



## БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

## BIOLOGICAL RESOURCES

DOI: 10.22363/2313-2310-2022-30-4-606-619

УДК 504.054

Научная статья / Research article

### Система факторов антропогенного воздействия на ихтиофауну бассейна реки Северная Двина

А.М. Торцев  

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук,  
г. Архангельск, Российская Федерация*

 [torzevalex@yandex.ru](mailto:torzevalex@yandex.ru)

**Аннотация.** Речной бассейн Северной Двины подвергается постоянному антропогенному воздействию в результате деятельности промышленности, электроэнергетики, коммунального и сельского хозяйства, добычи полезных ископаемых, судостроения, транспорта и рыболовства. Целью исследования является идентификация и качественная оценка факторов антропогенного воздействия на ихтиофауну бассейна реки Северная Двина в границах Архангельской области. Сведения об антропогенном воздействии базируются на открытых данных органов государственной власти и научных публикаций. Определены основные факторы антропогенного воздействия на ихтиофауну. Воздействие имеет многофакторный характер. Рыболовство сокращает численность популяций рыб, а хозяйственная деятельность на акватории и берегах водного объекта ухудшает условия среды обитания рыб, что приводит к изменению параметров популяций рыб. Сокращение антропогенного воздействия может быть реализовано посредством реконструкции существующих и строительства новых систем водоотведения, а также введения ограничений на использование лесных ресурсов в прибрежной зоне.

**Ключевые слова:** река Северная Двина, антропогенное воздействие, факторы, ихтиофауна

---

© Торцев А.М., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

**Благодарности и финансирование.** Исследование проведено в рамках НИР «Изучение изменений в экосистеме р. Северная Двина и в водоемах особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Европейского северо-востока России в условиях климатических сукцессий и воздействия антропогенных факторов».

**История статьи:** поступила в редакцию 11.06.2022; доработана после рецензирования 10.08.2022; принята к публикации 14.09.2022.

**Для цитирования:** *Торцев А.М.* Система факторов антропогенного воздействия на ихтиофауну бассейна реки Северная Двина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2022. Т. 30. № 4. С. 606–619. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-4-606-619>

## The system of factors of anthropogenic impact on the fish fauna of the Northern Dvina river basin

Alexey M. Tortsev  

*N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Science, Arkhangelsk, Russian Federation*

 [torzevalex@yandex.ru](mailto:torzevalex@yandex.ru)

**Abstract.** Industry, electric power, utilities, agriculture, mining, construction, shipbuilding, transport and fishing have a constant anthropogenic impact on the Northern Dvina river basin. Identification and qualitative assessment of factors of anthropogenic impact on the fish fauna of the Northern Dvina river basin within the boundaries of the Arkhangelsk region is the aim of the research. Open data of public authorities on anthropogenic impact and scientific publications are the basis for the research. The main factors of anthropogenic impact on fish fauna have been identified. The impact is multifactorial. Fishing reduces the number of fish populations, and economic activities in the water area and the banks of the water body worsen the conditions of the fish habitat. This leads to a change in the parameters of fish populations. Reconstruction of existing wastewater systems and construction of new ones, as well as the introduction of restrictions on the use of forest resources in the coastal zone are directions for reducing the anthropogenic impact.

**Keywords:** Northern Dvina river, anthropogenic impact, factors, fish fauna

**Acknowledgements and Funding.** The research was carried out as part of the research work “Investigate of changes in the ecosystem of the Northern Dvina river and in water bodies of specially protected natural areas (SPNA) of the European North-East of Russia under conditions of climatic successions and the impact of anthropogenic factors”.

**Article history:** received 11.06.2022; revised 10.08.2022; accepted 14.09.2022.

**For citation:** Tortsev AM. The system of factors of anthropogenic impact on the fish fauna of the Northern Dvina river basin. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2022;30(4):606–619. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-4-606-619>

### Введение

Крупнейшая река бассейна Белого моря – Северная Двина – протекает по северному склону Русской равнины. Длина реки составляет 774 км, а площадь бассейна – 357 тыс. км<sup>2</sup> (рис. 1). В районе городов Архангельск и

Северодвинск р. Северная Двина образует обширную дельту площадью около 900 км<sup>2</sup>, состоящую из более чем 150 протоков и впадает в Двинскую губу Белого моря [1]. Река Северная Двина принимает на своем пути большое количество рек, ручьев и водотоков, общее количество которых достигает 61 878.

