью раствора. Растворимость минералов характеристика непостоянна и зависит от энергии решетки кристаллов, размера, наличия примесей, термодинамических условий [37]. Например, растворимость NaCl , CaSO_4 и CaCO_3 в дистиллированной воде при температуре 25°C равны 320, 2,1, 0,015 г/л соответственно. Растворяющая способность водных растворов различна в зависимости от состава и концентрации растворенных солей. Известно, что наличие CO_2 в водном растворе увеличивает ее агрессивность.

Наименьшей растворимостью из основных минералов, образующие карстовые массивы обладает CaCO_3 . Увеличение этого показателя связано с наличием в водном растворе диоксида углерода. Однако, по данным В.М.

Левченко при увеличении температуры и при увеличении концентрации солей в водном растворе растворимость углекислоты снижается. Гипс имеет большую растворимость, чем кальцит. Значение растворимости гипсов и ангидритов зависит от температуры, скорости движения потока растворителя. При температурах ниже 42° С растворимость ангидрита выше, чем гипса, но при увеличении температуры растворимость обладает обратной зависимостью. Растворимость каменной соли возрастает с увеличением температуры, оставаясь высокой в температурном интервале от 0 до 100° С.

1.2. Морфология карста

В результате проявления карстовых процессов образуются карстовые формы рельефа. Морфология карста зависит от литологических (какие породы карстуются), структурно-геоморфологических (равнинный или горный рельеф), климатических условий, типа карста (голый, задернованный, покрытый), его возраста. Г. А. Максимович разработал на основе работ Д.С. Соколова классификацию основных карстовых форм (Таблица 1) с описанием основных генетических процессов, которые сформировали эти структуры. Кроме отрицательных форм (понижения и полости) карстовыми могут быть и положительные формы (мосты и арки). По размерам выделяют мезоформы (карстовые бугры и холмы равнин и полей) и макроформы (карстовые останцы в виде больших холмов и небольших гор).

Карры (шратты) – различной формы углубления на поверхности карстующихся пород, разделенные выступами, глубиной несколько сантиметров, реже – более метра [19]. На территории Русской равнины они редки в связи с тем, что они характерны для участков голого (лишенного почвенно-растительного покрова) карста. Образуются при выносе растворенного вещества стекающими по кровле струйками воды.

Распространены в Альпах, восточной части Пиренеев, на полуострове Крым.

Поноры – округлые или щелевидные отверстия в кровле карстующихся пород, переходящие в вертикальные каналы или трещины с поперечником 15-20 см, в единичных случаях до 1 м [19]. Образуются в результате растворения и размыва трещиноватых карстующихся пород водами и представляют собой небольшие вертикальные, округлые каналы или расширенные растворением трещины. По мере развития поноры превращаются в воронки.

Карстовые колодцы – колодцеобразные вертикальные каналы с поперечником от 1-3 до 5 м и глубиной, условно принятые за 20 м. По происхождению подразделяют на коррозионные, нивально-коррозионные, гравитационно-провальные.

Таблица 1. Классификация основных карстовых форм (по Г.А. Максимовичу [37])

		В растворимых породах		В нерастворимых породах, покрывающих закарстованные или прилегающие к ним	
Поверхностные	Формы	Основные генетические процессы	Формы	Основные генетические процессы	
	Карры	Растворение, эрозия (на крутых склонах)			
	Карры и каверны рифов	Растворение при участии морских вод			
	Карстовые ниши	Растворение, выветривание иногда при участии подмыва			
	Поноры	Растворение, эрозия			
	Карстовые воронки:		Воронки		
	Коррозионные	Растворение	Карстово-суффозионные	Суффозия с вывозом материала в подземные карстовые полости	
	Коррозионно-эрозийные	Растворение, эрозия	Коррозионно-просадочные	Просадка покровных отложений и понижения, образованные растворением в верхней части карстовой породы	
	Провальные	Подземное растворение, обрушение	Коррозионно-провальные	Обрушение покровных отложений в понижения, образованные растворением в верхней части карстовой породы	
	Восходящих источников	Эрозия, растворение	Коррозионно-оползневые	Оползание покровных отложений в воронке	
	Карстовые долины:	Растворение, эрозия	Карстово-эрозийные овраги	Эрозия с выносом материала в подземные карстовые полости	
	Слепые	Эрозия, растворение	Карстово-эрозийные поля	То же самое	
	Полуслепые	Подземное растворение, обрушение			
	Мешкообразные				
	Карстовые останцы	Растворение, эрозия			
	Карстовые мосты, арки	Растворение, обрушение сводов пещер			
	Донгласы	Растворение			
	Карстовые котловины, поля	Растворение, эрозия, обрушение (иногда)	Карстово-суффозионные провальные шахты	Суффозия с выносом материала в подземные карстовые полости и обрушение	
Карстовые колодцы, шахты, пропасти	Растворение, эрозия, просадка, обрушение	Провальные воронки	Обрушение покровных и карстовых отложений в подземную карстовую полость		
Подземные	Закарстованные трещины	Растворение, (эрозия)	Карстово-суффозионные каналы и полости	Суффозия с выносом материала в подземные карстовые полости	
	Карстовые пещеры, каналы	Растворение, подземная эрозия, обрушение			
	Подземные карры	Растворение, эрозия			
	Каверны, вторичная пористость	Растворение			

Карстовые шахты В.Н. Дублянский отличает от колодцев полости, у которых глубина больше 20 м и больше ширины и длины у входа. По З. К. Тинтилову шахта – это вертикальная полость с меняющимся

поперечником и обязательным переходом вертикального ствола в заловидные расширения (иногда на разных уровнях), часто имеющие большие размеры [53]. Вертикальные шахты и колодцы на глубину могут переходить в пещеры.

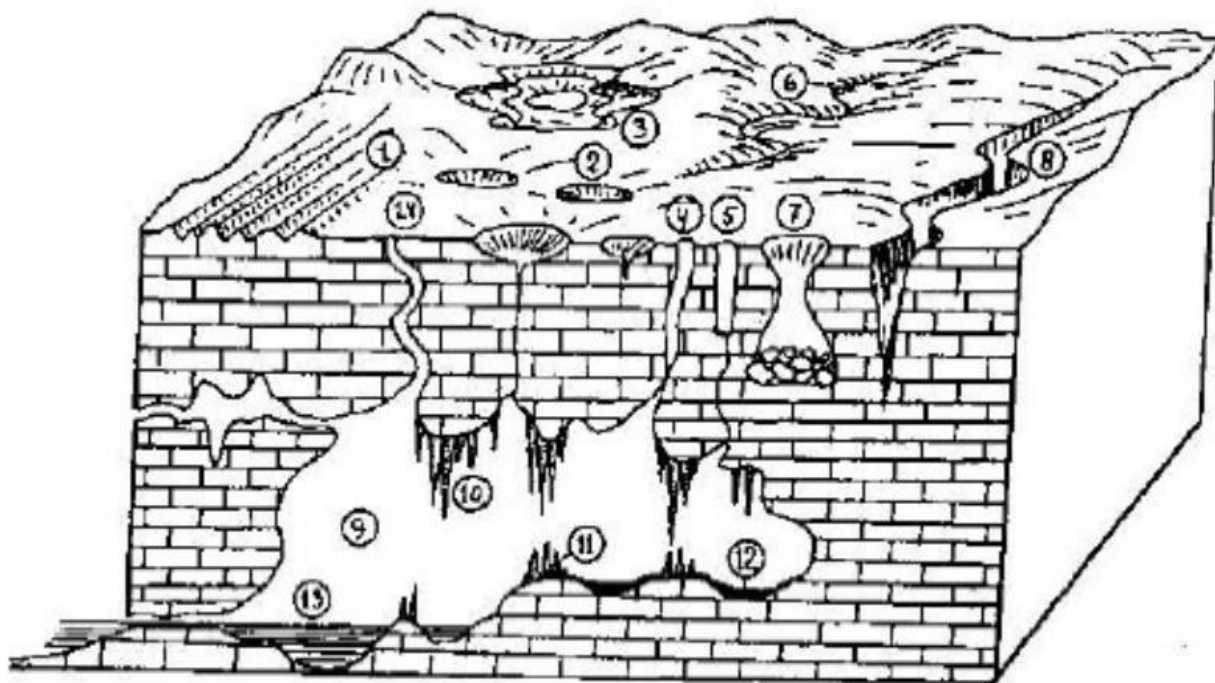


Рисунок 1. Карстовые формы рельефа (1 – карры; 2 – воронки; 3 – полье; 4 – колодцы; 5 – шахты; 6 – исчезающие реки; 7 – провальные воронки; 8 – лог; 9 – пещера; 10 – сталактиты; 11 – сталагмиты; 12 – «терра-росса»; 13 – пещерное озеро) [33].

Карстовые воронки – блюдцеобразные, чашеобразные, конусообразные, цилиндрические понижения диаметром до 100 м и глубиной до 25 м [20]. Воронки – это самый распространенная форма карстового рельефа. В отдельных районах количество карстовых воронок исчисляется тысячами штук. Существует 4 генетических вида воронок:

1. Коррозионные (воронки поверхностного выщелачивания, образуются на участках голого карста)
2. Коррозионно-просадочные (образуются путем постепенной просадки покровных некарстующихся отложений в полость)

3. Коррозионно-суффозионные (воронки просасывания, являются следствием суффозии рыхлых покровных отложений по трещинам в кровле карстующихся пород нисходящими водами)
4. Провальные (образуется в результате обрушения кровли подземных полостей, которые возникают непосредственно под покровными отложениями).

Участки земной поверхности небольшой площадью (не более 2 км²), покрытые воронками, называют карстовыми полями. Характеризуются плотностью, коэффициентом площадной закарстованности, коэффициентом карстовой денудации [20].

Карстовые котловины – замкнутые карстовые понижения, часто сложной формы с поперечником более 100-200 м и глубиной более 5-10 м. в западноевропейской литературе известны под названием «увала». В условиях влажного климата или при кольматации трещин и поноров дна котловины заболачиваются и превращаются в озеро карстового происхождения. Карстовая депрессия – котловина с поперечником от 1-3 до 10 км и отличается доминирующим процессом образования (эрозия). Чаще всего по происхождению депрессии – эрозионно-карстовые, однако К.А. Горбунова и К.Г. Бутырина в районах сульфатного карста Пермского края выделяют: карстовый, эрозионно-карстовый, карстово-эрозионный и карстовые, частично или полностью погребенные типы депрессий [20].

Карстовый лог – сильно вытянутые формы, замкнутые, с висячим устьем или открытые в речную долину, чаще всего эрозионно-карстового происхождения [19].

Карстовый ров – сильно вытянутое углубление с неровным дном, осложненные понорами и воронками [19].

Существуют несколько определений поля, которые были даны И.С. Щукиным, Г.А. Максимовичем, Н.А. Гвоздецким, Г.И. Рычаговым, Д.

Гавриловичем, Б. Жезом и все эти определения объединяют следующие факты:

1. это форма большого размера
2. плоское дно
3. крутые склоны, резко переходящие в дно
4. выход карстовых вод
5. исчезновения рек
6. наводнения
7. избирательная эрозия
8. приуроченность к определенным тектоническим структурам.

В терминологическом словаре Уральского государственного университета к дисциплине «Современная геоморфология» [24] под полем понимается – замкнутая впадина карстового происхождения с крутыми бортами и плоским дном. Площадь от нескольких квадратных километров до 300—400 квадратных километров. На дне могут находиться постоянные или временные озёра и исчезающие под поверхностью земли водотоки. Иногда поля predeterminedены тектоникой, но обязательно должны иметь карстовые каналы для подземного выноса продуктов растворения и размыва. Распространены в известняковых областях Балканского полуострова, в Крыму, на Кавказе и в других районах.

