ЭКОСИСТЕМЫ БАССЕЙНА РЕКИ КУБЕНЫ

серия «Реки Русского Севера»



Устье р. Кубены
© фото Анисимова Н. В., 2022

Грант Русского географического общества на издание книги

Авторский коллектив:

Болотова Н.Л., Филиппов Д.А., Лопичева О.Г., Максутова Н.К., Левашов А.Н., Чхобадзе А.Б., Белова Ю.Н., Шабунов А.А., Мухин И.А., Колесова Н.С., Кармазина Е.В., Анисимов Н.В., Суслова Т. А., Гусаров И.В.

Цель написания коллективной монографии:

комплексная и системная характеристика реки Кубены и ее бассейна на основе обобщения и сравнительного анализа многопланового массива имеющихся данных и собственных исследований

Задачи:

- Разработка методологического алгоритма исследований изучения крупного водотока с обширным водосбором на основе анализа истории изучения рассматриваемого бассейна, выявления перспективных направлений и выработки методологии исследований на современном этапе.
- Анализ ландшафтно-палеогеографических особенностей бассейна р. Кубены (тектоническое, геологическое строение, палеогеография, ландшафтное разнообразие, геокомплекс дельты).
- Выявление гидрометеорологических условий бассейна (климатические условия, гидрографическая сеть и гидрологические особенности р. Кубены).
- Исследование и оценка состояния экосистемы реки Кубена (природные и антропогенные факторы, качество воды, макрофиты, фито- и зоопланктон, макрозообентос, рыбное население)
- Исследование особенностей структуры и функционирования болотных экосистем (на примере Шиченгского заказника)
- Изучение фиторазнообразия бассейна р. Кубены (флора, растительные сообщества, редкие виды)
- Исследование фауны наземных экосистем бассейна р. Кубены (энтомофауна, позвоночные животные, редкие виды).
- Обоснование подходов к сохранению ландшафтного и биологического разнообразия.

Актуальность исследований северных рек и их бассейнов

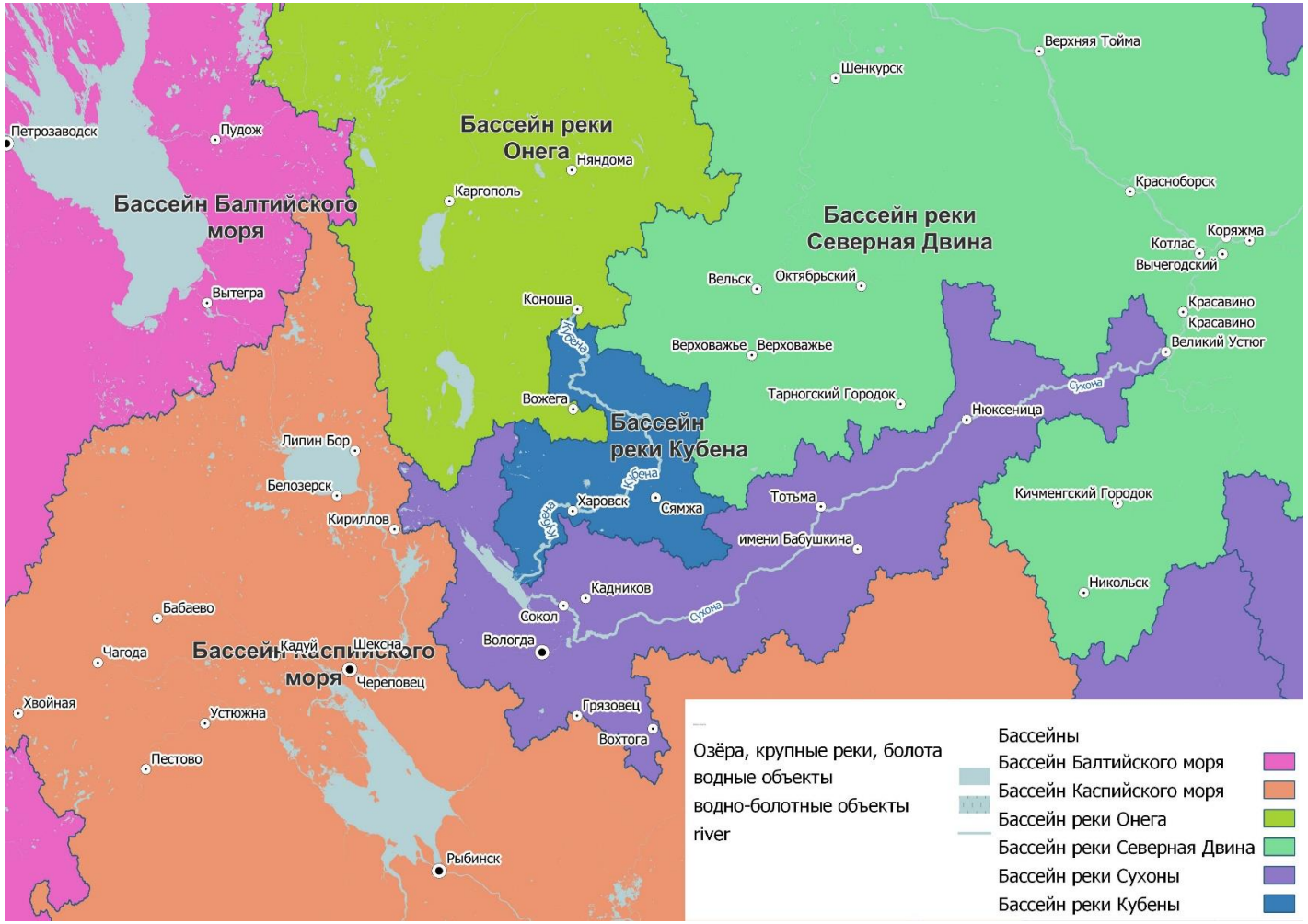
- ***природная ценность,***
- ***социально- экономическое значение,***
- ***особая уязвимость экосистем к антропогенному прессу***


Р. Кубена ок. г. Харовска
© фото Болотовой Н.Л., 2022

Выбор реки Кубены как объекта исследования

- ✓ ***богатое природное и историко-культурное наследие (****возможность расширения сети ООПТ)****;*
- ✓ ***специфика сложного генезиса бассейна в условиях неоднократных оледенений;***
- ✓ ***значимость для формирования гидрологической сети на севере Русской равнины;***
- ✓ ***важное звено гидрологических путей расселения видов для формирования высокого биоразнообразия в историческом прошлом северных территорий*** *(сейчас – проблема биоинвазий)****;***
- ✓ ***меридиональный речной путь освоения человеком северного края*** *(археологическое наследие)****;***
- ✓ ***выгодное географическое положение, способствующее социально-экономическому развитию бассейна*** *(связь с сетью волоковых путей, а затем с магистральными транспортными путями)****;***
- ✓ ***проблемы антропогенной трансформации водных и наземных экосистем бассейна;***
- ✓ ***наличие ретроспективных материалов и современных исследований для выявления тенденций изменения экосистем бассейна реки Кубена.***

Географическое положение водосбора Кубены в системе бассейнов



Р. Кубена протекает на севере Русской равнины, водосбор относится к бассейну Северного Ледовитого океана: реки Сухоны – Северной Двины – Белого моря.

Площадь водосбора реки Кубены составляет 11030 км2 и занимает 28,9% бассейна реки Сухоны, 3,1% - бассейна Северной Двины

Межрегиональное положение реки:
исток реки - в Архангельской области на Коношской возвышенности (60°57′00″ с. ш. 40°13′42″ в. д.),
устье – в Вологодской области в Кубенском озере (59°35′20″ с. ш. 39°37′20″ в. д.)

Длина Кубены 368 км, из них – 318 км в Вологодской области, на территории которой расположена и основная часть бассейна (91%)

Новизна исследований

- Сделана аналитическая сводка и периодизация этапов изученности р. Кубены и ее бассейна, Апробирован методологический алгоритм изучения крупного водотока с обширным водосбором с применением иерархического, экосистемного и модельного подходов.
- Проанализированы особенности палеогеографии бассейна и история развития долины р. Кубены; создана картографическая основа бассейна, т. ч. для ландшафтного районирования.
- Рассмотрен региональный сценарий изменения мезоклимата в долине и его влияние на гидрологические особенности р. Кубены.
- Проведена оценка антропогенной нагрузки на р. Кубену, включая застройку водоохранных зон, и последствий для изменения качества воды.
- Установлены особенности планктонных сообществ и впервые исследованы мшанки р. Кубены.
- Выявлена ихтиофауна бассейна реки Кубены и дана оценка состояния исчезающих уникальных жилых форм сиговых рыб (кубенской нельмы и сига-нельмушки).
- Апробирован инновационный подход к изучению экосистемы Шиченгского болота с охватом систематических групп от вирусов до млекопитающих и применением метагеномных исследований
- Установлен видовой состав сосудистых растений и мохообразных, создан аннотированный список редких видов.
- Создана электронная база данных по энтомофауне, включая классификацию насекомых по таксономическому и биотопическому разнообразию, их изученности по районам бассейна.
- Выявлен таксономический состав наземных позвоночных, наличие редких видов, проанализировано состояние акклиматизированной популяции зубра.
- Разработаны обоснованные исследованиями рекомендации для создания двух ООПТ.

Ход работы

- 1. Обобщение имеющихся материалов исследований р. Кубены и ее бассейна;
- 2. Разработка методологического алгоритма, выбор модельных полигонов, объектов;
- 3. Проведение экспедиции в летний период 2022 г. для фотосъемки и актуализации материалов исследований;
- 4. Организация работы, связанной с популяризацией проекта;
- 5. Сравнительный анализ массива данных для написания глав монографии;
- 6. Научное редактирование текстов;
- 7. Подготовка оригинал-макета, техническое редактирование;
- 8. Тиражирование книги;
- 9. Организация мероприятий по презентации издания.



Книга «Экосистемы бассейна реки Кубены»,
492 стр. (36 таблиц, 47 рисунков в тексте),
42 цветных вкладки (5 оригинальных карт и 79 авторских фото)

1. ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕКИ КУБЕНЫ И ЕЕ БАССЕЙНА

Необходимость разработки алгоритма из-за «белых пятен» в организации изучения крупного водотока с обширным водосбором

1.1. История изучения реки Кубена и ее бассейна - анализ изученности для выбора дальнейшей стратегии исследований. Обобщение ретроспективных фондовых материалов, данных статистики и отчетов госслужб по мониторингу территории, литературных источников. Периодизация этапов с XIX по XXI вв.