Нельзя не отметить, что речной бассейн Северной Двины подвергается постоянному антропогенному воздействию в результате деятельности лесной, деревообрабатывающей (комбинаты в г. Архангельск) и целлюлозно-бумажной промышленности (комбинаты в г. Новодвинск, г. Коряжма), электроэнергетики (крупные теплоэлектростанции г. Архангельск), коммунального хозяйства (муниципальные водоканалы и др.), сельского хозяйства, геолого-разведки и добычи полезных ископаемых, строительства, судостроения и судоремонта, водного и трубопроводного транспорта, рыболовства, водопотребления [2; 3]. При этом речной бассейн Северной Двины является одним из основных промысловых районов Архангельской области. Таким образом, целью исследования является идентификация и качественная оценка факторов антропогенного воздействия на ихтиофауну бассейна реки Северная Двина в границах Архангельской области.

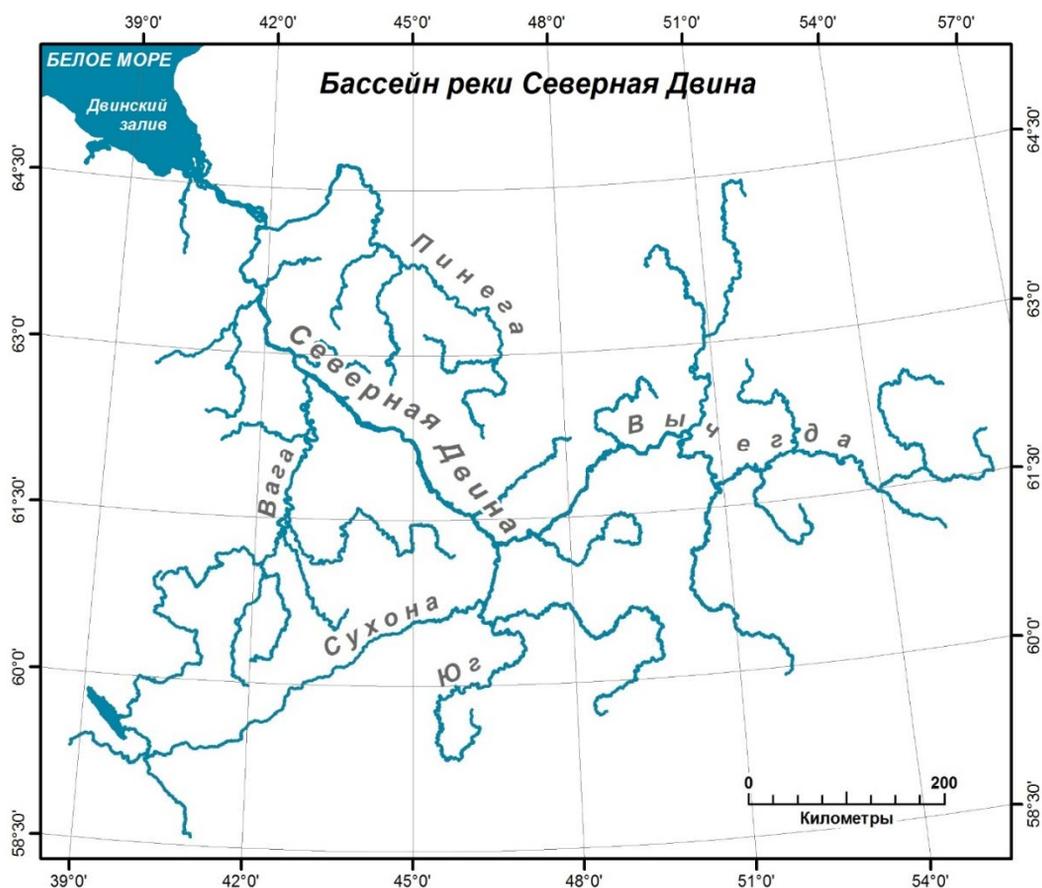


Рис. 1. Схема бассейна Северной Двины

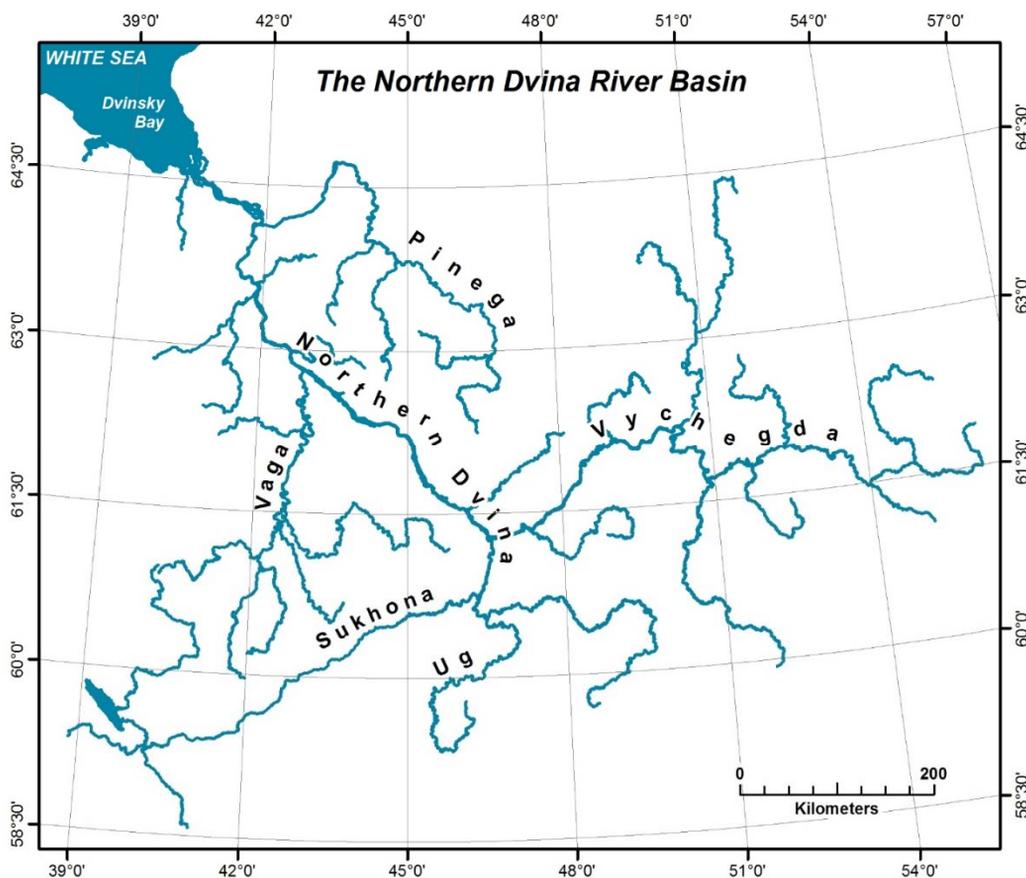


Figure 1. Scheme of the Northern Dvina basin

## Материалы и методы исследования

Сведения об антропогенном воздействии базируются на открытых данных Двинско-Печорского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов (2018–2020 гг.), Федеральной службы государственной статистики (2000–2019 гг.), регионального доклада о состоянии и охраны окружающей среды (2020 г.) и научных публикаций. Обработка полученных данных произведена с использованием программы MS Excel.