В том же терминологическом словаре под останцом понимается изолированная возвышенность, остаток разрушенной и сниженной процессами денудации более высокой поверхности [24]. В основном авторы (Максимович, Горбунова) выделяют останцы тропического климата, вне тропических областей, природные каменные столы и грибы, погребенные палеокарстовые останцы. В карстовых областях сложенные известняками, реже гипсом и солью наблюдаются естественные мосты. Они образовались при поднятии карстующихся пород и врезании реки в зоне горизонтальной циркуляции.

1.3. Гидрогеология карста

В классификации подземных источников карстовые воды выделяются особо. Они обладают рядом особенностей формирования и распространения. Карстовые воды формируются за счет основных, второстепенных и местных источников. Основными источниками питания карстовых вод являются атмосферные осадки и конденсационные воды, а в холодных зонах земного шара — талые снеговые и фирновые воды, воды ледников. К второстепенным источникам относятся поступающие в некоторые карстовые массивы поверхностные воды исчезающих рек и озер, подземные воды: грунтовые, пластовые артезианские, трещинные и др. местными источниками питания карстовых вод являются более редкие и развитые в особых условиях термальные и другие минеральные воды, морские воды морских мельниц островов карстовых районов, стоки, сбрасываемые промышленными предприятиями, и др.

Карстующиеся породы наиболее развиты в трех основных обстановках: в осадочном чехле платформ, в складчатом фундаменте платформ и горных складчатых областях.

Осадочный чехол платформ характеризуется преобладанием крупных артезианских бассейнов и выделяют следующие элементы: области питания, поглощения, перелива, стока, дренирования карстовых, трещинно-карстовых и пластово-карстовых вод. Карстовые воды Русской равнины в связи с наличием водопроницаемых пород вначале проходят процесс инфильтрации через песчаники и только потом в результате процесса инфилюации проходит по трещинам в карстующихся породах. Артезианские бассейны карстовых вод платформенного типа делят на: открытые приморские бассейны карстовых вод (Юкла в Австралии), закрытые артезианские бассейны платформ (артезианский бассейн Силурийского плато).

В гидрогеологических складчатых областях выделяют следующие зоны бассейнов подземных вод [17]:

1. Области питания карстовых вод
2. Области поглощения атмосферных осадков (приурочены к водоразделам и склонам и обычно совпадают с поверхностным водосборным бассейном)
3. Области выклинивания подземных вод (выход на поверхность, обычно в нижних частях склонов).

Также выделяются 5 типов карстовых бассейнов горных стран: 1) Карстовые бассейны, сложенные слоями карбонатных пород, которые лежат на кристаллическом фундаменте (близкие по условиям – карстовый бассейн Горного Крыма); 2) карстовые бассейны синклинального типа, сложенные смятыми в складки карбонатными породами (распространены на восточном склоне Урала и некоторые карстовые бассейны Большого Кавказа); 3) карстовые бассейны блоков, зажатых среди кристаллических и метаморфических пород фундамента (карстовые бассейны Забайкалья); 4) карстовые бассейны горных сооружений типа кавказских, приуроченные к юрким и меловым известнякам; 5) карстовые бассейны сложного строения типа Восточного Саяна, Енисейского кряжа.

Грунтовые воды карстовых массивов могут разгружаться в виде наземных и подводных источников, также могут питать подземные воды некарстующихся массивов. По условиям выхода могут делиться на денудационные, трещинные, приморские и смешанные [38]. В группу денудационных входят 4 типа источников: эрозионные (когда процесс эрозии вскрывает карстующиеся породы; делится на склоновые, долинные, террасовые, русловые подводные), горные денудационные (скрытие пород происходит в результате смыва со склонов, оползней и обвалов; делятся на привершинные и склоновые, переливающиеся), источники польев (возникают в процессе тектонических движений и денудации), плотинные

(когда карстующиеся породы сменяются некарстующимися водоупорными породами). Трещинные источники возникают в зонах тектонических нарушений, они выводят воды зон сифонной, глубинной, иногда подрусловой циркуляции. Приморские источники появляются в карстовых районах в приморской полосе (на берегу или дне моря). Бывают: абразивные (выходят по берегам морей), погруженные (выгружаются на дне морей). Смешанные источниками называют те, у которых две и более причин выхода вод.

Одна их характеристик водоносных пород является уровень грунтовых вод. Для территориальной характеристики подземных источников используется карта гидроизогипс. Гидроизогипсы – это линии которые соединяют точки с одинаковыми уровнями поверхности грунтовых вод. Карты составляют на основе отчетов о бурении скважин (координаты, абсолютная высота заложения, глубина выхода подземных вод) с помощью метода интерполяции. На основе этих материалов можно сделать выводы о направлении движения подземных вод, скорость фильтрации, глубину заложения [58].

Глава II. Физико-географическая характеристика Правобережья Павловского района Нижегородской области

2.1. История изучения природы Павловского района

Изучение физической географии Нижегородской области началось в XIX веке и связаны с именами известных естествоиспытателей Г.П. Гельмерсена, Р.И. Мурчисона, Э. Вернейля, А. Кейзерлинга, Н. Какшарова, А.А. Штукенберга, С.Н. Никитина, В.П. Амалицкого, П.И. Кротова, А.В. Нечаева, А.П. Павлова, И.И. Лагузена, Д.И. Иловойского, Н.М. Сибирцева, Н.А. Богословского, В.И. Снежневского и др. Большой вклад в изученность Нижегородского Поволжья внес основатель почвоведения Василий Васильевич Докучаев. В его «Материалах к оценке земель Нижегородской губернии» Докучаев обобщил знания о геологическом строении, почвах, рельефе и экономическом положении изучаемой территории.

В XX веке в довоенный период на территории Нижегородской области составлялась стратиграфическая схема региона (труды А.Д. Арзангельского, А.Н. Мазаровича, А.Н. Розанов, М.С. Швецов, В.К. Лихарева, Е.М. Люткевича, А.Н. Волкова); составлена геологическая карта О-38 (масштаб 1:1000000); начались геологическая разведка для проектирования Горьковской ГЭС. Комплексное описание рельефа Нижегородской области производились в 20-30х годах и стала основой для дальнейшего физико-географического районирования региона.

Начиная с 1941 года происходили нефтепоисковые работы по всему СССР. В Нижегородской области первые отчеты и заключения опубликованы в 1944 году [47]. Результатами этой работы стали две монографии А.А. Бакирова, работы Д.Л. Фрухта, М.М. Толстихина. В середине 50-х годов в связи с проектированием Чебоксарской ГЭС проводилась инженерно-геологическая съемка вдоль низких террас Оки и Волги. В 60-х годах производятся гидрогеологические исследования

Горьковской области. В период 1968-1972 гг. Б.И. Фридманом были проведены геолого-гидрогеологосъемочные работы масштаба 1:200 000. В результате появился труд «Геологическое строение и гидрогеологические условия слияния рек Оки и Волги» в 1972, по материалам которого составляли геологическую карту РФ листов О-38-32, О-38-33. В это же время были попытки провести агропочвенное, ботаническое, агроклиматическое, геоморфологическое районирование Нижегородской области. Комплексное физико-географическое районирование Среднего Поволжья было сделано в середине 60х годов Ступишиным, и была дополнена Александром Тимофеевичем Харитонычевым в конце 70-х, середине 80-х годов.

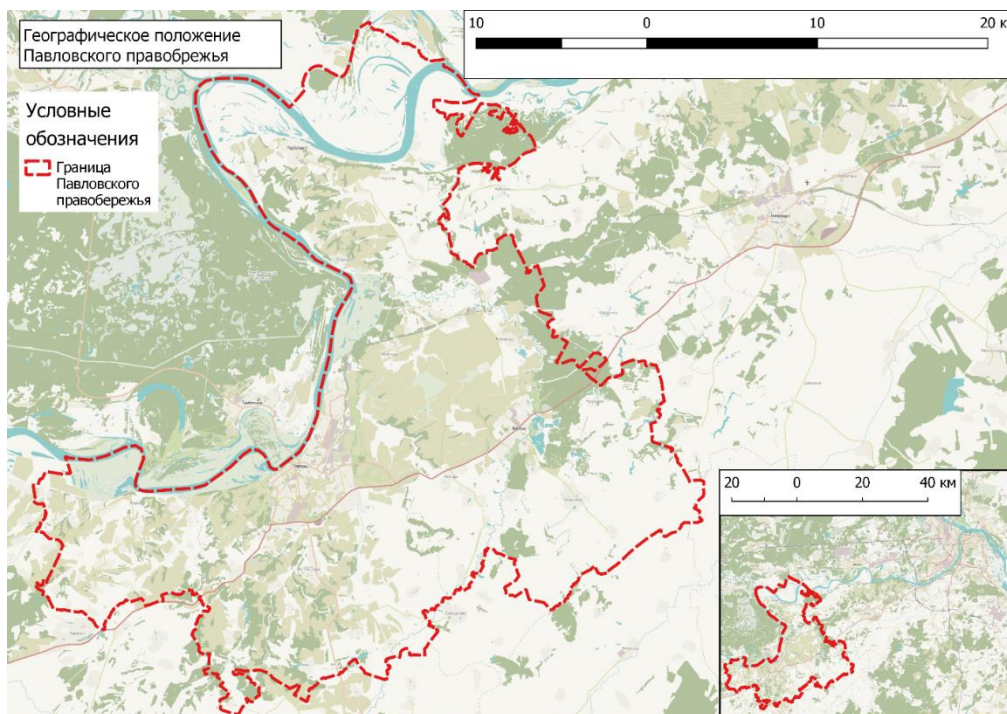
В 1990-е годы производилась систематизация геолого-геофизической информации в ходе реализации федеральной программы геологоразведочных работ на нефть и газ в Урало-Поволжье. После написания монографии «Геологические путешествия по горьковской земле» [34], Борис Исаевич Фридман выпускает продолжение [57], где он обобщает знания о рельефе на основе прошлых обобщений (1924, 1935 и материалов геологической съемки середины 70-х годов).

В начале XXI века выходят Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1: 1 000 000 (новая серия). Обобщая труды предшественников сотрудниками кафедры физической географии Нижегородского государственного педагогического университета им. К. Минина (с 2013 – Мининский университет) в 2006 году выходит монография «Современные ландшафты Нижегородской области» [13]. В 2012 году А.Е. Асташин и К.С. Корнилова опубликовали статью, где на основе полевых исследований была произведено ландшафтное районирование Павловского района на уровне ландшафтов [3]. После описания в 2015 году характеристик родника на дне озера Ключик (Грудцинский сельсовет) начал функционировать гидрологический пост на

реке Сурин [42]. В 2018 году выходит новое издание Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1: 200 000 листов О-38-XXXII и О-38-XXXIII [46, 47]. На территории Павловского района продолжается работа по ландшафтной дифференциации на уровне типов местности. Первая часть работы, направленная на изучение Павловского заочья закончилась в 2014 [4], в мае 2018 – продолжение работы на территории Павловского правобережья (ландшафтная дифференциация на уровне фаций).