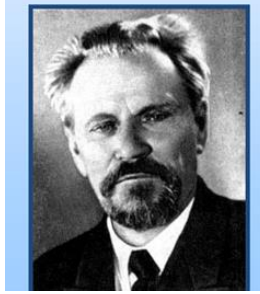
- ❑ Влияние природных условий бассейна р. Кубены на его заселение в историческом прошлом (археологическое наследие)
- ❑ Разнообразие природных объектов речных бассейнов → комплексные исследования

- ✓ *Ресурсное направление при использовании водных и лесных ресурсов (комплекс геологических, ландшафтных, гидрологических, гидрохимических, агрохимических и биологических методов).*
- ✓ *Исследование географических особенностей бассейна*
- ✓ *Направления исследований водных и наземных экосистем*

- ❑ Негативные последствия многопланового антропогенного воздействия → формирование междисциплинарных связей в рамках бассейнового подхода

Обоснование уникальности заливаемых долинных лугов как природных объектов

- Работы проф. А.П. Шенникова (1914, 1925гг.)
- Труды известного флориста И. А. Перфильева (1907,1911, 1936 гг.) и Н.В. Ильинского (1916, 1922гг.);
- Работы Е.С. Соллертинского по обследованию реки Кубены и Кубенского озера (1921,1922 гг.)





1.2. Методология исследования р. Кубены и ее бассейна на современном этапе

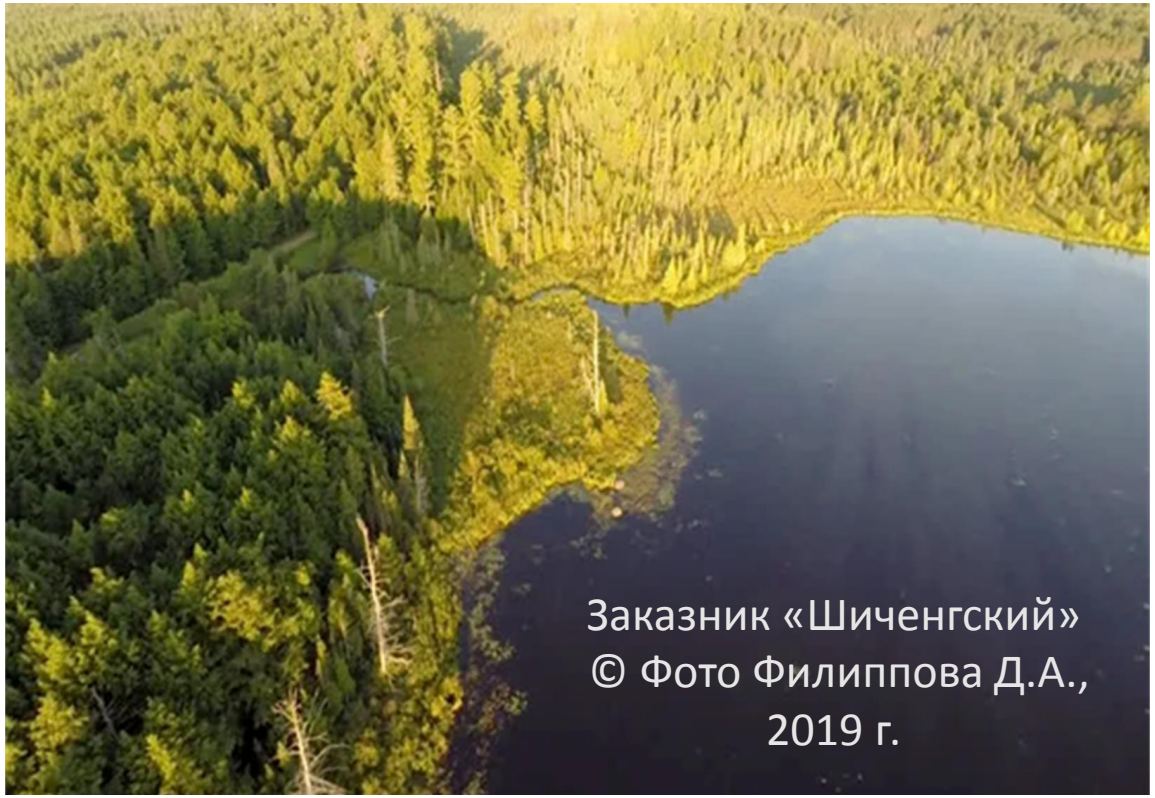
Апробация перспективных методологических подходов для изучения обширного бассейна и реки большой протяженности:

❑ Иерархическая структура направлений исследований

❖ **Палеогеографические исследования** бассейна как базовый элемент: исторические причины формирования территории, ее сложный генезис; геоморфологическое и ландшафтное разнообразие

Методы: картографический, аэрокосмический, геоинформационный, статистический, сравнительно-географический.

аэрофотосъемка – квадрокоптером

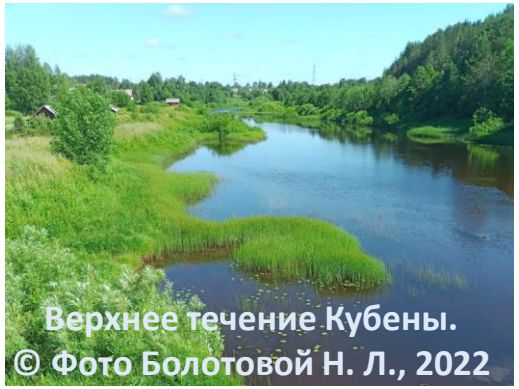


❖ **Учет климатических условий** бассейна:

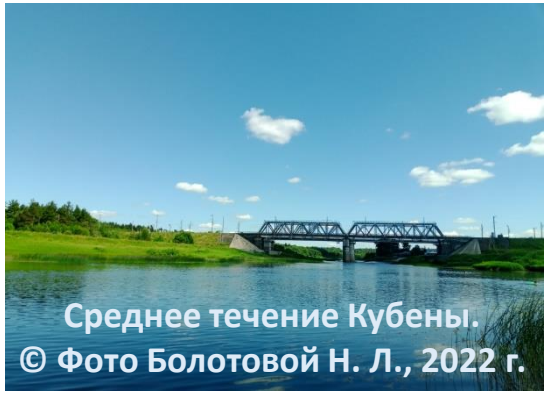
- ✓ особенности регионального сценария изменения климата;
- ✓ отправная точка для характеристики функционирования речных экосистем

❖Метод **модельных полигонов**

– их ключевая роль в поддержании ландшафтного и биологического разнообразия: *«долинный» и экосистемный подходы*



Верхнее течение Кубены.
© Фото Болотовой Н. Л., 2022



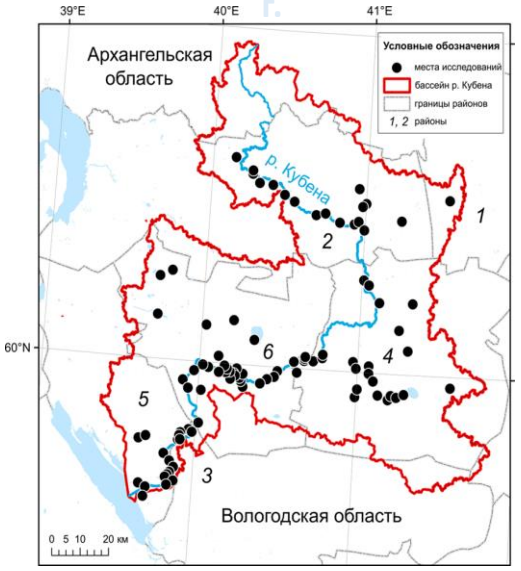
Среднее течение Кубены.
© Фото Болотовой Н. Л., 2022 г.



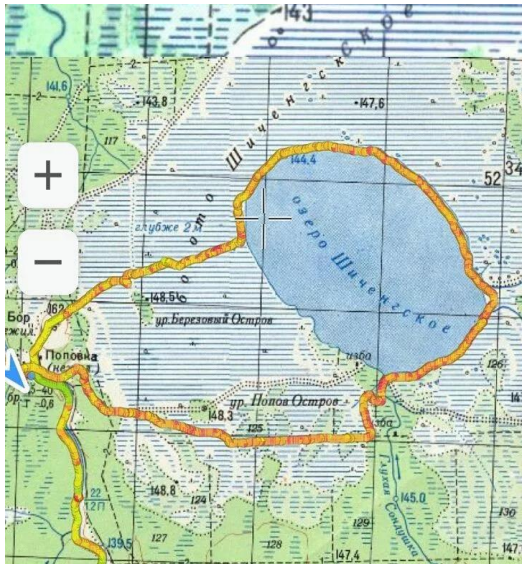
Нижнее течение Кубены
© Фото Анисимова Н.В., 2022 г.



Дельта Кубены
© Фото Анисимова Н.В., 2022 г.



Места исследований в долине и модельных полигонах бассейна



Заказник «Шиченгский»: болото и озеро



© Фото Шабунова А. А., 2022 г.

Сбор насекомых в луговом биотопе Ю.Н. Беловой (Усть-Рецкий заказник)



Гоголь
© Фото Красильникова А.А., 2018 г.

Дельта Кубены – ключевая орнитологическая территория

❖ Метод выбора **модельных объектов исследований, ключевых показателей и приоритетных процессов**

для оценки негативных изменений экосистемы р. Кубены (1991-2022 гг.)