Основным методом исследования является метод описания, включающий прием наблюдения, интерпретации, сопоставления и обобщения данных информационных ресурсов и платформ.

## Результаты

Хозяйственная деятельность на водных объектах, а также их берегах и водосборной площади оказывает многофакторное негативное воздействие на биоценозы и ведет к нарушению сложившегося экологического равновесия. Подавляющее большинство процессов антропогенного воздействия на водные экосистемы протекает при участии атмосферы, биосферы и донных

отложений. Эти процессы действуют одновременно и непрерывно [4]. Усиление антропогенного воздействия на водные экосистемы приводит к изменениям и нарушениям сформировавшихся биоценозов и сокращению видового биоразнообразия, что приводит к их деградации. Однако вследствие процессов синергизма и адаптации, протекающих в водных экосистемах, крайне сложно зафиксировать воздействие на экосистему какого-либо одного фактора. В данном случае можно наблюдать доминирующий фактор или комплекс факторов. При этом необходимо отметить, что большая доля изменений водных экосистем определяется в настоящее время антропогенным воздействием на них [5], а техногенные факторы проявляются за короткий срок и вызывают резкие изменения на всех уровнях организации водных экосистем.

Применительно к бассейну р. Северная Двина можно выделить следующие основные факторы негативного воздействия на водные экосистемы (рис. 2), воздействующие как на берега водных объектов, так и водные ресурсы.