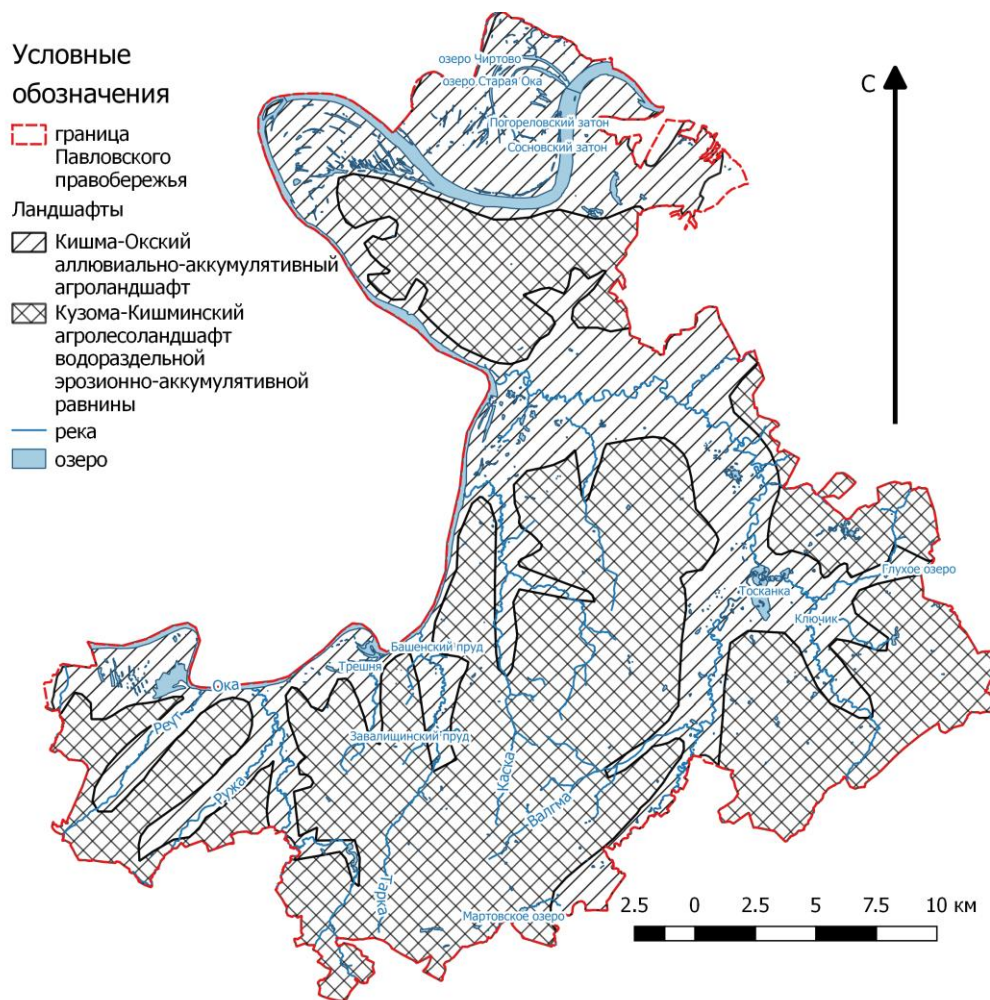
2.2. Географическое положение

Павловский район находится на западной окраине Нижегородской области. Районный центр - город Павлово. Его координаты $55^{\circ}57'43''$ с.ш. $43^{\circ}05'24''$ в.д. Граничит с Володарским (на севере), Богородским (на востоке), Сосновским (на юге), Вачским (на юго-западе) районами и с Владимирской областью на западе. Границы проведены в основном по гидрологическим объектам: рекам Ока, Ворсма, Суворощь.



Картосхема 1. Географическое положение Павловского правобережья [26]

Павловский район можно делить по реке Ока на левобережную низменную часть и возвышенную правобережную. Границей Павловского Правобережья является река Ока с одной стороны и восточная, юго-восточная граница Павловского района – с другой.



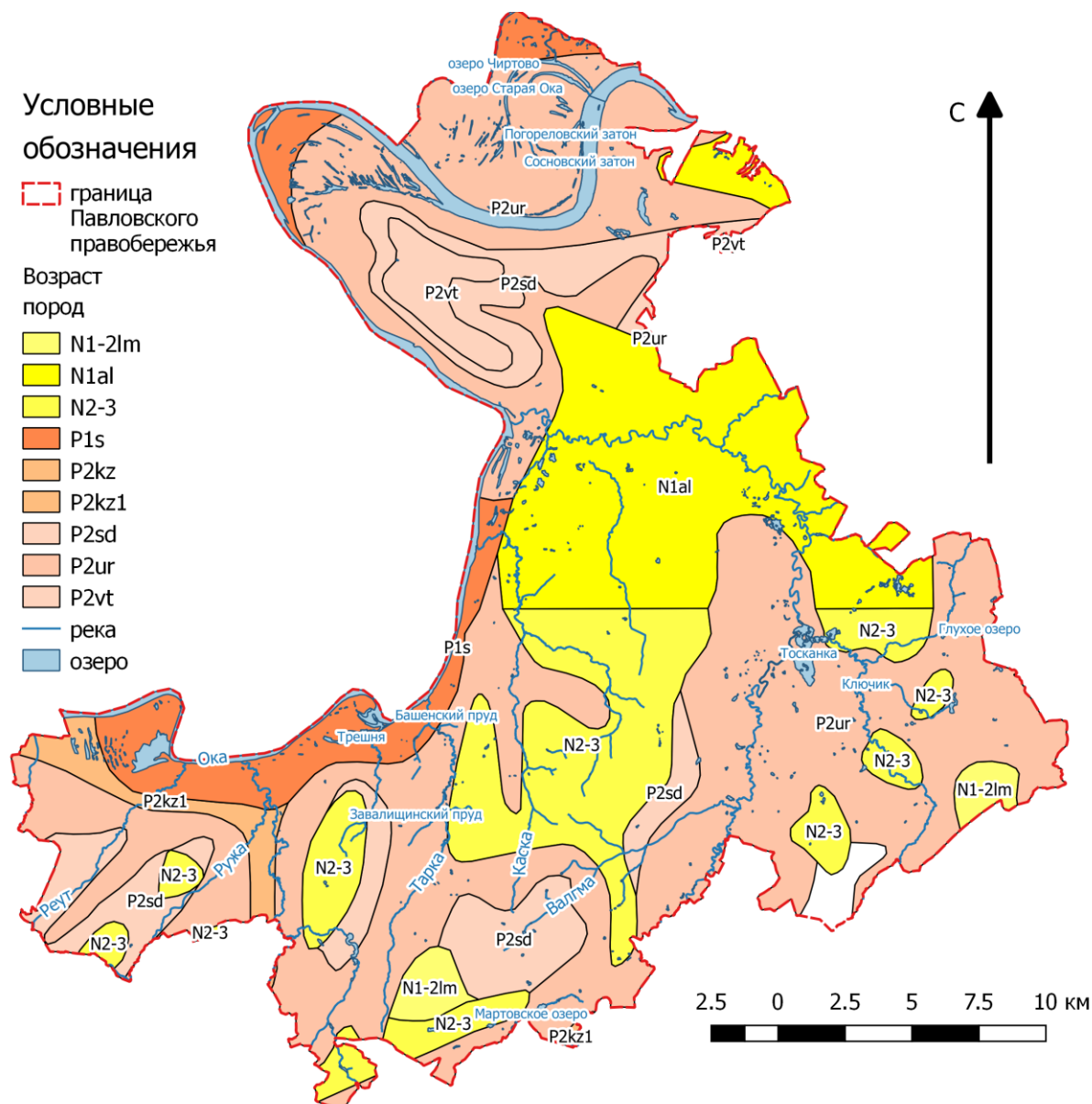
Картосхема 2. Ландшафты Павловского правобережья [3]

На территории Павловского правобережья выделяется два ландшафта, которые относятся к подзоне смешанных лесов Приокского дубравного района – Кишма-Окский аллювиально-аккумулятивный агроландшафт и Кузума-Кишминский агролесоландшафт водораздельной эрозионно-аккумулятивной равнины [3].

2.3. Геологическое строение

Павловский район находится в пределах Сарматской плиты Восточно-Европейской платформы. В раннеархейское время территория входила в состав единой катархейской платформы. Позже произошло отделение друг от друга Варяжской плиты, к которой относится Волго-Окское Левобережье, и Сарматской плиты, к которой относится Волго-Окское Правобережье. В результате последующего подъема Сарматской плиты сформировалась крупная положительная структура – Волжско-Камская антеклиза. Варяжская плита медленно опускалась и образовала вогнутую отрицательную структуру – Московскую синеклизу. На севере проходит граница со Владимиро-Казанской межой [57]. В конце Карельской складчатости (конец раннего протерозоя) территория восточной части Европы перешла из геосинклинального режима развития к платформенному. Именно с того момента начинается активное накопление осадочного чехла. Кристаллический фундамент залегает на глубине около полутора километров и представлены в основном гранито-гнейсами и гнейсами. Самые древние породы этой платформы относятся к рифею и венду. Сегодня, на территории района низкая тектоническая активность и

колебания блоков земной коры практически отсутствует.



Картосхема 3. Геологическое строение Павловского правобережья [14]

Отложения протерозоя практически не сохранились. Начиная с девонского периода территория Павловского района была залита мелководным морем и до конца пермского периода были накоплены огромные толщи гипсов, ангидритов, доломитов, известняков, глин, мергелей [34]. В эпоху палеозоя на территории Нижегородской области проживали плеченогие, мшанки, моллюски, криноидей, кораллы и черви.

Пермский период ознаменовался началом тектонической активности в районе современного Урала. В начале этого периода на территории Нижегородской области уровень моря был нестабилен. За периодами регрессии моря (из-за тектонических поднятий), когда накапливались лагунные горные породы (гипс, ангидрит, каменная соль) следовали периоды трансгрессии (из-за тектонических опусканий), которые ознаменовались накоплением карбонатных пород на гипсово-ангидритовые толщи. Татарский век (250-175 млн. лет) характеризуется сильной тектонической активностью в районе Уральского хребта. На то время молодые горы были высотой 2,5-3 км, действующие вулканы выбрасывали кубические километры водяного пара, что отражалось на климате территории. Постоянные дожди в горах смывали обломочный материал на периферию и накапливались поверх гипсовых, соляных и известковых толщ. Начали формироваться толщи песков, песчаников, глин и мергелей. В связи с цикличностью фаз сноса обломочного материала на Восточно-Европейскую платформу выделяют уржумский, котельнический и вятский циклиты с более мелким делением на циклиты меньшего порядка (2-го и 3-го). Циклит начинается слоем грубообломочных пород и завершается мелкообломочным глинисто-мергелистыми и карбонатными породами. Даже при общей характеристике наслоения есть у этих пород различия: уржумский горизонт выделяется большей карбонатностью и загипсованностью; котельнический и особенно вятский – преобладанием средне- и грубообломочных разностей пород [34].

В четвертичном периоде на территории Павловского района, как и в Нижегородской области было несколько периодов оледенения, что отразилось в четвертичных отложениях. В Правобережье представлены лессы, суглинки, пески, моренный гравий.