✓ Биоиндикация эвтрофирования р. Кубены: модельные объекты - *макрофиты и планктонные сообщества как чувствительные индикаторы*





✓ Биоиндикация токсификации:

биоаккумуляция и биомагнификация супертоксиканта ртути в пищевой цепи «рыба- человек»

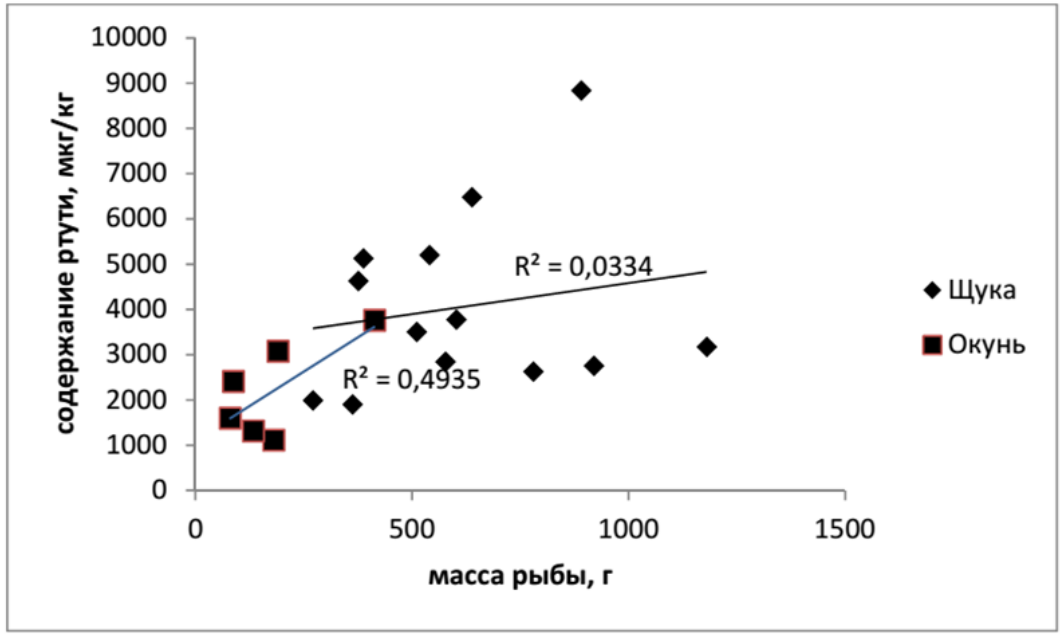


Рис. 20. Содержание ртути в мышечной ткани рыб р. Кубены

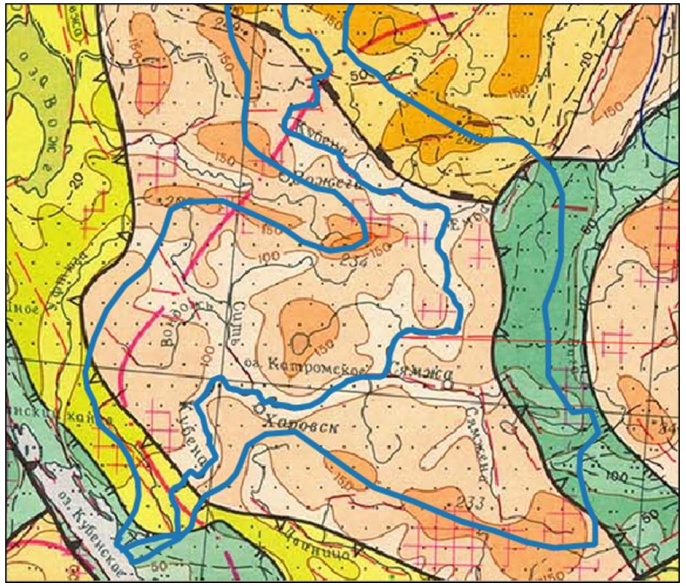


Атомно-адсорбционный анализатор для определения содержания ртути

2. ЛАНДШАФТНО-ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БАССЕЙНА РЕКИ КУБЕНА

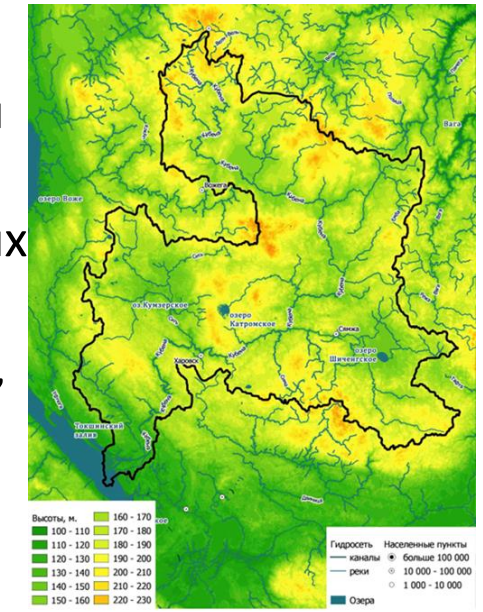
2.1. Рассмотрены особенности географического положения бассейна и реки Кубены (слайд 4). Уточнены границы бассейна и создана карта. Установлено распределение бассейна реки Кубены в границах 8 административных районов: *Архангельской (Коношский район 9%) и Вологодской областей, где основная часть бассейна приходится на 3 района (Вожегодский, Харовский, Сямженский).*

Проанализированы особенности тектонического строения



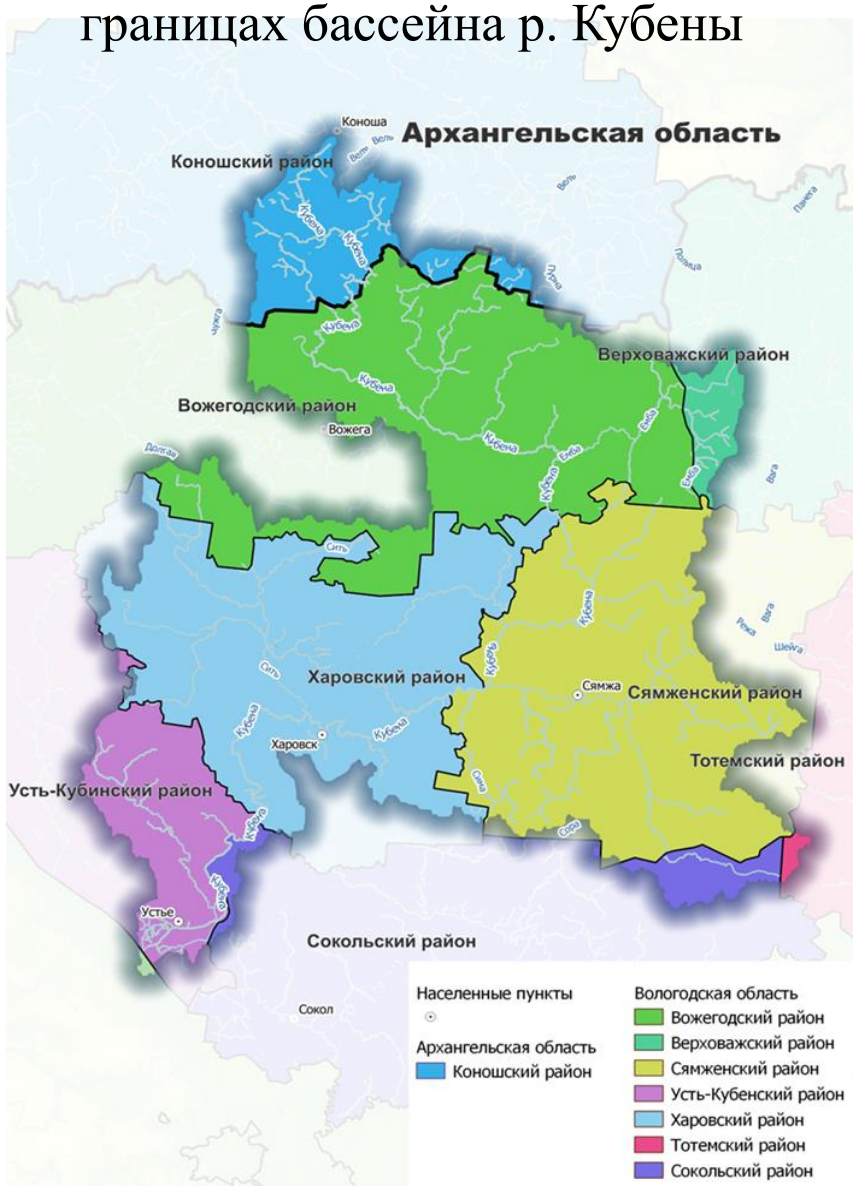
Геоморфолого - неотектоническое районирование бассейна

Описан рельеф. Охарактеризованы особенности 5 геоморфологических районов: Кубенской низины, Прикубенской равнины, Верховажской, Коношской возвышенностей и Харовской гряды



Рельеф бассейна р. Кубены

Административные районы в границах бассейна р. Кубены



2.2. Проанализирована палеогеография бассейна и история развития долины р. Кубены, показана роль неоднократных оледенений территории.

Проведено районирование долины Кубены с учетом статистического гипсометрического профиля, стратиграфии четвертичных отложений, рельефа, генезиса ландшафтов и структуры долинных комплексов. Выделены 3 палеогеоморфологические зоны, в которых различается 7 участков



Палеогеоморфологические зоны и участки долины реки Кубены

2.3. Ландшафтное разнообразие бассейна



- Выполнено ландшафтное районирование
- Проведена классификация генетико-морфологических ПТК бассейна реки Кубены.