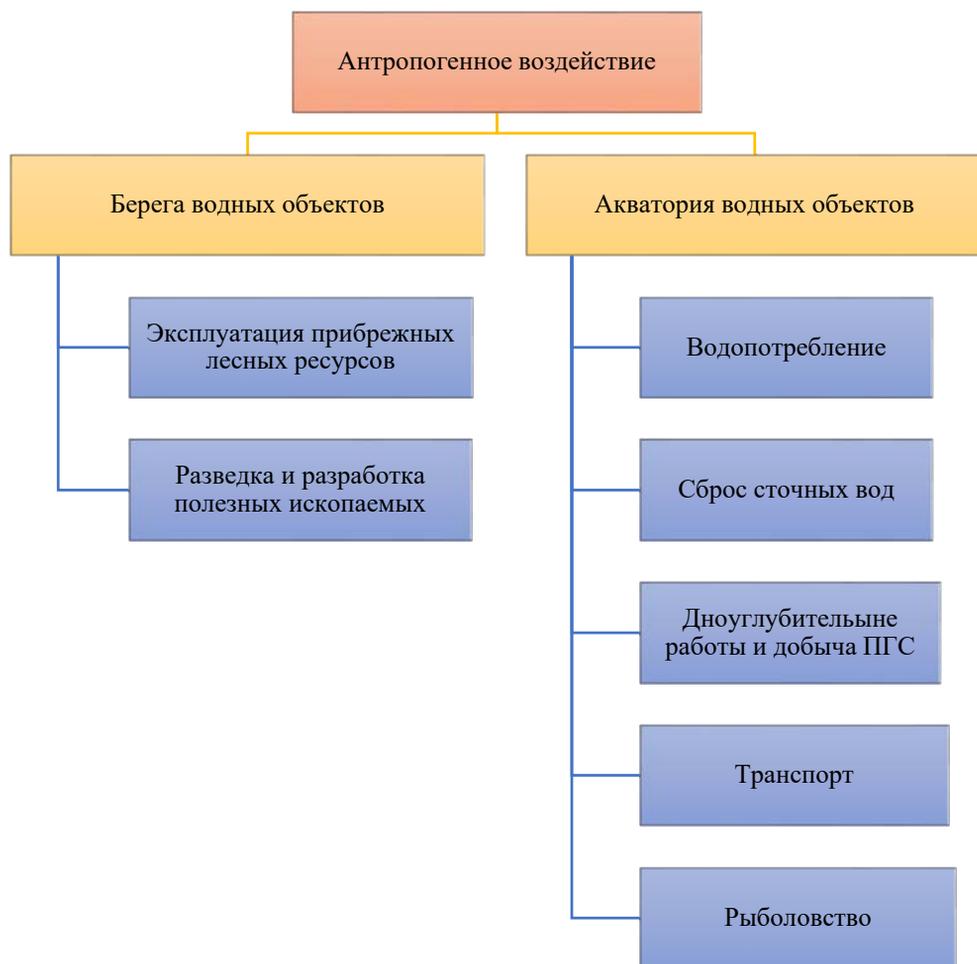


Рис. 2. Виды антропогенного воздействия на водные экосистемы бассейна реки Северная Двина