2.4. Рельеф

Правобережье состоит из орографических районов Приволжской возвышенности: Мстёрско-Космодемьянской гряда (в районе г. Горбатов) и Стародубье [57]. В Павловском Правобережье рельеф представлен многоярусными асимметричными возвышенными равнинами на отложениях татарского яруса. Основные формы рельефа представлены оврагами, балками и многочисленными карстовыми формами рельефа. По общности форм рельефа были выделены типы местности в системе ландшафтного районирования Русской равнины: (Кузрома-Кишминский агролесоландшафт водораздельной эрозионно-аккумулятивной равнины) водораздельно-увалистый (слабоволнистая эрозионно-аккумулятивная равнина), долинно-балочный (рельеф речных долин и обширных балок), приречно-склоновый (короткие глубоко врезаемые балки), карстовый (карстовые воронки, приуроченные к эрозионным врезам); (Кишма-Окский аллювиально аккумулятивный агроландшафт) пойменный (сырая аккумулятивная равнина, слабоволнистая равнина), прибрежно-озерный (низменная сырая равнина с отчетливым уклоном 2-3 градуса). Максимальная высота - 194 м., минимальная – 66 м (Картосхема 4). На рельеф влияло два главных фактора: литогенная основа (кристаллический фундамент и дочетвертичные отложения), действия экзогенных процессов, связанные с покровным оледенением (днепровское, около 170 тыс. лет

Условные обозначения

— граница Павловского Правобережья

— населенные пункты

— изогипсы

— озеро

— река

высота, м

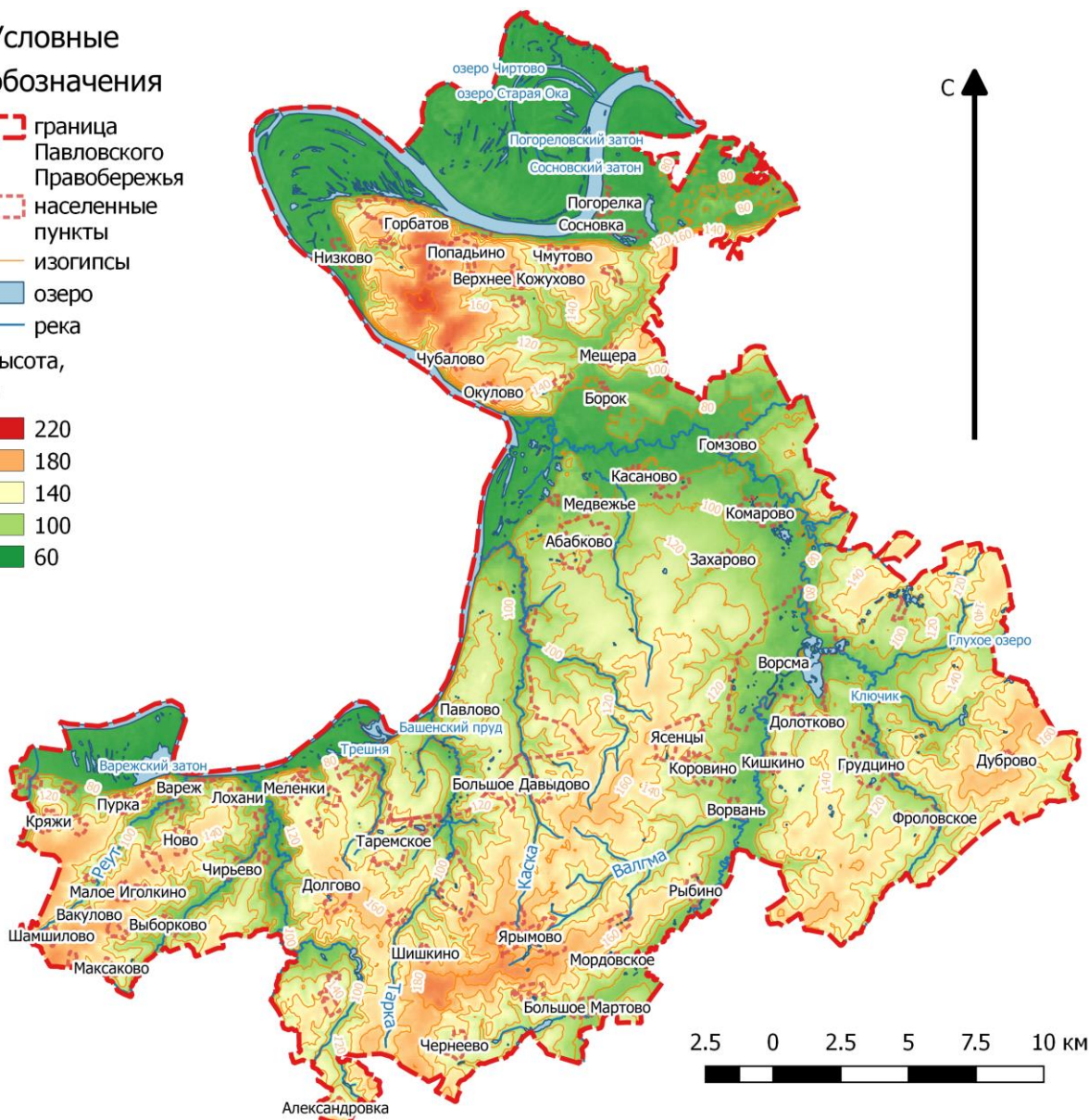
220

180

140

100

60



Картосхема 4. Рельеф Павловского правобережья [26]

Например, в местностях, сложенных татарскими породами (пермской системы), при значительных уклонах обычно формируются длинные и ветвистые овраги. Склоны, сложенные глинисто-мергелистыми породами, подвержены оползневым явлениям. Водоупорные глины, расположенные близко от дневной поверхности, являются причиной заболачивания местности. Легко водопроницаемые

татарские породы подвержены сильному выщелачиванию и образованию карста.

2.5. Климат

Климат Павловского района в целом характерен для климата центра Европейской части России (умеренно-континентальный). Для умеренного пояса характерны четыре четко выраженные времени года: снежная зима, теплое лето и два переходных периода: весна и осень. Границы между сезонами приняты по изменению среднесуточных температур воздуха.

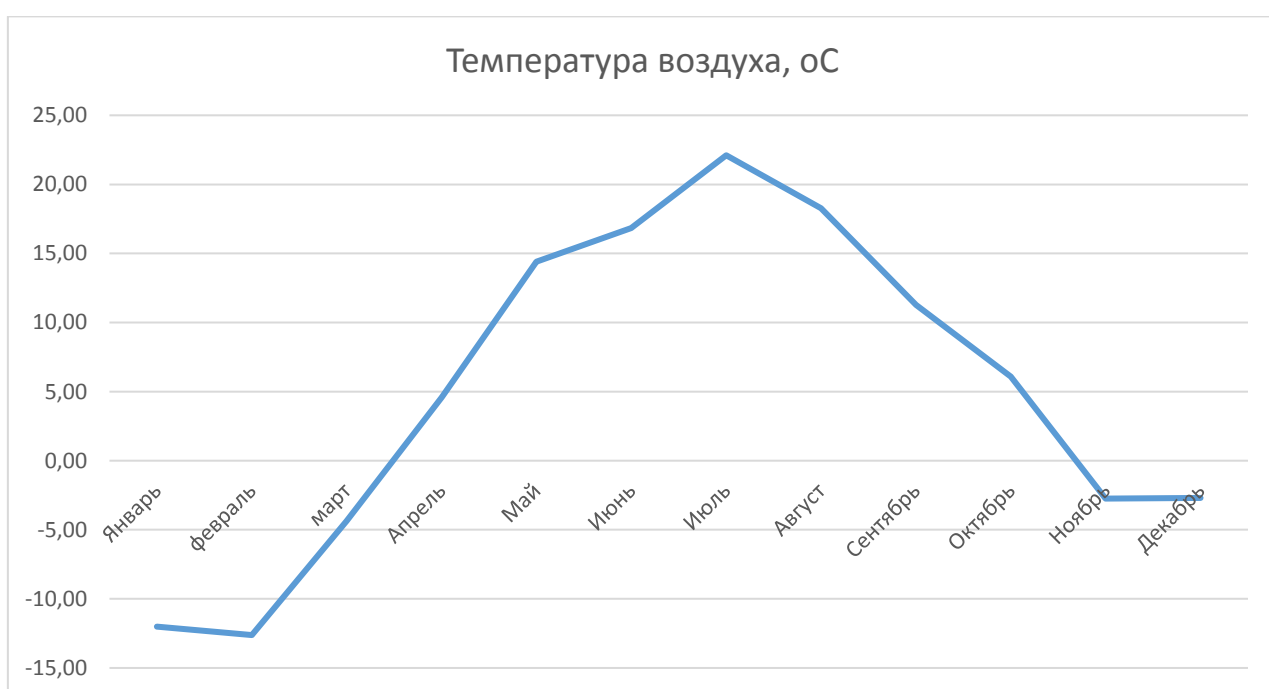


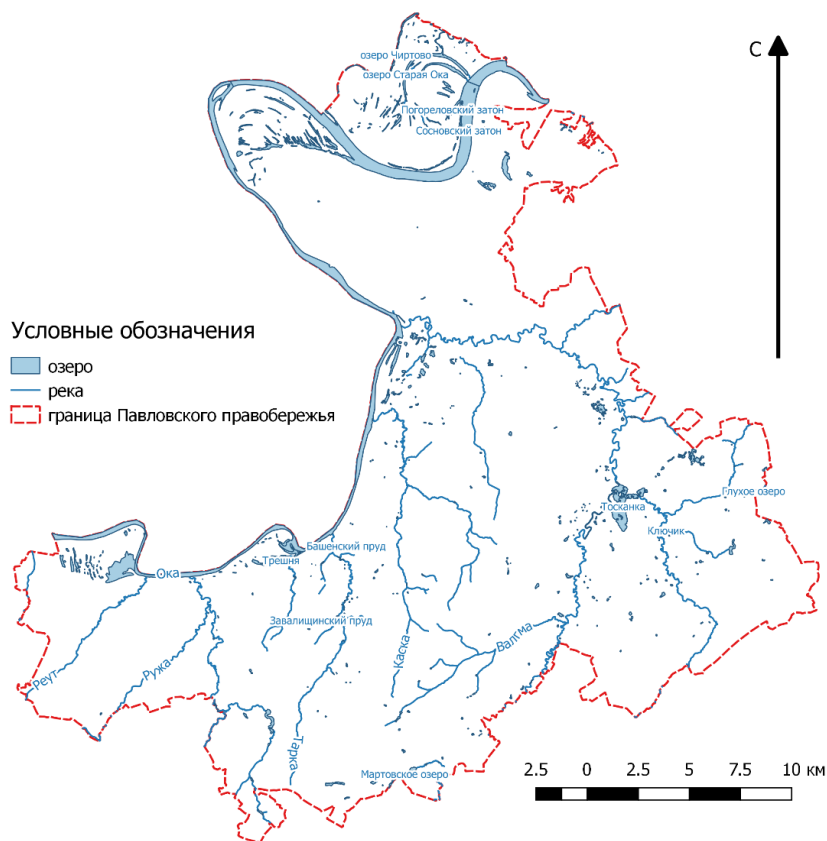
График 1. Средняя температура воздуха. Метеостанция г. Павлово [52]

Средняя годовая температура воздуха составляет $+4,93^{\circ}\text{C}$. Средние температуры по месяцам: январь -12 , февраль $-12,62$, март $-4,36$, апрель $+4,59$, май $+14,40$, июнь $+16,84$, июль $+22,11$, август $+18,28$, сентябрь $+11,27$, октябрь $+6,09$, ноябрь $-2,75$, декабрь $-2,69$ [52]. Сумма положительных температур за период со средней суточной температурой выше $+15^{\circ}\text{C}$ составляет 1500 - 1600. Этот период продолжается 140 дней [13]. Территория района расположена в зоне достаточного увлажнения. В

среднем, на территории района выпадает до 450-500 мм осадков. Ветра в основном имеют северо-восточное направление (зимой) и западное, юго-западное (летом).