2.4. *Описан рельеф и гидрографическая сеть дельты, проведено геоморфологическое зонирование*



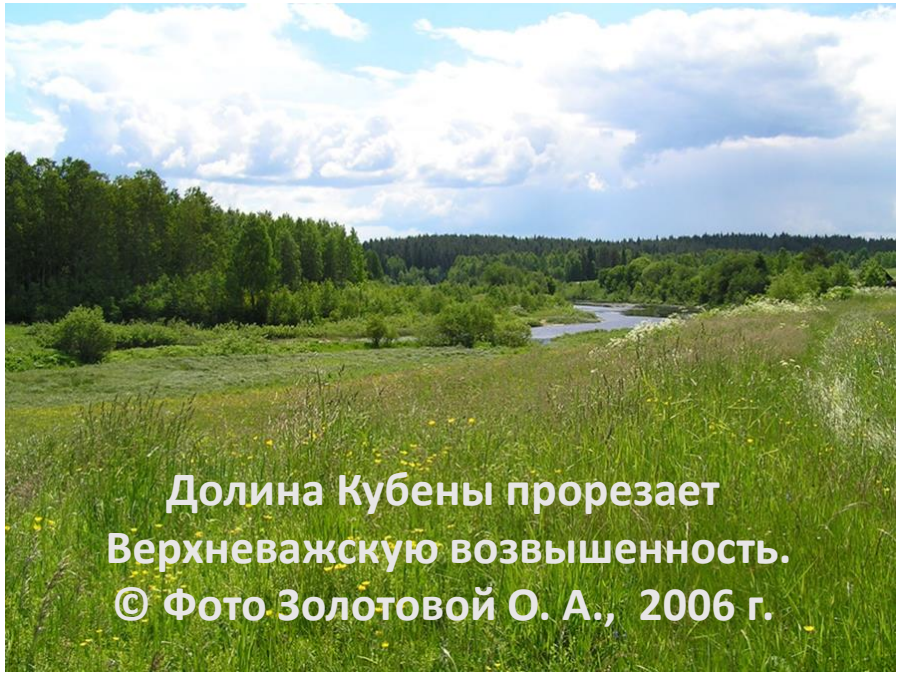
Кубеноозерский ландшафт.
© Фото Рушникова А. В., 2021 г.



Харовский ландшафт
© Фото Рушникова А. В., 2021 г.



Прикубенский ландшафт.
© Фото Анисимова Н. В., 2022 г.



Долина Кубены прорезает
Верхневажскую возвышенность.
© Фото Золотовой О. А., 2006 г.

3.ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ БАССЕЙНА И КАЧЕСТВО ВОДЫ РЕКИ КУБЕНЫ

3.1. Климатические условия функционирования речных экосистем

- **Описан климатический фон и факторы его формирования.**
- **Обобщены данные гидрометеостанций для выявления пространственных особенностей мезоклимата на территории верхнего, среднего и нижнего течения реки Кубена.**
- **Проанализированы показатели изменения мезоклимата:** относительная влажность воздуха, среднегодовые температуры, количество осадков/ год, высота снегового покрова, продолжительность безморозного периода и межгодовые колебания, частота аномальных явлений.

Выявлена тенденция повышения зимних температур как ключевого индикатора потепления климата в северных регионах.

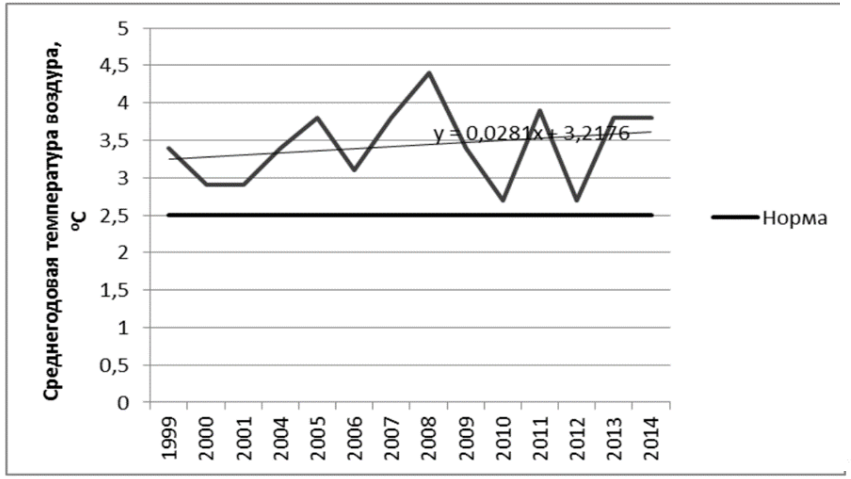


Рис. 2. Среднегодовые температуры воздуха в бассейне Кубены (1999–2014 гг.)

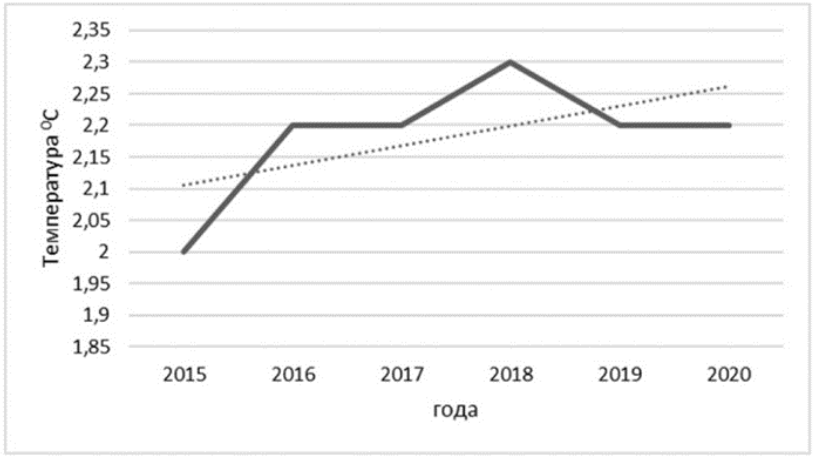


Рис. 4. Показатели среднегодового превышения от среднемноголетних температур воздуха в бассейне Кубены 2015–2020 гг.

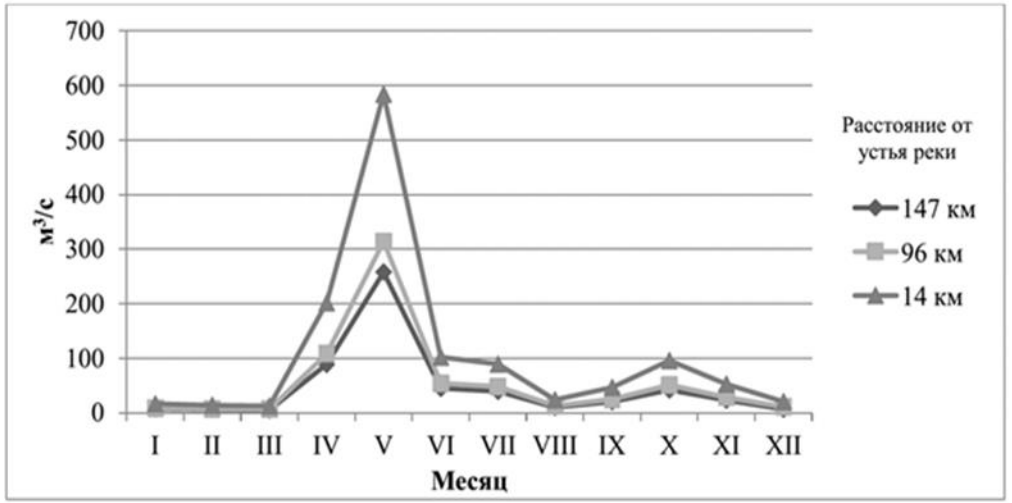
Увеличение амплитуды показателей среднегодового превышения от среднемноголетних температур воздуха до 1,7–2,3°С при зимних аномалиях среднемесячной температуры воздуха до 10°С выше нормы.

3.2. Гидрографическая сеть бассейна и гидрологические особенности р. Кубены

- Дана характеристика притоков реки Кубены, ранжированных по мере впадения на соответствующем расстоянии от ее устья, начиная с верховьев.
- Описаны водосборы 9 крупных притоков 1-го порядка с притоками 2-го и 3-го порядков.

Водный режим реки Кубены

Особенность гидрологического режима - изменение пространственной картины стока при большой протяженности водотока, отличиях климатических условий и гидрографической сети на водосборе.



Внутригодовое распределение стока р. Кубены при 95% обеспеченности нижнего и среднего течения



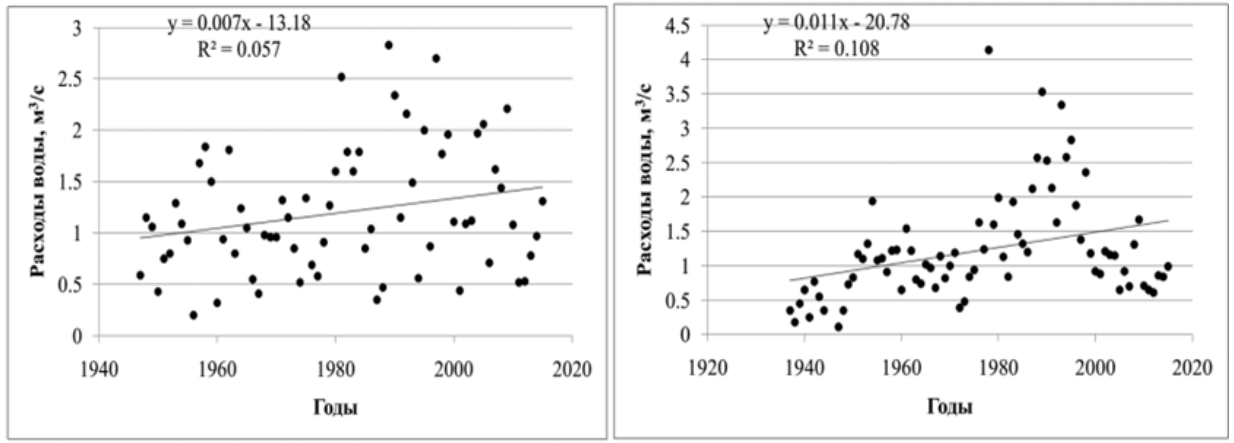
Водосборы

Прослежена пространственно-временная картина гидрологического режима в разных геоморфологических районах бассейна и влияние на водный баланс крупных притоков.
Большой размах амплитуды колебаний расходов воды отражает неустойчивый гидрологический режим р. Кубены.

- Обобщены многолетние ряды наблюдений водомерных постов на протяжении р. Кубены.
- Рассматривались показатели водного режима: *среднемноголетний годовой сток при разной обеспеченности, внутригодовое распределение по течению и в бассейнах основных притоков; сроки и продолжительность ледостава, аномальные явления; среднегодовые обеспеченные расходы воды и амплитуды их межгодовых колебаний, изменение сезонного хода уровенного режима, его межгодовые колебания по длине реки.*
- Проанализирована связь уровенного режим с сезонным прогреванием водной толщи, учитывая изменение климата и процессы эвтрофирования и токсификации.
- Наблюдаемые аномалии температурного фона сопровождались и аномалиями водного режима в бассейне р. Кубены. В последние десятилетия в связи трендом потепления значительно увеличился сдвиг сроков наступления фаз водного режима.
- Дана характеристика изменений речного стока р. Кубены на основании обобщения имеющихся материалов, включающих гидрометрические наблюдения с 1950 года, результаты моделирования и анализ линейных трендов с оценкой достоверности аномалий стока.