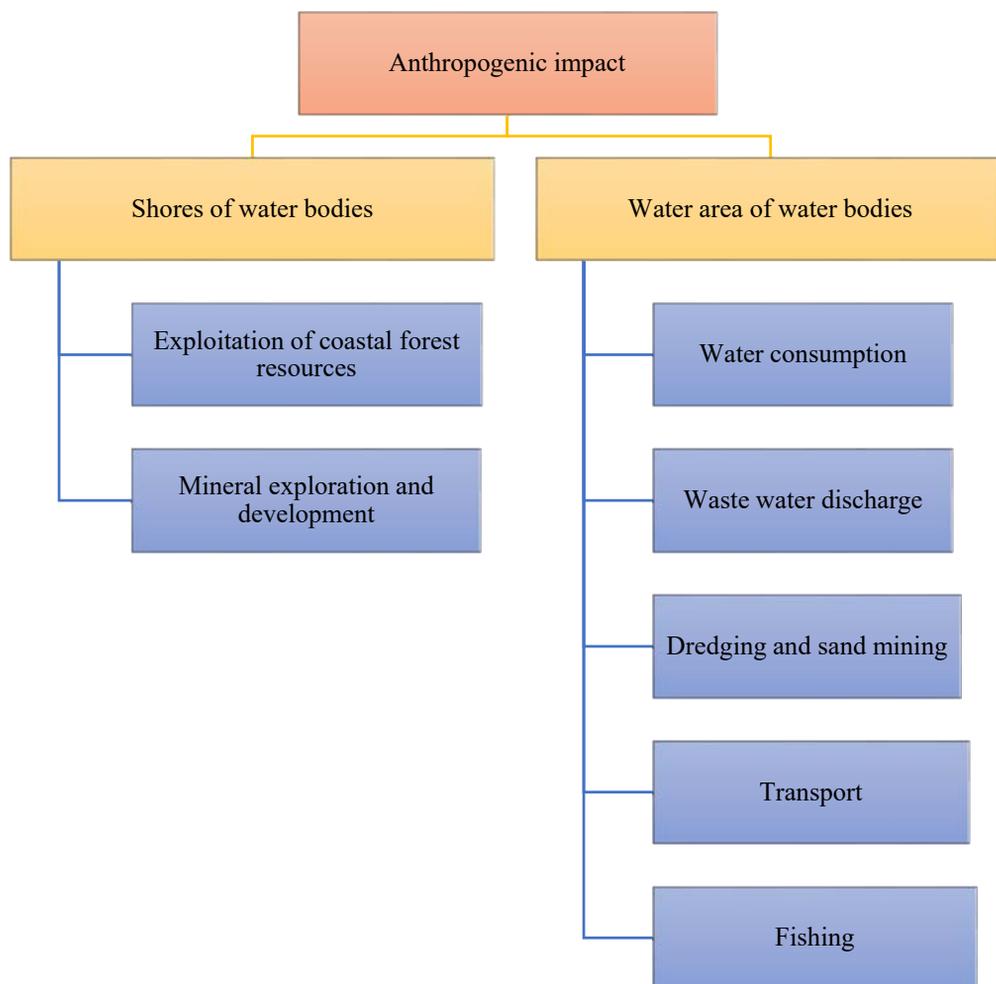


Figure 2. Types of anthropogenic impact on water ecosystems of the Northern Dvina river basin

### *Эксплуатация прибрежных лесных ресурсов*

Учеными отмечается, что сохранение леса на водосборной площади водных объектов играет важную роль в водном балансе рек и озер, сохранение среды обитания водных биоресурсов тесно связано с сохранением водности рек. На созданных вырубках значительно меняется интенсивность биологических, гидрофизических и гидрологических процессов. Выделяются следующие факторы негативного воздействия на водные биоресурсы вследствие снижения лесистости: сокращение нерестовых площадей и ухудшение условий воспроизводства водных биоресурсов, снижение доступной кормовой базы рыб (гибель планктонных и бентосных организмов), повышенная смертность рыб и др. [6]. При этом использование лесных ресурсов на водосборном бассейне малых рек и ручьев может оказывать значительное влияние в случае снижения лесистости. Это, в частности, приводит к сокращению доступных площадей нерестово-выростных участков и сокращению запасов лосося

атлантического [7]. Также необходимо отметить сильное антропогенное влияние, оказанное ранее на реки Европейского Севера молевым сплавом леса, широко применявшимся в XIX–XX вв. Это привело к загрязнению корой и топляками протяженных участков рек, а также нарушению термического и кислородного режима на нерестово-выростных участках.

#### *Разведка и разработка общераспространенных полезных ископаемых*

В ходе проведения хозяйственной деятельности этого вида часто происходит нарушение и изменение русел водных объектов, загрязнение их вод взвешенными веществами и иными загрязнителями. Следствием этого является занос галечных нерестово-выростных участков. Кроме того, разработка месторождений сопровождается строительными работами, которые также оказывают негативное воздействие на водные экосистемы, включая шум, инфразвук, вибрацию, ионизирующие излучения и др., образование сточных вод, а также поступление отходов производства и потребления.

#### *Водопотребление*

Использование водных ресурсов сокращает кормовую базу водных биоресурсов вследствие гибели планктонных организмов. Отсутствие рыбозащитных сооружений или их несоответствие установленным требованиям приводит к гибели икры и личинок (молоди) водных биоресурсов. Так, водопользование из поверхностных водных объектов в области в 2020 г. составило 524,46 млн м<sup>3</sup>. При этом почти 90 % забранных водных ресурсов используется в производственных нуждах, чуть менее 8 % – на хозяйственно-питьевые нужды населения<sup>1</sup>.