2.6. Гидрографическая сеть

Гидрографическая сеть Павловского района представлена реками, болотами, озерами и грунтовыми водами. Всего на территории района расположены 6 рек, 37 ручьев, 51 дренажный канал (Картосхема 5). Крупнейшие реки района: Ока, Кишма (Ворсма), Кузوما и Сокорка. Эти реки относятся к бассейну Оки. По водному режиму все реки района относятся к восточно-европейскому типу [13]. Заметна разница в стоке в течении года: весной приходится до 80 % всего речного стока, а летом реки мелеют. Питание рек в основном снеговое. Зимой питание происходит за счет грунтовых вод.

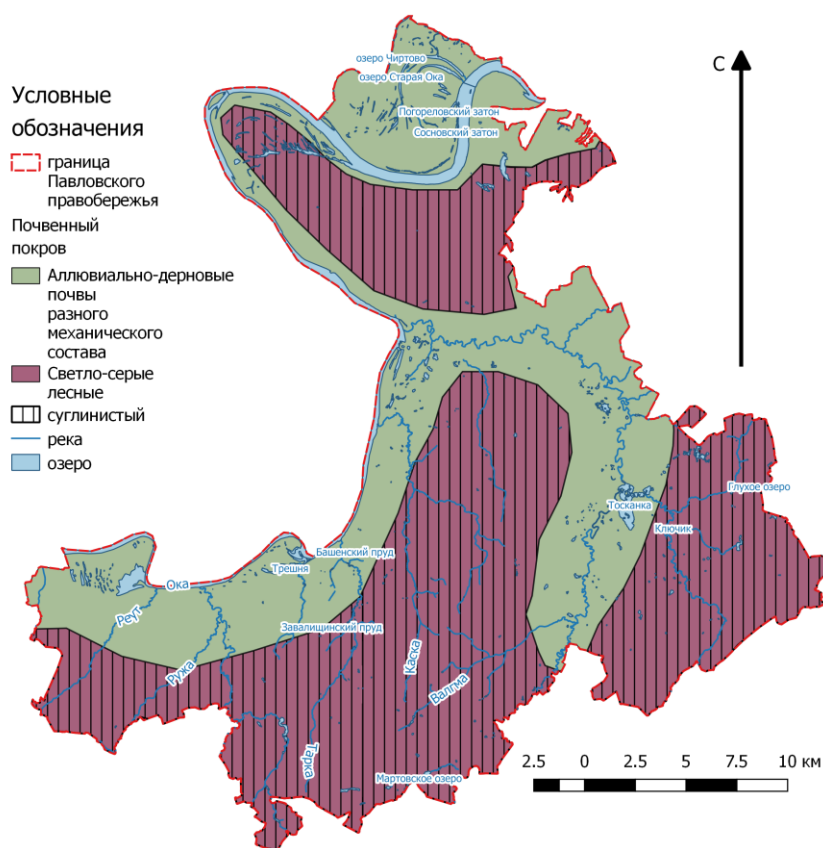


Картосхема 5. Гидрографическая сеть Павловского правобережья [26]

Озера карстового происхождения, в основном расположены на правом берегу реки Оки, в районе города Ворсма. Старичные озера расположены на побережье реки Ока и являются бывшими руслами этой реки. Подземные воды принадлежат Волго-Сурскому артезианскому бассейну, который приурочен к верхним каменноугольным и нижнеказанским отложениям. Известняки и доломиты обеспечивают низкоминерализованную карбонатную воду магниево-кальциевого и сульфатно-карбонатного состава [17].

2.7. Почвенный и растительный покров

Почвенный покров Павловского района представлен средне и легкосуглинистыми серыми-лесными (в Павловском правобережье), аллювиально-дерновыми почвами (пойменные почвы) (в долине реки Оки). Механический состав от песчаного до среднесуглинистого (Картосхема б).



Картосхема б. Почвенный покров Павловского правобережья [2]

Растительность Павловского района типична для подтаёжной подзоны (смешанные и широколиственные леса). В древесной растительности Павловского района выделяются следующие виды: дуб, береза, сосна, ель, вяз, клён, ива, ольха, черёмуха, тополь, липа.

В кустарниковом ярусе: рябина, крушина, бузина, бересклет, ежевика, шиповник, хмель, черника. Наиболее представлен травянистый ярус: ежа сборная, лисохвост, вейник, сурепка, пижма, цикорий, ромашка, костёр, мятлик, чистотел, земляника, звездчатка, герань луговая, конский щавель, крапива, тростник южный, осока, чернобыльник, мыльница, тысячелистник, бодяк, тимофеевка, сныть, хвощ, папоротник-орляк, ландыш майский, ракитник, брусника, костяника, зеленый мох [3].

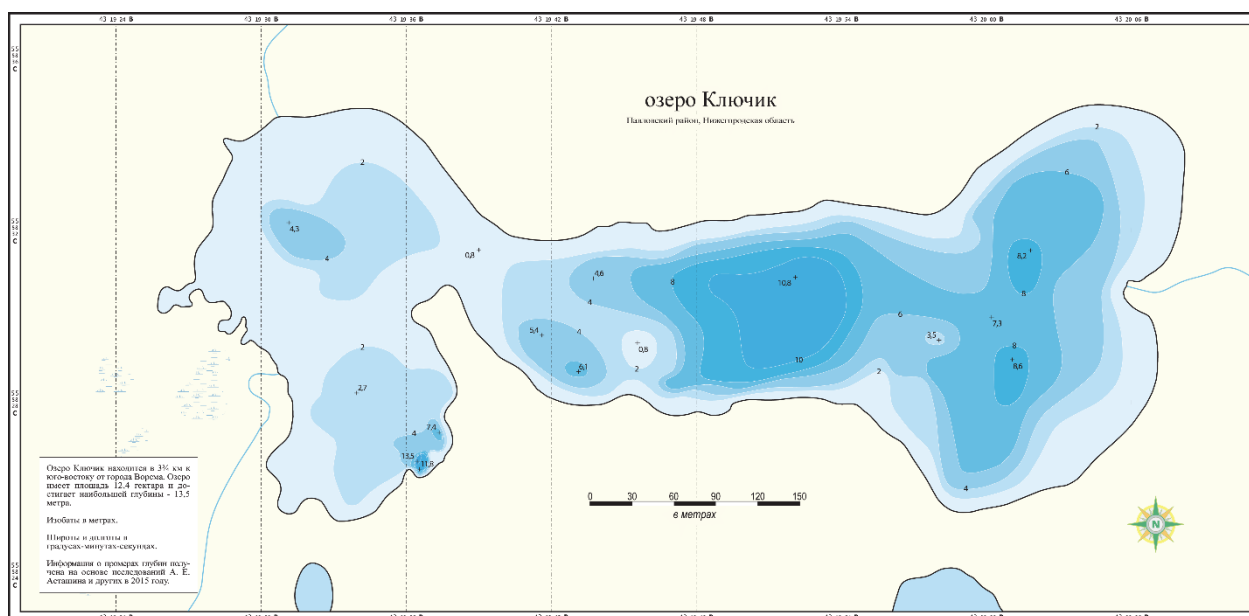
2.8. Животный мир

Животный мир Павловского района характерен для лесной ландшафтной зоны. Из основных представителей крупной фауны можно отметить виды: лось, рысь, волк и кабан. Также на данной территории проживают зайцы, еноты, куницы и бобры. Из представителей орнитофауны типичными представителями являются глухари, тетерева, зяблики, дрозды.

Глава III. Гидрологические характеристики подводного источника Сурин

3.1. Факторы формирования стока подводного источника Сурин

Подводный источник Сурин находится в центральной части Павловского правобережья в 3,75 км на юго-запад от города Ворсма (Грудцинский сельсовет). Находится в Окско-Сережинском карстовом районе и является частью Ворсменской карстовой эрозионной котловины (Маркин, 1953; Гидрогеология СССР, Т:ХІІІ, 1970; Бобров, и др., 1964). Разгружается на дне озера Ключик и дает начало реке Сурин. Озеро Ключик – это система карстовых воронок, которая была заполнена водой. Имеет форму морского конька. Вытянуто с запада на восток. В 2015 году была проведена батиметрическая съемка акватории, на основе полученных данных была вычерчена батиметрическая карта оз. Ключик.



Карта 1. Батиметрическая карта оз. Ключик [6]

Площадь озера составляет 1,7 км², площадь поверхностного водосборного бассейна – 64 км². Длина озера – 680 м, максимальная ширина – 310 м. Максимальная глубина озера измерялась дайверами П. Сидневым и А. Линёвым, так как борта зоны разгрузки подводного источника находятся

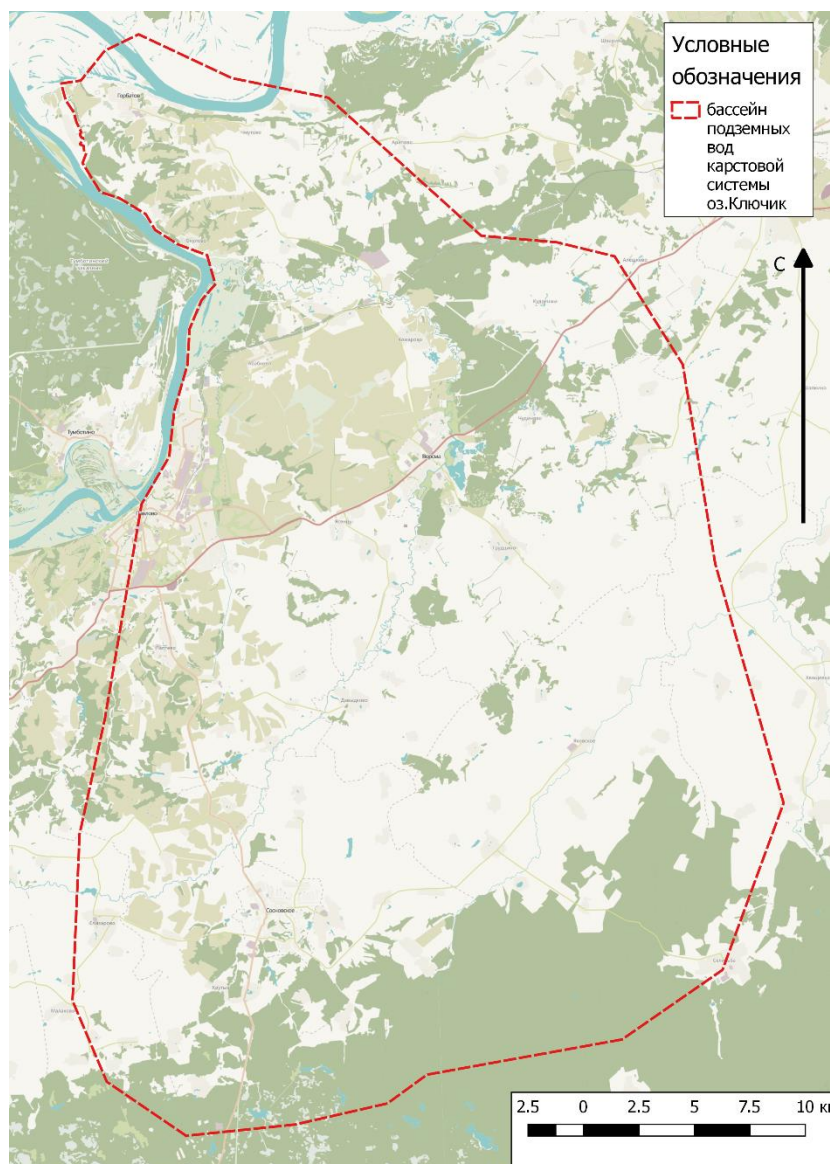
в контруклоне. Зафиксированная эхолотом глубина составляет 13,5 м, но по данным дайверов - 15 м [5, 42]. На этой глубине в западной части озера вскрыт водоносный горизонт напорных вод, которые принадлежат к водам верхнетатарских отложений [17]. Среднегодовой дебит подводного источника равен 2,54 м³/сек. Источник является гидрологическим окном в артезианском бассейне (в пластах, массивах и штоках трещиноватых горных пород).