Показана значимость отклонения минимального зимнего стока и достоверность аномалий для минимального летне-осеннего стока р. Кубены.

А Б



Хронологический график минимальных зимних расходов воды (А) и минимальных летних расходов (Б) р. Кубена – с. Троице-Енальское

3.3. Антропогенная нагрузка на реку Кубену и ее последствия

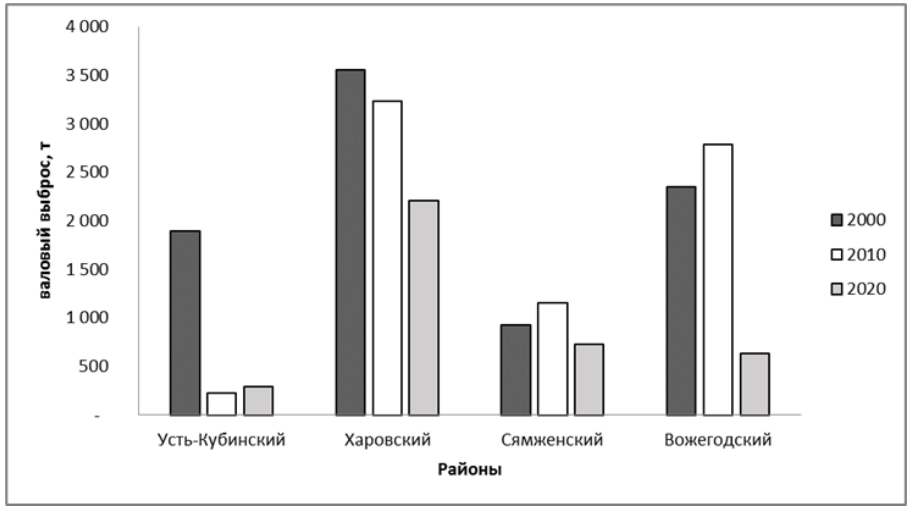
- Проведена классификация направлений использования реки и выделены приоритетные антропогенные факторы
- Рассмотрены в сравнительном плане показатели многолетней антропогенной нагрузки, включая объемы изъятия воды, сброс сточных вод, вклад в загрязнение загрязнения воды от локальных источников разных административных районов, расположенных в пределах водосбора р. Кубены.

✓ Проанализирована роль ближнего и дальнего аэропереноса загрязняющих веществ, по объемам валовых выбросов в 2000 - 2020 гг. и выявлен наибольший вклад Харовского района в атмосферное загрязнение (от 1114 до 3987 т/год).

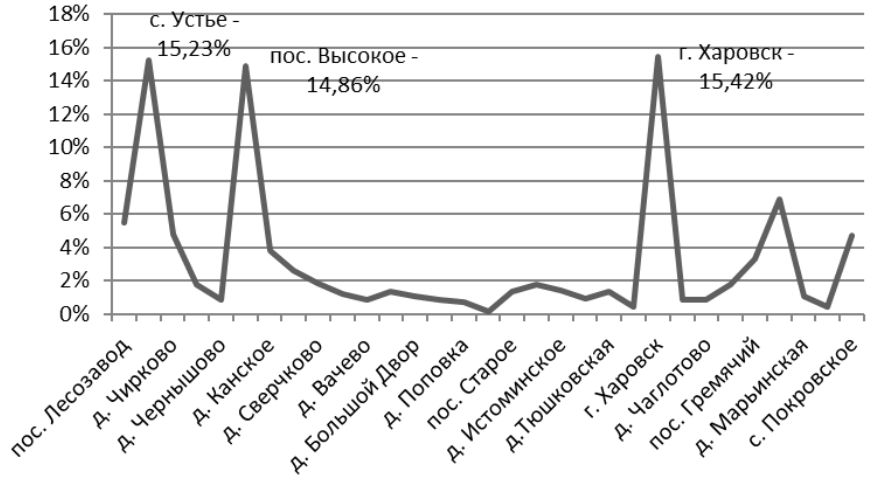
✓ Установлены очаги вторичного загрязнения вследствие многолетних в разработке месторождений песка в устьевом участке.

✓ Рассчитана площадь застройки в водоохранной зоны р. Кубены ок. 130 кв. км. на 31 участке. Выраженный очаг плотной застройки в устьевой части особенно негативно влияет на состояние речной экосистемы

Выявлено усиление негативных процессов загрязнения, эвтрофирования и токсификации р. Кубены



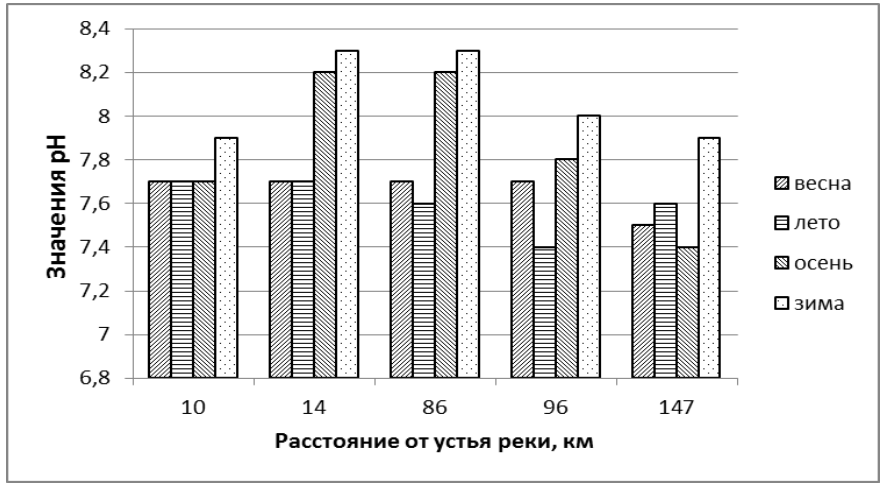
Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников



Вклад (%) населенных пунктов в застройку от общей застроенной площади водоохранной зоны р. Кубены

3.4. Изменение качества воды р. Кубены под влиянием антропогенной нагрузки

Рассмотрены показатели природного высокого качества вод песчаной северной реки: высокая прозрачность при низкой мутности, невысокая цветность воды при небольшом содержании гуминовых веществ.
Высокие показатели содержания гидрокарбонатов обеспечивают достаточную буферность к закислению воды (pH 7,4 - 8,3).



Динамика показателей pH р. Кубены

Анализ многолетней динамики показателей ПДК выявил изменение качества воды при антропогенной нагрузке: сдвиг ионного состава вод, повышение мутности, эвтрофирование и токсификация, включая хроническое превышение ПДК содержания тяжелых металлов

Оценка качества реки Кубены за период 2005–2021 гг.

Пункт наблюдения	Показатели по отдельным годам	
	2005	2006
Троице-Енальское	ИЗВ 0,51 (Чистая)	ИЗВ 0,47 (Чистая)
Савинская	ИЗВ 0,61 (Чистая)	ИЗВ 0,58 (Чистая)
Троице-Енальское	УКИЗВ 2,33 (Загрязненная)	УКИЗВ 2,62 (Загрязненная)
Савинская	УКИЗВ 2,72 (Загрязненная)	УКИЗВ 2,72 (Загрязнённая)
	2007	2008
Троице-Енальское	3,34 (Очень загрязненная)	3,34 (Очень загрязненная)
Савинская	2,69 (Загрязненная)	3,35 (Очень загрязненная)
	2008	2009
Троице-Енальское	2,26 (Загрязненная)	2,26 (Загрязненная)
Савинская	3,13 (Загрязненная)	4,86 (Грязная)
	2010	2011
Троице-Енальское	4,15 (Грязная)	3,72 (Грязная)
Савинская	3,72 (Грязная)	2,82 (Загрязненная)
	2012	2013
Троице-Енальское	3,72 (Грязная)	2,89 (Загрязненная)
Савинская	2,82 (Загрязненная)	3,72 (Грязная)
	2014	2015
Троице-Енальское	2,94 (Загрязненная)	2,66 (Загрязненная)
Савинская	2,82 (Загрязненная)	3,04 (Грязная)
	2016	2017
Савинская	3.69 (4А – грязная)	3,59 (4А грязная)
	2018	2019
Савинская	4,16 (4 А – грязная)	4 А (грязная)
	2020	2021
Савинская	3А (загрязненная)	3Б (очень загрязненная)

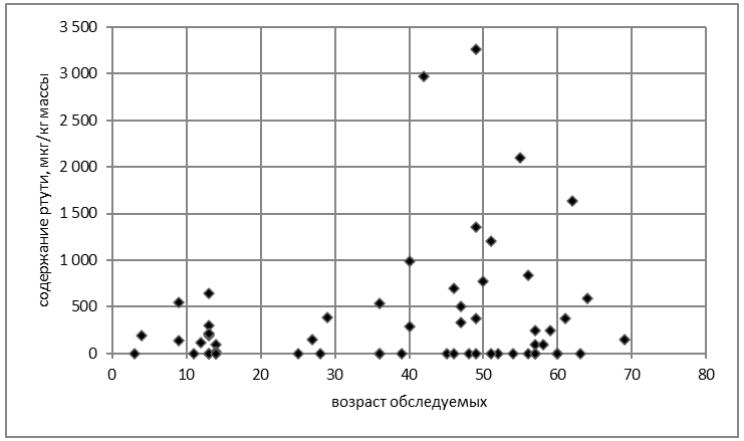
Последствия загрязнения воды р. Кубены для здоровья населения

- ❖ Модельный объект - питьевая вода, ключевой показатель - присутствие опасных химических веществ. Проведено сравнение оценок риска химического загрязнения питьевой воды по имеющимся данным индексов опасности содержания в воде 30 не канцерогенных и 13 канцерогенных соединений.
- ❖ Модельный процесс токсического загрязнения р. Кубены - миграция супертоксиканта ртути.