#### *Загрязненные и недостаточно очищенные сточные воды*

В речную сеть бассейна р. Северная Двина поступают сточные воды нескольких сотен предприятий, а также сточные воды населенных пунктов. Качество воды в р. Северная Двина характеризуется как «очень загрязненная». Характерными загрязняющими веществами реки являются соединения меди, железа, алюминия, цинка, марганца и трудноокисляемые органические вещества [3]. Высокие концентрации соединений железа и марганца в поверхностных водах обусловлены природными причинами. Источником соединений железа и марганца являются болотные воды, питающие малые реки и ручьи бассейна р. Северная Двина. Соединения меди и цинка попадают в

---

<sup>1</sup> Информационный бюллетень о состоянии водных объектов, дна, берегов водных объектов, их морфометрических особенностей, водоохранных зон водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений по Двинско-Печорскому бассейновому округу, относящемуся к зоне деятельности Двинско-Печорского бассейнового водного управления за 2020 год. – URL: <http://www.dpbvu.ru> (дата обращения: 21.03.2022).

природные воды в результате процессов разрушения и растворения горных пород и минералов, а наличие части органических соединений обусловлено процессами разложения растительных остатков [8]. Однако эпизодические превышения ПДК нефтепродуктов уже обусловлены антропогенным воздействием. Часть органических веществ также имеют под собой антропогенную причину, которая обусловлена поступлением неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод в реку.

Объемы сброса загрязненных сточных вод также зависят от структуры экономики и наличия водоемких производств. В сточных водах предприятий наблюдаются 29 наименований загрязняющих веществ, включая алюминий, ванадий, взвешенные вещества, кадмий, марганец, НСПАВ, свинец, формальдегид, хром, цинк, никель, соединения железа и меди, метанол, нефтепродукты и др. При этом в целом по Архангельской области развитие экономики сопровождается сокращением негативного воздействия на водные объекты в расчете на единицу валового регионального продукта (рис. 3). В противоположность этому изношенность системы водоотведения населенных пунктов приводит к сбросам недостаточно очищенных сточных вод [9].

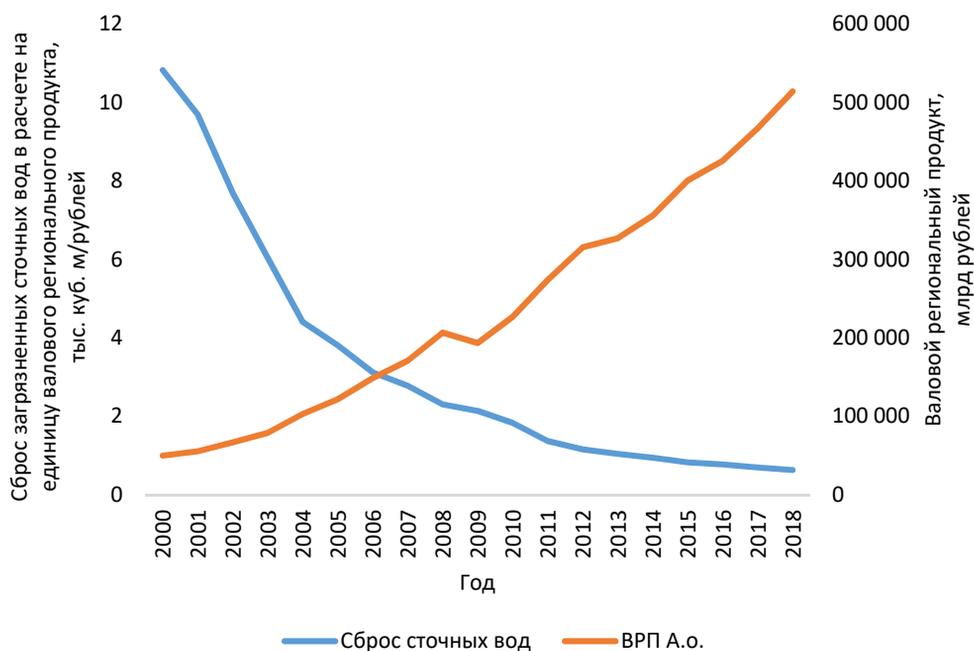


Рис. 3. Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты [10] в расчете на единицу валового регионального продукта<sup>2</sup> в Архангельской области в период 2000–2018 гг., тыс. м<sup>3</sup>/рублей

<sup>2</sup> Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 31.01.2022).