На формирование подземного стока гидрогеологической системы озера Ключик влияют три фактора: 1) литогенный; 2) геоморфологический; 3) климатический. Определяющим фактором является литогенный – так как именно литогенная основа прилегающего ландшафта формирует бассейн подземных вод и создает систему водоупорных и водовмещающих пород, характерных для напорных вод.

Одним из основоположников советского и русского карстоведения Г.А. Максимовичем были выделены 4 основных эр развития коллекторов: трещинную, поровую, карстовую и антропогенную [16, 38]. Развитие гипсовых, доломитовых коллекторов подземных вод происходило в карстовую гидрогеологическую эру (мезозойская эра). Перекрытые большим слоем аллювиальных отложений карстующиеся породы могли не стать водоносным слоем. В четвертичный период после деградации днепровского оледенения более древний аллювий был смыт и отложения татарского яруса начали активнее участвовать в формировании бассейнов подземных источников.

После отступления ледника основная часть воды поступает в гидрогеологическую систему подводного источника Сурин по карстовым провалам и в следствии процесса инфильтрации атмосферных осадков. Инфильтрация является основным процессом, отвечающим за питание карстовых вод. Механизм этого процесса обуславливает закономерность от климатических факторов: чем больше атмосферных осадков поступит на

водосборный бассейн, тем больше воды будет в гидрологической системе бассейна озера Ключик. Граница водосборного бассейна подземного источника, совпадает с границей Кишма-Окского карстового района (часть Окско-Сережинского района) [40], площадь равна 1100,2 км². Граница бассейна подземных вод гидрогеологической системы была очерчена в местах выхода казанских отложений и местах, где они залегают ближе всего к поверхности (абсолютная высота 100-110 м).



Картохема 7. Бассейн подземных вод карстовой системы оз. Ключика [26]

По утверждениям местных жителей фонтанирование воды на озере Ключик непостоянно. Уменьшение напора связывали с появлением новых

карстовых воронок и эрозионной деятельностью. При образовании новых карстовых провалов или воронок остается обломочный материал, который затрудняет проход грунтовых вод. Это затруднение может привести к образованию новых родников в пределах границы бассейна подземных вод и как следствие сокращению дебита на гидрологическом посту. В ходе полевых исследований в сентябре 2017 года была зафиксирована эта зависимость [43]. Над местом, где разгружался подземный источник был высокий обрывистый берег. В процессе эрозии обломочный материал наносился к месту разгрузки и создавал трудности для выхода вод. Когда процесс переноса горных пород замедлился, воклина самоочистилась под действием подземных вод, что отразилось на динамике гидрологической системы озера Ключик.

3.2. Динамика расхода воды подводного источника Сурин

Основной методикой определения дебита подземного источника является использование дебитометра. Дебитометр представляет собой трубу, диаметр которого равен диаметру скважины с установленным внутри лопастями. Лопасти установлены к устройству, которые фиксируют их обороты. Зная площадь сечения трубы можно вычислить объем проходящей воды в секунду. В связи с местоположением источника (воклина на дне озера) установка дебитометра невозможна, был избран альтернативный вариант определения расхода воды.

Известно, что из озера Ключик выходит только одна река – Сурин. На топографических картах реки, которые впадают в озеро – пересыхающие. В ходе исследований 2015 года было установлено, что в период межени озеро не имеет поверхностного стока. В следствии этого был сделан вывод о том, что река Сурин ниже озера питается только подземным источником из озера. В подтверждение этой гипотезы выступал общность химического состава воды в реке и в воклине. На основе полученных данных было

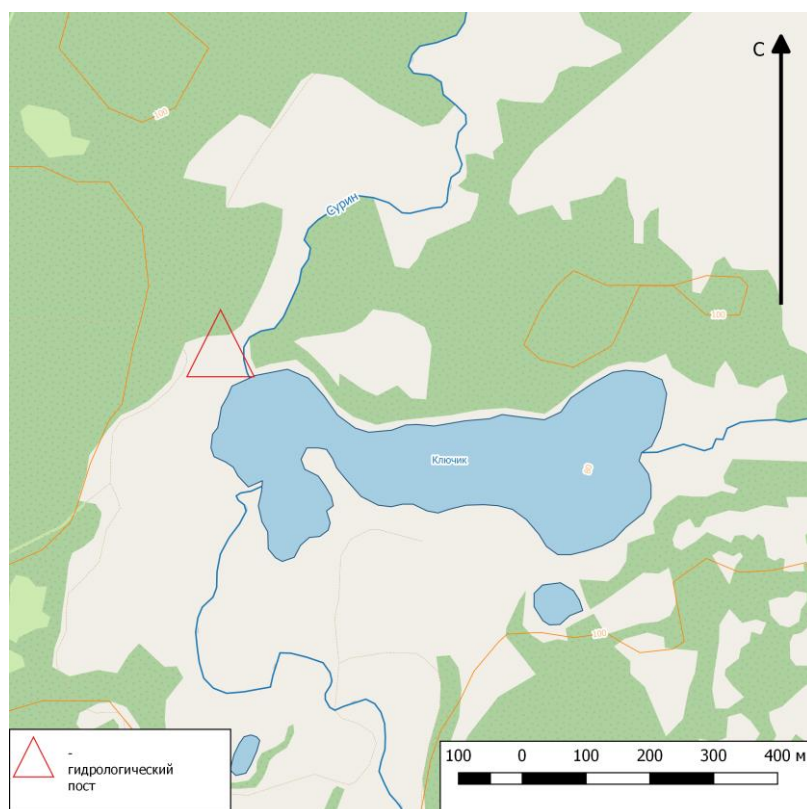
принято решение производить замеры расхода воды на месте выхода реки Сурин из озера Ключик. В июне 2015 года студенты-географы в рамках практики по геологии и палеогеографии был рассчитан дебит родника и составлял 2,2, м³/сек [42, 56]. Замеры расхода воды производились по формуле: $D = S * V$, где:

D – расход воды, м³/сек;

S – площадь живого сечения реки, м²;

V – скорость течения реки, м/с.

В июле того же года на месте первого расчета расхода был установлен гидрологический пост. Он установлен на месте выхода реки Сурин из озера Ключик. Местоположение гидрологического поста указано на Картохема 9. Данное место было выбрано таким образом, чтобы минимизировать влияние на значение расхода воды с водосборного бассейна реки Сурин после озера Ключик.



Картохема 8. Местоположение гидрологического поста на реке Сурин

Под живым сечением в БСЭ понимается – сечение потока жидкости (в трубопроводе, канале, речном русле и пр.), перпендикулярное направлению скорости её течения [10]. Площадь живого сечения варьируется в течении года, благодаря колебаниям уровня воды в реке. В ходе полевых исследований был составлен профиль русла и по значениям глубины была посчитана площадь живого сечения. Скорость течения определяется с помощью регистрации скорости плавущего тела (поплавочный метод). Работа на гидрологическом посту происходила каждый месяц. Результаты фиксировались в таблице и для наглядности представлены в виде графика. При анализе графика необходимо учитывать количество атмосферных осадков, за наблюдаемый период.

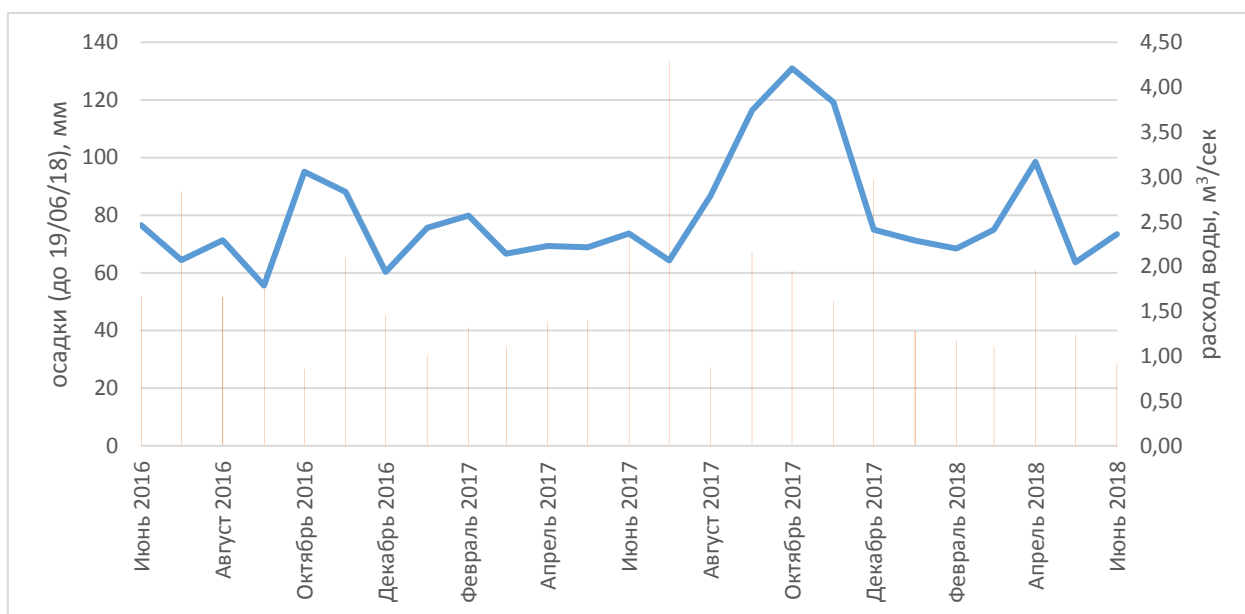
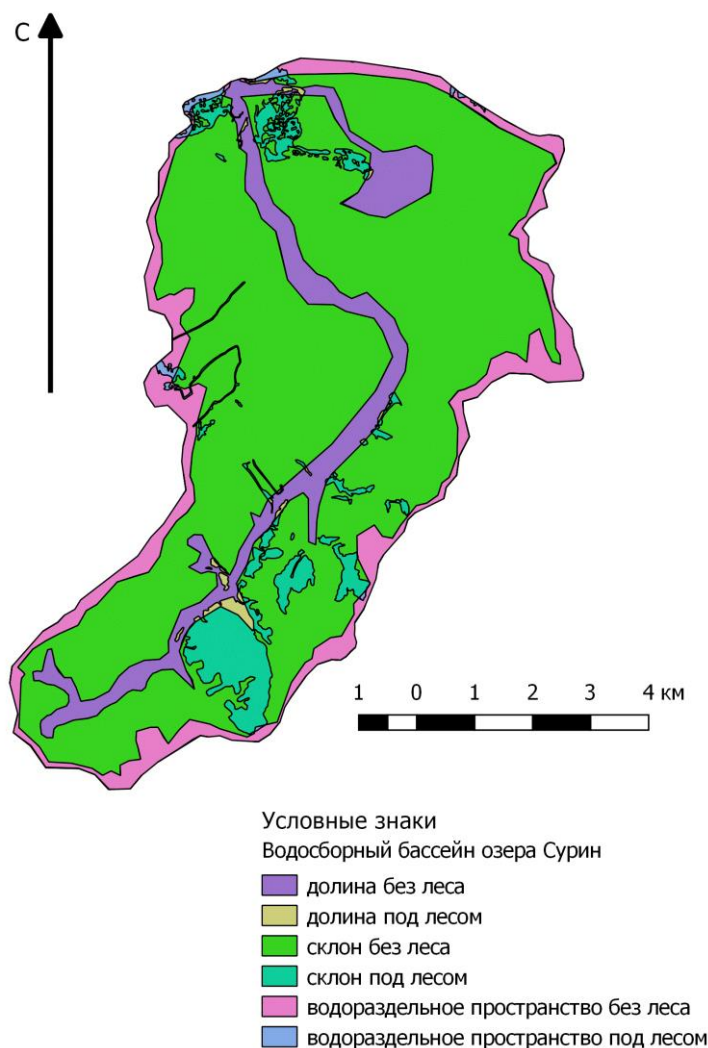


График 2. Гидрограф р. Сурин за период 2016-18 гг.