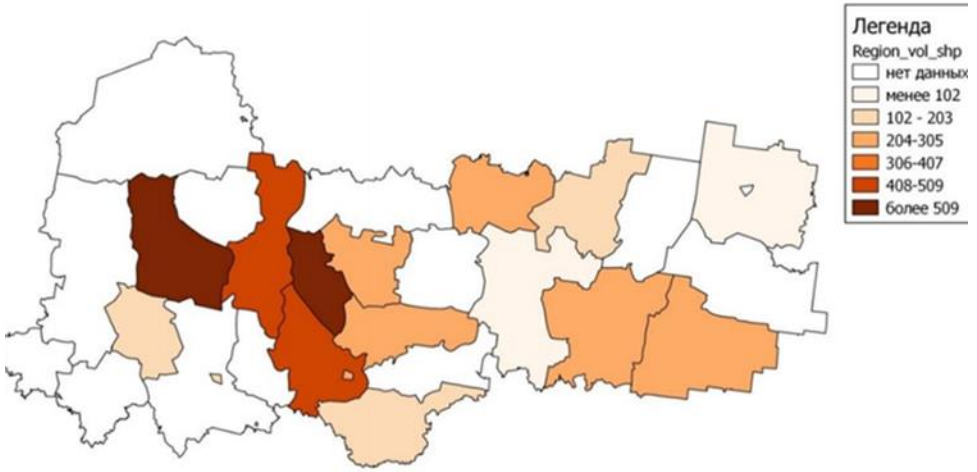
Показатели: содержание ртути в рыбе и волосах населения .

- ✓ Определена биоаккумуляция ртути у щуки и окуня как хищников, являющихся конечным звеном биомагнификации и относящихся к основным видам любительского рыболовства в р. Кубене.
- ✓ Оценено накопления ртути в выборке респондентов (80 чел.) по средневзвешенным значениям содержания элемента в волосах и разбросу этого показателя. Даны рекомендаций населению в плане потребления рыбы

Увеличение показателей накопления ртути с возрастом. У жителей районов, приуроченных к реке, связано с частотой потребления рыбы.



Содержание ртути в волосах жителей Усть-Кубинского района



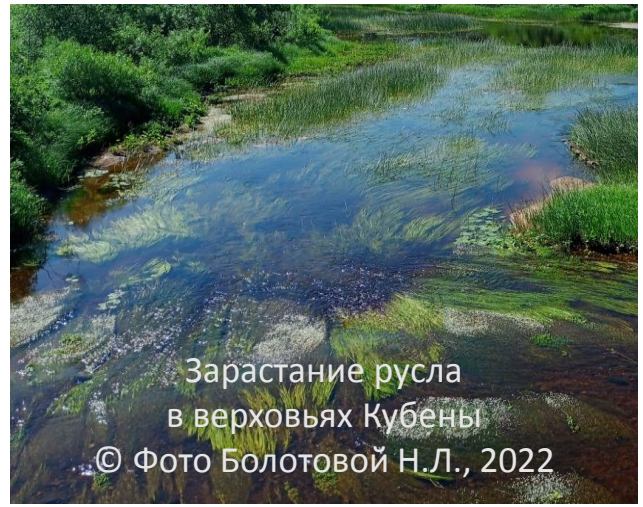
Картограмма содержания ртути в волосах населения Вологодской области

4. ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОСИСТЕМЫ Р. КУБЕНЫ

4.1.Сообщества гидробионтов р. Кубены

- Макрофиты – модельный объект для биоиндикации эвтрофирования. Выявлен видовой состав водно-долинного комплекса растений, отличия его структуры вдоль по течению р. Кубены и ее притоков.

- Отмечено расширение зоны зарастания погруженной растительности, быстро реагирующей на увеличение биогенной нагрузки. В верховьях Кубены, несмотря на быстрое течение, зона зарастания на мелководьях распространяется на все русло.
- Выявлено 50 видов истинно водных и прибрежно-водных растений, их экологические группы и биотопическая приуроченность.
- Наибольшее распространение имеют гидрофиты, погруженные укореняющиеся и с плавающими листьями на мелководье, отмелях, в заводях.
- Установлена морфологическая неоднородность ассоциаций кувшинки чисто-белой, наряду с типичной включающей особую вариацию вида и гибрид.
- На границе между урезом воды и берегом формируются специфические сообщества из гигрогелофитов.
- Проанализированы факторы активной гибридизации рдестов, которые часто встречаются на перекатах и стремнинах Кубены (*рдест узколистный, рдест тонкий, рдест иволистный*).
- Повсеместное распространение рдестов *(рдест блестящий и пронзеннолистный*) по реке Кубене и ее притокам отражает ускорение процессов эвтрофирования.



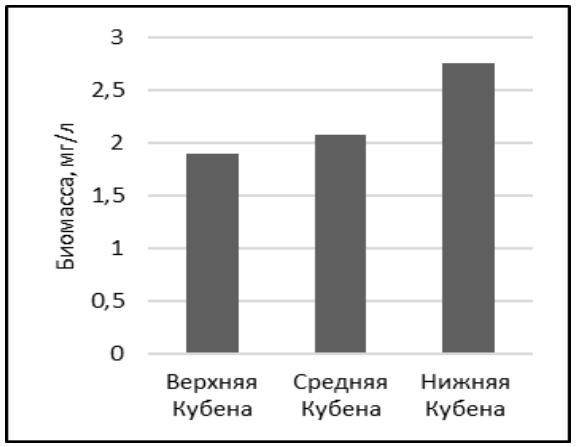
Зарастание русла
в верховьях Кубены
© Фото Болотовой Н.Л., 2022



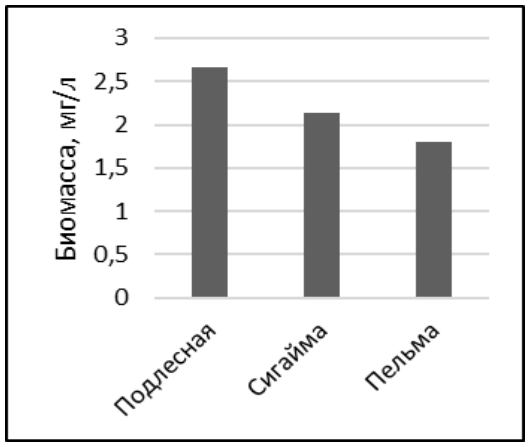
Зарастание дельты
© Фото Болотовой Н.Л., 2022

➢ Фитопланктон - модельный объект для биоиндикации качества и прогноза «цветения» воды

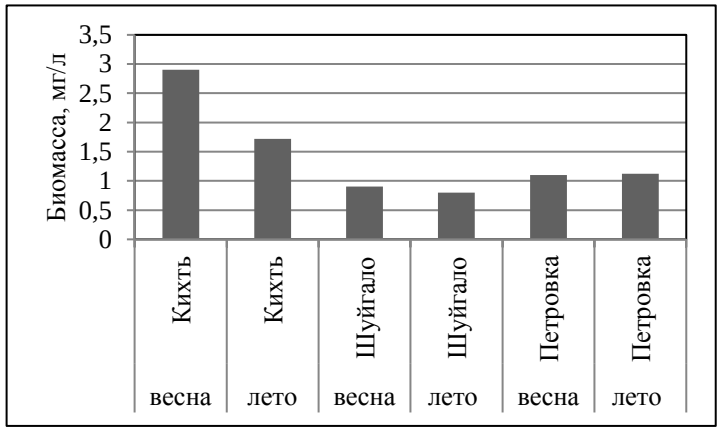
- ✓ Установлен таксономический состав и количественные показатели фитопланктона, их отличия в верхнем, среднем, нижнем течении, дельте реки и притоках с разной антропогенной нагрузкой; выявлена сезонная и межгодовая динамика.
- ✓ Показано значение фактора конкуренции для формирования фитопланктона в зарастающих малых водотоках при сравнении открытой воды и трех разных ассоциаций макрофитов.
- ✓ Сравнительный анализ состояния фитопланктонного сообщества (1992, 2013, 2014, 2021 и 2022 гг.) отразил ускорение процесса эвтрофирования. С увеличением органического загрязнения связан сдвиг структуры в сторону криптофитовых водорослей. В условиях повышения биогенной нагрузки возросла доля цианопрокариот, в т.ч. способных выделять токсины, особенно опасных при цветении воды .
- ✓ Значения индексов сапробности показали ухудшение качества воды от умеренно загрязненных среднего течения до загрязненных в устье р. Кубены.



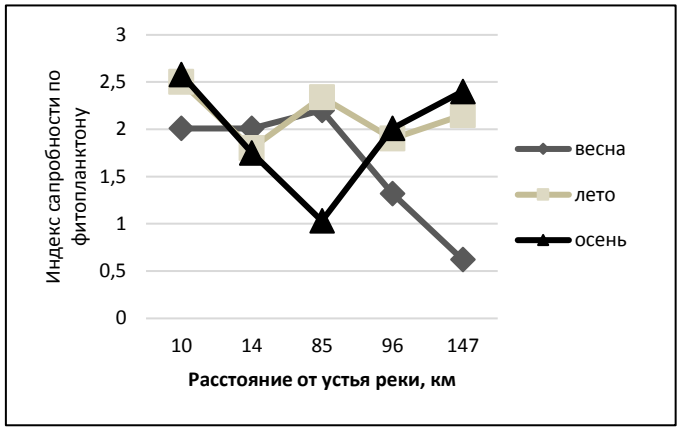
Динамика биомассы фитопланктона р. Кубены



Биомасса фитопланктона в протоках дельты Кубены



Сезонная динамика численности фитопланктона в притоках Кубены



Изменение индекса сапробности по численности фитопланктона по течению р. Кубены

Модельные объекты: сообщества перифитона, зоопланктона, зообентоса

❖ Перифитон - обрастатели природных и антропогенных субстратов как фильтраторы, участвующие в самоочищении и отражающие качество воды.



Колония мшанок © Фото Мухина И.А

- ✓ Установлен видовой состав прикреплённых инфузорий в притоке р. Кубены в антропогенно трансформированном руч. Петровке. Средняя суммарная плотность прикрепленных инфузорий составляла 10 экз./кв. см, доминировали представители вида *Vorticella convallaria.*
- ✓ Исследованы колонии мшанок на модельных участках верхнего, среднего, нижнего течения и в протоках дельты р. Кубены на природных и естественных субстратах. Выявлены отличие видового состава. Биомасса колоний достигала значительных величин в дельте – до 3 100 г/кв. м.