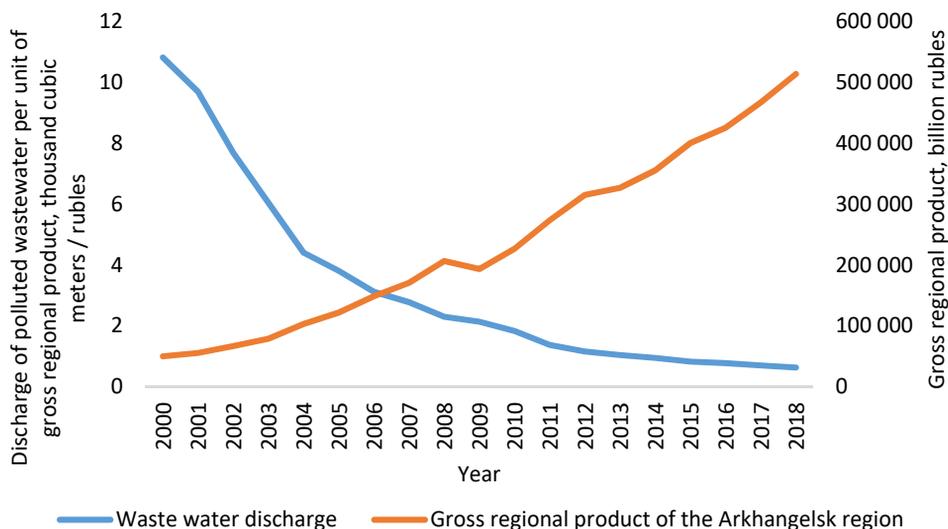


Figure 3. Discharge of polluted wastewater into surface water bodies [10] per unit of gross regional product in the Arkhangelsk region in the period 2000-2018, thousand m<sup>3</sup>/rubles

В то же время анализ динамики сброса загрязненных сточных вод в расчете на душу населения показывает несколько иную картину. Так, если численность населения области показывает устойчивую нисходящую динамику, то показатель сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты на душу населения имеет разнонаправленную динамику и постепенный переход на плато в последние 5 лет наблюдений (рис. 4). На наш взгляд, это может быть обусловлено увеличением водопотребления населением региона в условиях износа коммунальной инфраструктуры населенных пунктов, что приводит к недостаточной очистке загрязненных сточных вод.

При этом необходимо отметить, что очистка или соответствие сточных вод требованиям природоохранного законодательства происходят только в отношении около 51 % всех сточных вод. Значительная часть сточных вод сбрасывается без очистки (2 %) или с недостаточной степенью очистки (46 %) <sup>3</sup>.

Исследования антропогенного воздействия на водные экосистемы показывают реакцию гидробионтов на изменение гидрохимических характеристик. Так, например, в бентосных сообществах снижается видовое разнообразие, численность и биомасса, а также ряд других показателей [11]. Фитопланктон реагирует на негативное воздействие усилением процесса антропогенного эвтрофирования или угнетением развития (токсический эффект) [12]. В зоопланктонных сообществах изменяется видовой состав,

<sup>3</sup> Информационный бюллетень о состоянии водных объектов, дна, берегов водных объектов, их морфометрических особенностей, водоохраных зон водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений по Двинско-Печорскому бассейновому округу, относящемуся к зоне деятельности Двинско-Печорского бассейнового водного управления за 2020 год. URL: <http://www.dpbvu.ru> (дата обращения: 21.03.2022).

происходит смена доминирующих комплексов на устойчивые к загрязнению виды. При этом в сообществах преобладают мелкоразмерные организмы с низкой индивидуальной массой [13]. В ихтиофауне водных объектов также происходят изменения: сокращение численности чувствительных к загрязнению воды видов рыб (гольцы, кумжа) и массовые заболевания рыб. Необходимо отметить, что загрязняющие вещества накапливаются в тканях рыб, вызывая различные заболевания. Снижение численности и биомассы зоопланктона и бентоса обуславливает уменьшение кормовой базы рыб, что влечет за собой изменения в видовой, размерной, трофической, пространственной структуре рыбного населения [14].