Максимальный расход воды в роднике был зафиксирован в сентябре 2017 года (4,21 м³/сек), минимальный – в сентябре 2016 года (1,79 м³/сек). Несовпадение пиковых значений атмосферных осадков и расхода воды также подтверждает гипотезу о грунтовом питании озера Ключик и реки Сурин. Судя по графику, пиковые значения дебита достигались через 3 месяца после пиковых значений осадков. В течении этих трех месяцев

проходит процесс инфильтрации вод, и перенос вод от зоны питания до зоны разгрузки через гидрогеологическое окно.

Чтобы определить значение поверхностного стока в период весеннего половодья в марте 2017 и 2018 года была проведена снегомерная съемка на поверхностном водосборном бассейне озера Ключик. Территория водосборного бассейна была разделена на 3 типа снегозапаса: водораздельное пространство, склон и долина. Эти типы подразделялись на пространства под лесом и без леса. Была составлена картосхема взаимного расположения данных типов на территории водосборного бассейна. По данной картосхеме были составлены маршруты снегомерной съемки и примерное местоположение ключевых точек.



Картосхема 9. Схема водосборного бассейна оз. Ключик Павловского района.

На ключевых точках замерялись высота снежного покрова и масса столба снега размерами 10 см x 10 см x N см, где N – высота снежного покрова. Из значений массы получали его плотность – отношение массы к объему. Полученные значения необходимы для расчета снегозапаса – объема воды, который заключен в снежном покрове данной территории.

Рассчитывается она формуле: $x = \rho * H * 10$, где

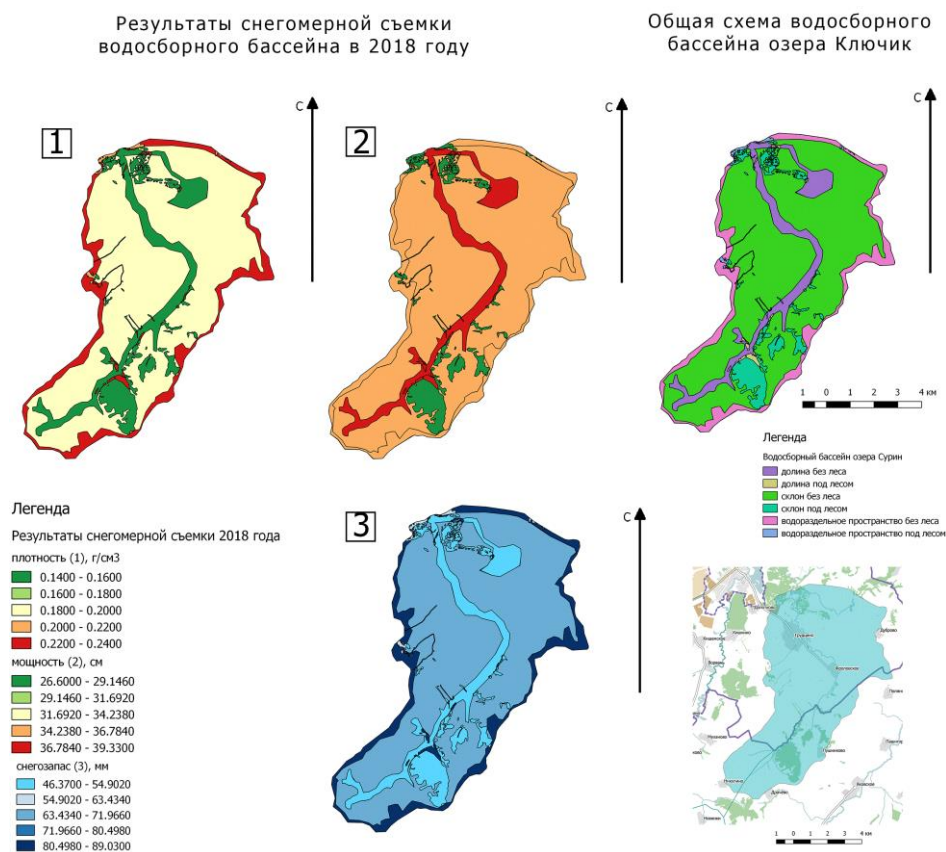
X – снегозапас, г/см²;

ρ – плотность, г/см³;

H – высота снежного покрова, см;

10 – множитель для перевода см в мм [49].

Полученные значения в ходе снегомерной съемки представлены в таблице и картосхеме.



Картосхема 10. Результаты снегомерной съемки в марте 2018 года

Таблица 2. Результаты снегомерной съемки водосборного бассейна озера Ключик

	средняя плотность, ρ	средняя мощность, см	снегозапас, мм	объем воды на типичных ландшафтных условиях, л
водораздел под лесом	0,21	26,60	55,23	18657286,57
склон под лесом	0,16	28,25	46,37	1901802,435
долина под лесом	0,23	39,33	89,03	340160,5307
водораздел без леса	0,24	36,33	86,73	6307116,039
склон без леса	0,19	35,70	66,98	30902836,58
долина без леса	0,14	36,92	53,12	3601231,987
общий объем воды:				61710434,14

Исходя из таблицы видно, что в наблюдаемый период снегозапас равен 61 710 434,14 литров (2018 год). Для оценки влияния поверхностного стока необходимо разделить значения снегозапаса на количество секунд за период половодья (около 3 недель). Видно, что это значения количественно малы при значениях дебита более 2 м³/сек. Для подтверждения данной гипотезы был произведен замер расхода воды в апреле 2018 года и участке реки Сурин до впадения в озеро. Во время максимальной солнечной активности дебит составлял: 1,97 м³/сек. Это значение было учтено в апрельском замере на гидрологическом посту.

3.3. Физико-химические свойства подводного источника Сурин

Для оценки физико-химических свойств были взяты анализы воды сотрудником государственного природного заповедника «Керженский», Николаем Георгиевичем Баяновым и студентом Мининского университета Иваном Тарасовым. Вода для химического анализа была собрана на озере Ключик в месте вытекания реки Сурин [23] и на гидрологическом посту [32]. Местоположение места забора указана на Картосхема 8.

Воду исследовали по 17 показателям. Все значения сравнивались с предельной допустимой концентрацией (ПДК), которые предназначены для характеристики рыбохозяйственных объектов. Кислотность воды, оцениваемая по значению рН, составляет 7,17. Минерализация воды – составляет 1929 мг/л, что почти в два раза превышает ПДК. В классификации водных объектов воду с таким значением относят к солоноватой. Жесткость воды превышает ПДК почти в 4 раза и составляет 28,5 мг-экв./л. Температура воды в подземном источнике около 4°C. Цвет – бирюзовый, прозрачная, запаха нет. Имеет привкус гипса. В катионном составе воды преобладают сульфат-ионы. Их концентрация превышает на 50% ПДК и составляет 1218 мг/л. Сульфидов содержится менее 2 мг/л. Содержание фосфат и хлорид ионов в пределах нормы и составляют 0,043 и 14,4 мг/л, соответственно. Содержание общего железа 0,29 мг/л, что в три раза превышает ПДК. Азот содержится в воде в двух формах: нитрат-ионы и азот аммонийный, значения содержания этих форм составляют 5,2 и менее 0,01 мг/л. Нефтепродуктов содержится менее 0,04 мг/л. Жиров – менее 0,5 мг/л. ПАВ аминоактивные – менее 0,02 мг/л. Радиоактивность воды не зафиксирована.

Превышенная жесткость, минерализованность и содержание сульфат-ионов в очередной раз указывает на то, что озеро имеет родниковое питание. Вода, проходя через породы верхнетатарских отложений накапливает в себе большое количество SO_4 . Превышение уровня железа также может быть связано с подстилающей породой. По данным Минского областного центра гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья в районах залегания сульфатных руд концентрация может достигать до сотен миллиграмм на 1 л воды [25].

Заключение

Было проведено исследование самого крупного подземного источника Нижегородской области и одного из крупнейших в России - Сурин. Находится в Окско-Кишменском карстовом районе в пределах Ворсменской карстово-эрозионной котловины. Установлен гидрологический пост на исследуемом объекте. Получены данные о динамике расхода воды в гидрологической системе за период 2016-18 гг. Значения дебита были представлены и проанализированы в этой работе. Среднегодовой дебит 2,54 м³/сек. Выявлены факторы, влияющие на дебит подземного источника. В ходе исследований были зафиксированы следующие закономерности: 1) для того, чтобы вода из зоны питания перенеслась в зону разгрузки необходимо около 3 месяцев; 2) процессы, разрушающие горные породы напрямую влияют на дебит системы.

Дальнейшие планы по изучению карстово-гидрологической системы озера Ключик включают в себя: 1) продолжение наблюдения на гидрологическом посту; 2) обозначить более четкую границу подземного водосборного бассейна карстово-гидрологической системы; 3) обозначить границу Ворсменской карстово-эрозионной котловины; 4) провести исследования других карстовых районов Нижегородской области.

Список литературы

1. Ажгирей Г.Д. Общая геология. / Ажгирей Г.Д., Даминова А.М., Крашенинников Г.Ф., Хабаков А.В., Чупилин И.И., Шанцер Е.В., Федорович Б.А., Овчинников А.М., Тушинский Г.К., Удинцев Г.Б. и др. // Ред. Г.Д. Ажгирей и др. Москва: "Просвещение", 1974.
2. Академия сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина, почвенный институт им. В.В. Докучаева. Подробная карта почв Российской Федерации. Масштаб 1:2500000.
3. Асташин А.Е. Ландшафтное районирование территории Павловского района Нижегородской области. / Асташин А.Е., Корнилова К.С. // Наука и образование XXI века: Материалы VI-й Международной научно-практической конференции (26 октября 2012 г., СТИ г. Рязань) // Рязань. 2012. Т. Том 1.
4. Асташин А.Е. Ландшафтная дифференциация территории Павловского заочья / Асташин А.Е., Чебурков Д.Ф., Рыжов Е.В. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2014.
5. Асташин А.Е. Ключик к подземной реке [Электронный ресурс] // Всероссийская общественная организация Русское Географическое Общество. Нижегородское региональное отделение: [сайт]. [2015]. URL: <https://www.rgo.ru/ru/article/klyuchik-k-podzemnoy-reke> (дата обращения: 4.06.2018).
6. Атлас озёр Нижегородской области [Электронных ресурс] // Батиметрия естественных озер России : [сайт]. URL: <http://lakemaps.org> (дата обращения: 4.06.2018)
7. Баканина Ф.М. Озера Нижегородской области. / Баканина Ф.М., Воротников В.П., Лукина Е.В., Фридман Б.И. Нижний Новгород: Издание ВООП, 2001.