❖ Зоопланктон как биоиндикатор качества воды и эвтрофирования р. Кубены.

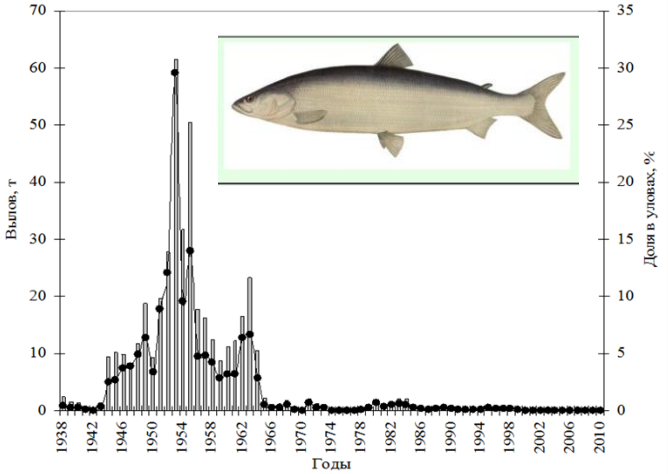
- ✓ В составе зоопланктона обнаружено в разные годы 31-46 видов, видовое богатство и количественные показатели увеличиваются от верхнего течения реки к устью. Выражена сезонная и межгодовая динамика показателей.
- ✓ Прослежено отрицательное влияние мутности на развитие зоопланктона в зонах гидромеханизированных работ в низовье реки. Повышение разнообразия отмечено в зарослевой зоне. По индексам сапробности качество воды по течению изменялось от условно чистых к умеренно-загрязненных - к грязным и ухудшалось в районах крупных населённых пунктов (г. Харовск, п. Устье).

❖ Зообентос - биоиндикатор долговременного загрязнения реки.

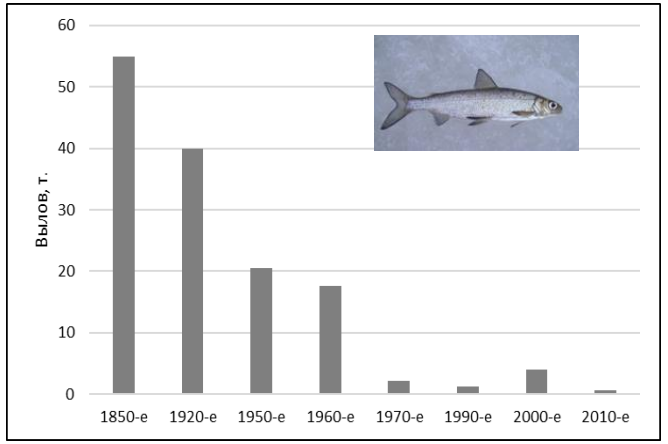
- ✓ С изменением биотопов на протяжении р. Кубены связаны особенности таксономического состава и количественных показателей зообентоса. Прослежена сезонная динамика видового состава зообентоса.
- ✓ Отмечено снижение видового богатства сообщества к верховьям р. Кубены и проникновение в устье реки каспийского моллюска - дрейссены *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)
- ✓ По состоянию зообентоса качество воды оценивается как умеренно-загрязненное.

4.2. Рыбное население бассейна реки Кубены

- Рассмотрены исторические, природные и антропогенными факторы формирования ихтиофауны системы «озеро Кубенское–приток Кубена».
- Современный состав ихтиофауны в бассейне р. Кубены насчитывает 22 вида из 9 семейств, доминирует сем. Карповые.
- Проанализировано состояние уникальных жилых форм сем. Сиговые: нельмы *Stenodus leucichthys nelma*, занесенной в Красную книгу РФ и сига-нельмушки *Coregonus lavaretus nelmuschka* (ледниковый реликт и эндемик) с резко сократившейся численностью. Обсуждаются пути сохранения исчезающих популяций и эффективность предпринятых мер.
- Проанализированы тенденции в перестройке структуры рыбного населения бассейна на уровне фаунистических комплексов, видов и внутрипопуляционных процессов.
- Дана характеристика видов рыб, обитающих в бассейне Кубены.
- Выявлены причины потери промыслового значения р. Кубены.



Динамика уловов нельмы (т) и доля (%) в общем вылове рыбы (1938-2010)



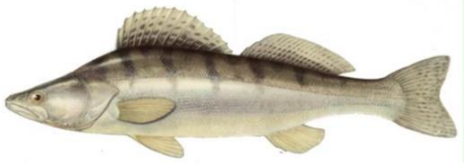
Динамика уловов (т) сига-нельмушки (1885–2020 гг.)

Редкий вид



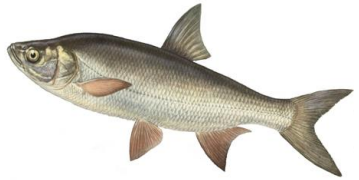
Хариус

Акклиматизант



Судак

Саморасселяющиеся виды



Жерех



Щиповка

5. НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ БАССЕЙНА РЕКИ КУБЕНЫ

5.1. Болотные экосистемы

❖ Применения ГИС-технологий позволило уточнить заболоченность бассейна р. Кубена - 15,8%.

❖ Выявлены, за исключением аапа-болот, все их основные типы, характерные для Вологодской области: ***низинные травяные заливаемые, низинные богатотравяные напорного грунтового питания, низинные и переходные лесные, верховые неструктурированные пушицево-кустарничково-сфагновые и верховые грядово-мочажинные фускум или реже магелланикум типа (преимущественно с хамедафной в кустарничковом ярусе).***



Шиченгское болото.
© Фото Филиппова Д.А., 2019 г.

❖ На основании оригинальных многолетних материалов, собранных в рамках системно-структурного подхода и единой методологии на крупной болотной системе – бол. Шиченгское (15,9 тыс. га), получены уникальные материалы о составе, структуре и динамике болотных и внутриболотных экосистем в подзоне средней тайги.

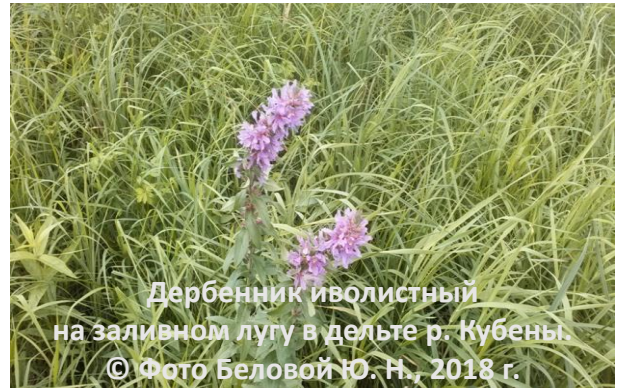
❖ Развитие болотной экосистемы показано через призму разнотипных болотных водных объектов.

❖ Прослежены изменения структурной организации болотных водоёмов и водотоков в ходе естественного развития болота от первичного водоёма к специфическим болотным водным образованиям (ручей, топь, сфагновая мочажина).

❖ Описано 1250 видов 6 крупных царств : Animalia – 586, Plantae – 423, Chromista – 118, Protozoa – 63, Fungi – 50, Bacteria – 10

5.2. Фиторазнообразие бассейна р. Кубены. 5.2.1. Флора и растительные сообщества

- Рассмотрена растительность бассейна Кубены: лесная, луговая, болотная, водная, сорно-рудеральная и культурная. Описаны основные типы растительности, доминирующие фитоценозы, редкие сообщества, включая заливные луга. Специфичность луговой растительности придают экстразональные и интразональные сообщества с участием степных и лесостепных видов.
- Маршрутно-ключевой метод выявления локальных флор по всей протяженности реки и примыкающих водосборных участков выявил в составе долинного комплекса Кубены 553 вида из 294 родов 88 семейств. Аборигенная фракция сосудистых растений составляет 96,6%, что свидетельствует о незначительной трансформации флоры. Проанализировано соотношение основных таксономических групп, спектр ведущих родов и семейств, биотопическая приуроченность растений.
- Описана флора мохообразных Шиченгского болота и низовьев реки Кубены.



Дербенник иволистный на заливном лугу в дельте р. Кубены. © Фото Беловой Ю. Н., 2018 г.



Сосняк кустарничковый в Верденгском заказнике. © Фото Румянцевой А. В., 2007



Живокость высокая Delphinium elatum в долине р. Кубены. © Фото Аминовой А. Г., 2006 г

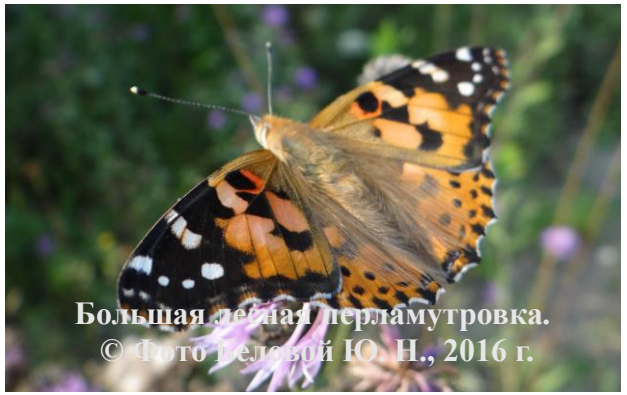
5.2.2. Редкие виды растений бассейна р. Кубены

- Обобщены материалы по видам растений Красной книги Вологодской области, зафиксированных в бассейне р. Кубена в начале XXI века. Приведены конкретные данные местонахождений 77 охраняемых видах и 74 видах научного мониторинга. Проанализировано распределение редких видов по административным районам и роль ООПТ в сохранении биоразнообразия.