8. Блом Г.И. Геология СССР. Поволжье и Прикамье / Блом Г.И., Борисов А.А., Бушинский Г.И., Громович Н.А., Грязнов Н.К., Давыдов Р.Б., Дрейсин А.Г., Дубейковский С.Г., Егоров С.П., Игнатъев В.И. и др. - Т. XI. Москва: Недра, 1967.
9. Бобров С.П. Карстовые объекты Горьковской области и меры их охраны / Бобров С.П., Давыдько Р.Б., Ильин А.И., Капустин А.П., Колесов М.И., Лукина Е.В., Михеев А.А., Русских А.В., Смирнова А.Д. - Горький. 1964.
10. Большая Советская Энциклопедия. В 30 томах. Москва: Советская Энциклопедия, 1970. 18240 с.
11. Васильев И.Н. Задачи и особенности исследования литологии и трещиноватости горных пород в карстовых районах / Васильев И.Н., Задорожная Л.П. // В кн.: Гидрогеология и карстование. Пермь. 1977.
12. Веселов В.М., Прибыльская И.Р. Специализированные массивы для климатических исследований [Электронный ресурс] URL: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR> (дата обращения: 16.11.2016).
13. Винокурова Н.Ф. Современный ландшафты Нижегородской области / Под ред. Н.Ф. Винокуровой, О.В. Глебовой. / Винокурова Н.Ф., Глебова О.В., Дмитриева А.И., Жуковская И.Е., Колкутин В.И., Кряжев А.Б., Пияшова С.Н., Соткина С.А., Смирнова О.В., Смирнова В.М. и др. - Нижний Новгород: Издательство Волго-Вятской академии государственной службы, 2006.
14. Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им А.П. Карпинского. ГИС-Пакеты оперативной геологической информации (ГИС-Атлас "Недра России") [Электронный ресурс] URL: <http://atlaspacket.vsegei.ru/#70a2e0b1151c65130> (дата обращение 04.06.2018)

15. Гавич И. К. Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика / Гавич И.К., Зекцер И.С., Ковалевский В.С., Язвин Л.С., Пиннекер Е.В., Бондаренко С.С., Боровский Л.В., Дзюба А.А. - Новосибирск: Наука, 1983.
16. Гаев А. Я. Гидрогеологические особенности развития карстовых процессов в регионах Урала / Гаев А.Я., Килин Ю.А., Минькевич И.И. // Вестник Пермского университета. Геология. 2009. № 11.
17. Гидрогеология СССР. Поволжье и Прикамье. Т. XIII. Москва: Недра, 1970.
18. Гончаренко И.В. Вода - это жизнь / Гончаренко И.В., Трофименко А.Л., Кучин В.Д. // Перший Незалежний Науковий Вісник. 2015. № 1-2.
19. Горбунова К.А. Карстование. Вопросы типологии и морфологии карста: Учебное пособие по спецкурсу. Пермь: Пермский университет, 1985.
20. Горбунова К.А. Морфология и гидрогеология гипсового карста. Учебное пособие по спецкурсу. Пермь: Пермский университет, 1979.
21. Горная энциклопедия. /Гл. ред. Е.А. Козловский; Ред.кол.: М.И. Агошков, Н.К. Байбаков, А.С. Бодырев и др. Т. I. Аа-лава-Геосистема. Москва: Советская энциклопедия, 1985. 516 с.
22. Горная энциклопедия./Гл. ред. Е.А. Козловский; Ред.кол.: М.И. Агошков, Н.К. Байбаков, А.С. Бодырев и др. Т. II. Геосферы-Кенай. Москва: Советская энциклопедия, 1985. 222 с.
23. Государственное бюджетное учреждение Нижегородской области "Экология региона". Протокол № 429 В от 18.10.2016 анализа проб сточных и природных вод., 2016.
24. ГОУ ВПО "Уральский государственный университет им. А.М. Горького" БИОЛОГИЧЕСКИЙ факультет, кафедра ЭКОЛОГИИ.

- Учебно-методический комплекс дисциплины "Современная геоморфология" / Терминологический словарь. Екатеринбург. 2008.
- 25.ГУ Минский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья. Повышенное содержание железа в воде. Причины. Последствия. Методы обработки воды. [Электронный ресурс] // ГУ Минский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья. [2013]. URL: <http://gigiena.minsk-region.by/ru/obraz/statyi?id=1064> (дата обращения: 19.06.2018).
- 26.Данные OSM в формате share-файлов [Электронный ресурс] URL: <http://beryllium.gis-lab.info/project/osmshp/> (дата обращения: 16.11.2016).
- 27.Епифанцев О.Г. Трещиноватость горных пород. Основы теории и методы изучения. / метод. реком. / Епифанцев О.Г., Плетенчук Н.С. - Новокузнецк: СибГИУ, 2008.
- 28.Ермолаев В.А. Основы геологии: Учеб. для вузов / Под. ред. В.А. Ермолова. / Ермолаев В.А., Ларичев Л.Н., Мосейкин В.В// Москва: Издательство Московского государственного горного университета, 2008.
- 29.Каменский Г.Н Гидрогеология СССР. / Каменский Г.Н., Толстихина М.М., Толстихин Н.И. - Москва: Госгеолтехиздат, 1959.
- 30.Кирюхин В.А Региональная гидрогеология.: Учебник для вузов / Кирюхин В.А., Толстихин Н.И. - Москва: Недра, 1987.
- 31.Климентов П.П. Общая гидрогеология / Климентов П.П., Богданов Г.Я. - Москва: Недра, 1977.
- 32.Козлова А.В. Эколого-гидрохимическая характеристика акватории озера Ключик Павловского района Нижегородской области / Козлова А.В., Тарасов И.А., Дедык В.Е. // Современные проблемы науки и образования, № №1, 2017. С. 126.

33. Кроновский Н.В. Общая геология: учебное пособие, электронное издание сетевого распространения. Москва: "КДУ", "Добросвет", 2018.
34. Кулинич Г.С. Геологические путешествия по горьковской земле. / Кулинич Г.С., Фридман Б.И. - Горький: Волго-Вятское книжное издательство, 1990.
35. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород. Москва: Высшая школа, 1967.
36. Маккавеев А.А. Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии. Москва: Гостоптехиздат, 1961.
37. Максимович Г.А. Основы карстоведения / Вопросы морфологии карста, спелеологии и гидрогеологии карста. Т. I. Пермь: Пермское книжное издательство, 1963.
38. Максимович Г.А. Основы карстоведения. Вопросы гидрогеологии карста, реки и озера карстовых районов, карст мела, гидротермокарст (учебное пособие). Т. II. Пермь. 1969.
39. Малков В.Н. Карст и пещеры Пинежья / Малков В.Н., Гуркало Е.И., Монахова Л.Б., Шаврина Е.В., Гуркало В.А., Франц Н.А. // Москва: Ассоциация "Экост", 2001.
40. Маркин А.И. Карст Горьковской области и маршруты туристских походов в районы его распространения. Методический материал. Горький: Горьковский ОБЛОНО. Областная детская экскурсионно-туристская станция, 1953.
41. Мудров И.В. Значение и проблемы малых рек Павловского района. Курсовая работа, Нижний Новгород, 2011.
42. Петров М.С., Асташин А.Е. Динамика расхода воды крупнейшего в Нижегородской области родника Сурин // Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию высшего географического образования

- Нижегородской области и 70-летию Нижегородского отделения Всероссийской общественной организации Русское географическое общ. - Нижний Новгород. 2017. С. 29-32.
- 43.Петров М.С. Гидрологические измерения на оз. Ключик [Электронный ресурс] // Всероссийская общественная организация Русское Географическое Общество. Нижегородское региональное отделение: [сайт]. [2017]. URL: <https://www.rgo.ru/ru/article/gidrologicheskie-izmereniya-na-oz-klyuchik> (дата обращения: 4.06.2018).
- 44.Пиннекер Е.В Основы гидрогеологии. Геологическая деятельность и история воды в земных недрах. / Пиннекер Е.В., Писарский Б.И., Шварцев С.Л., Ясько В.Г., Дзюба А.А., Киссин И.Г., Зверев В.П., Ломоносов И.С., Толстихин О.Н., Журавель Н.А., Назаров А.Д., Герасимова Ж.А. - Новосибирск: Наука, 1982.
- 45.Писарчик Я.К. Гипсы и ангидриты. Справочное руководство по петрографии осадочных пород. Т. II. Гостоптехиздат, 1958.
- 46.Поздняков Л.Н. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Издание второе. Серия Средневожская. Лист О-38-XXXII (Нижний Новгород). Объяснительная записка / Поздняков Л.Н., Клинк Б.Е., Купрюшина Н.И.. - Москва: Московский филиал ФГБУ "ВСЕГЕИ", 2018.
- 47.Поздняков Л.Н Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 200000. Издание второе. Серия Средневожская. Лист О-38-XXXIII (Бор). Объяснительная записка. / Поздняков Л.Н., Подателева Л.Ф., Купрюшина Н.И. - Москва: Московский филиал ФГБУ "ВСЕГЕИ", 2018.
- 48.Правительство Нижегородской области. Департамент градостроительного развития территории Нижегородской области. Рекомендации по проведении инженерных изысканий,

- проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области. Нижний Новгород. 2012.
- 49.Пряхин С.И. Учебная зимняя ландшафтная практика: учебн. пособия для студентов 3-го курса спец. "География" с дополнительной специальностью "Биология". / Пряхин С.И., Славогородская Е.Н. - Волгоград: Издательство ВГПУ "Перемена", 2010.
- 50.Пэк А.А. Пористость горных пород [Электронный ресурс] // Вологодская областная универсальная библиотека: [сайт]. [2018]. URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/091/594.htm> (дата обращения: 28.05.2018).
- 51.Рычагов Г.И. Геоморфология: учебник для академического бакалавриата. Москва: Издательство Юрайт, 2018.
- 52.Справочно-информационный портал "Погода и Климат" [Электронный ресурс] [2018]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения: 4.06.2018).
- 53.Тинтилозов З.К. Карстовые пещеры Грузии. Тбилиси. 1976.
- 54.Трофимов В.Т. . Развитие представлений о роли подземных вод в формировании инженерно-геологических условий и их оценки при локальных и региональных исследований / Трофимов В.Т., Красилова Н.С // Инженерная геология. 2015. № 1.
- 55.Уразметов И.А. Гидрология рек: учебное пособие. Казань. 2007.
- 56.ФГБОУ ВО «НГПУ им. К.Минина», ФЕМикН, Кафедра географии, географического и геоэкологического образования, ГТ-14-1. Отчет по полевой практике по дисциплине: геология и палеогеография, 2015.
- 57.Фридман Б.И. Рельеф Нижегородского Поволжья: Книга для внеклассного чтения для старших школьников. Нижний Новгород: Нижегородский гуманитарный центр, 1999.

58. Харьковская национальная академия городского хозяйства.
Построение карты Гидроизогипс [Электронный ресурс] //
Вунивере.ру: [сайт]. URL: <https://vunivere.ru/work546> (дата
обращения: 31.05.2018).
59. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология: Учебник для вузов. Москва:
Недра, 1996.
60. Швецов М.С. Петрография осадочных пород. Москва:
Государственное научно-техническое издательство, 1958.
61. Щукин И.С. Общая геоморфология. Т. II. Москва. 1964.