5.3. Фауна и животное население экосистем бассейна р. Кубены. 5.3.1. Энтомофауна



- Создан электронный банк данных: 490 видов из 103 семейств и 11 отрядов насекомых.
- Виды дифференцированы по приуроченности биотопам и местам их находок в административных районах бассейна.
- Анализ структуры энтомофауны показал доминирование отрядов жесткокрылых и двукрылых. Из отряда двукрылых зарегистрировано 100 видов из 26 семейств.
- По богатству видов выделены 13 семейств, т. ч. Листоеды, Журчалки, Пчелиные, Муравьи, Нимфалиды.
- Отмечена роль группы полужесткокрылых, которые являются удобными биоиндикаторами состояния окружающей среды.


Большая лесная перламутровка.
© Фото Белевой Ю. Н., 2016 г.

- Приведена характеристика структуры фауны и проанализирована биотопическая приуроченность булавоусых чешуекрылых и шмелей.
- В бассейне р. Кубены обнаружено 14 видов, охраняемых в Вологодской области. Из них 3 вида: *Anax imperator, Carabus menetriesi, Dytiscus latissimus,* включены в Красную книгу РФ и 9 видов насекомых нуждаются в научном мониторинге.

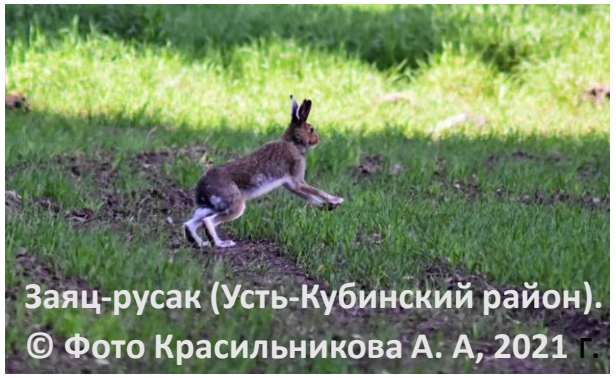

Шмель Bombus sporadicus.
© Фото Колесовой Н. С., 2020 г.

5.2.2. Наземные позвоночные, редкие виды

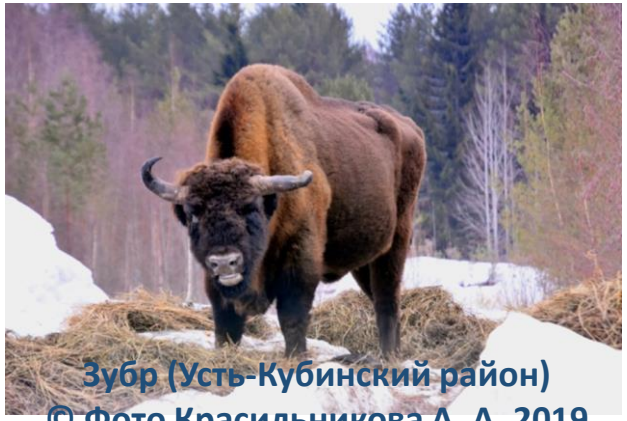
- Рассмотрено формирование фауны под влиянием природных и антропогенных факторов, включая ухудшение условий обитания. инвазионный процесс и синантропизацию.
- Выявлено 227 видов позвоночных животных, из которых земноводные и пресмыкающиеся представлены соответственно 4 и 2 видами.
- Модельной группой для изучения служит орнитофауна как самый разнообразный таксон, характеризующийся активным распространением новых видов. Описаны условия, определяющие богатое разнообразие птиц нижнего течения р. Кубены, где отмечен 151 вид из 14 отрядов. Доминирует отряд Воробьинообразные, значительную долю составляют Ржанкообразные, Гусеобразные и Соколообразные. Остальные отряды являются малочисленными и представлены 1–4 видами.
- В дельте р. Кубены зарегистрировано 20 видов птиц, внесенных в Красную книгу Вологодской области, из которых 7 видов включены в Красную книгу РФ.
- Охарактеризовано население птиц водоемов и их побережий, пойменных лугов, кустарниковых зарослей, ельников, сосняков, вторичных хвойно-мелколиственных лесов, лиственных лесов, верховых болот, а также полей и поселений человека.
- Отмечено 43 вида млекопитающих из 6 отрядов, доминируют Грызуны и Хищные.
- Дано описание редко встречающихся видов: рысь, выдра, барсук, заяц-русак, а также саморасселяющихся видов: акклиматизированной енотовидной собаки, реакклиматизированного бобра (его сильное влияние на экосистемы).
- Проанализированы результаты акклиматизации зубра, состояние и динамика численности самого северного в мире стада в новых условиях обитания.



Кроншнеп средний.
© Фото Красильникова А. А., 2017 г.



Заяц-русак (Усть-Кубинский район).
© Фото Красильникова А. А, 2021 г.



Зубр (Усть-Кубинский район)
© Фото Красильникова А. А, 2019

6. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ СОХРАНЕНИЯ ЛАНШАФТНОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ В БАССЕЙНЕ Р. КУБЕНЫ

6.1. Проанализированы подходы к сохранению ландшафтного и биоразнообразия (альфа-и бета-разнообразия); проблемы актуализации Красной книги, применения генетических критериев; перспективность инвентаризации экосистем и создания Красного списка экосистем (RLE), а также внедрения концепции экосистемных услуг в стратегию природопользования.

6.2 Охарактеризована роль ООПТ, принципы и подходы к созданию функциональной сети.

6.3. Охарактеризованы 10 созданных в бассейне ООПТ, их крайняя неравномерность распределения.

6.4. Даны рекомендации по созданию двух новых ООПТ на основании проведенной оценки высокой природоохранной значимости обследованных территорий: в дельте Кубены («Кубенский природный парк») и в ее среднем течении на левом берегу р. Сямжена (Городище «Чудин вал»).



Границы проектируемой ООПТ «Кубенский природный парк»

Описано ландшафтное и биоразнообразие территорий, предложены границы (координаты и описание) и режим охраны. К достоинствам территорий относится их историческая значимость и перспективы сохранения культурного наследия, в т.ч богатого археологического наследия и древних монастырей



Территория проектируемой ООПТ «Городище «Чудин Вал».

Выводы

Бассейн р. Кубены характеризуется уникальными палеогеографическими, геоморфологическими, ландшафтными особенностями и своеобразным рисунком гидросети, вследствие сложного генезиса территории в условиях неоднократных оледенений. В пяти ландшафтах, по которым протекает р. Кубена, выявлены модифицированные и трансформированные геокомплексы.

Анализ сценария изменения мезоклимата в бассейне р. Кубены выявил основную тенденцию, связанную с потеплением и увеличением количества осадков в зимний период. Это повлияло на гидрологический режим р. Кубены со значимым отклонением минимального зимнего и достоверной аномалией для минимального летне-осеннего стока.

Выявлено прогрессирующее ухудшение состояния реки Кубены, вследствие многоплановой эксплуатации качество воды перешло в категорию «грязных» и «очень грязных», что подтверждено проведенной биоиндикацией. Особо опасным явлением служит ртутное загрязнение при биоаккумуляции супертоксиканта в рыбах и затем попадания в организм человека. Ухудшение условий обитания отразилось на всех трофических уровнях водного сообщества,. Река потеряла рыбопромысловое значение, под угрозой исчезновения находятся уникальные жилые форм сиговых рыб.

Болотные экосистемы являются одним из важнейших элементов бассейновой структуры, представлены широким спектром типов. Многоаспектное изучение Шиченгского болотного угодья показало сложный состав, структуру и динамику болотных и внутриболотных экосистем, следствием развития которых является высокое биоразнообразие.

С разнообразием рельефом и пестротой почвенного покрова бассейна связана сложная структура растительности, включая уникальные заливные луга дельты, формирование систематической насыщенности флоры, ее видового богатства, в т.ч. наличие более 150 редких видов.

Комплекс факторов, включая биотопическое разнообразие, определил своеобразие фауны и животного населения, с богатым составом энтомофауны и орнитофауны.

Для сохранения ландшафтного и биологического разнообразия бассейна требуется, наряду с расширением сети ООПТ, создание Красного списка экосистем и внедрение в природопользование концепции экосистемных услуг.

Список литературы

599 источников, из них 553 - на русском языке, 46 - на иностранном языке

1. Абрамова, Т. Г. Болота Вологодской области, их районирование и сельскохозяйственное использование / Т. Г. Абрамова // Северо-Запад Европейской части СССР. – Ленинград : Издательство Ленинградского университета, 1965. – Вып. 4. – С. 65–93.

2. Абрамова, Т. Г. Геоботаническое районирование Вологодской области / Т. Г. Абрамова, Г. И. Козлова // Природное районирование Вологодской области для целей сельского хозяйства. – Вологда, 1980. – С. 169–256.

3. Авдошенко, А. К. Фенологический календарь / А. К. Авдошенко // Природные условия и ресурсы Вологодской области (Сокольский район). – Вологда, 1972. – С. 169–175.

4. Авдошенко Н.Д. Геологическая история и геологическое развитие Вологодской области. Учебное пособие / Н. Д. Авдошенко, А. И. Труфанов. – Вологда: ВГПИ, 1989. – 72 с.

1. Atlas of higs conservation value areas, and analysis of gaps and representativeness of the protected area network in northwest Russia. The English Revised Edition. – Helsinki, 2013. – S. 15–62. L. 198, 222, 223, 243, 244.

2. Biological and landscape diversity of the Vologda region / N. L. Bolotova, N. K. Maksutova, T. A. Suslova, E. A. Scupinova // Anthropogenic transformation of taiga ecosystems in Europe: environmental, resource and economic implication. – Petrozavodsk, 2004. – P. 22–32.

3. Bolotova, N. L. Influence of human activity on the population of landlocked inconnu (*Stenodus leucichthys nelma*) of the Kubenskoe Lake (Russia) / N. L. Bolotova, O. V. Zuyanova, O. V. Bolotov // VI International Symposium on Biology and Management of Coregonid Fishes. September 23–26, 1996. Konstanz, Germany. Abstracts and List of Participants. – 1996. – P. 5.

18 Приложений:

карта пунктов исследований, графики расходов воды р. Кубены, видовые списки (фитопланктон, ихтиофауна, высших сосудистые растения, мохообразные, энтомофауна, наземные позвоночные), характеристика ценной природной территории (Остров Спас-Каменный), схема археологических находок в дельте Кубены, характеристика историко-культурного наследия нижнего течения Кубены и Усть-Кубинского районного краеведческого музея.