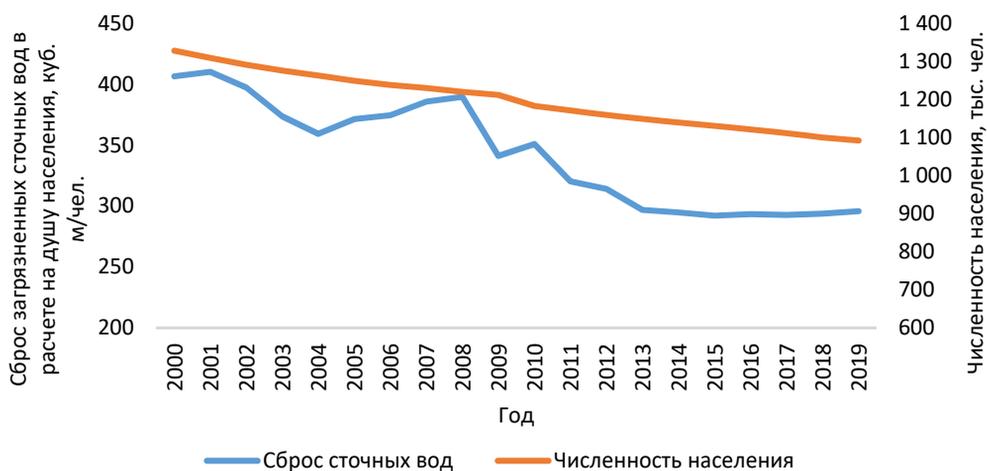


Рис. 4. Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты [10] в расчете на душу населения<sup>4</sup> в Архангельской области в период 2000–2019 гг., м<sup>3</sup>/человек

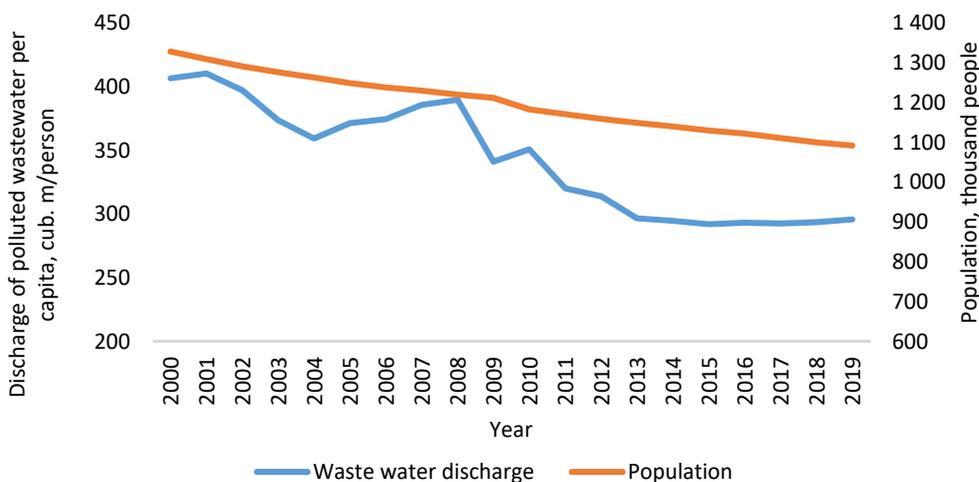


Figure 4. Discharge of polluted wastewater into surface water bodies [10] per capita in the Arkhangelsk region in the period 2000–2019, m<sup>3</sup>/person

<sup>4</sup> Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения 31.01.2022).

### *Дноуглубительные работы и добыча песчано-гравийных смесей*

Северная Двина является судоходной трассой на севере европейской части России. В целях прохождения судов проводятся дноуглубительные работы, хотя и в меньшем объеме, чем ранее. В ходе таких работ изменяется морфология русел рек, а также появляются и распространяются временные зоны повышенной концентрации взвешенных веществ в местах работы земснарядов и на участках подводного отвала грунта. Последствия выражаются в частичной или полной гибели кормовых организмов, а также личинок и молоди рыб. При этом происходят повреждающее воздействие на жаберный аппарат рыб, усиление двигательной активности и преждевременное истощение, изменение физиологических и биохимических процессов [15].

### *Транспорт*

Является загрязнителем горюче-смазочными материалами водных ресурсов и источником шумового воздействия на ихтиофауну, что приводит к нарушениям акустического взаимодействия рыб и снижения продуктивности ее кормовой базы [16]. Акустическое воздействие на ихтиофауну обычно является кратковременным, и большинство видов рыб легко адаптируется к антропогенному шуму. В то же время у рыб акустическое воздействие может влиять на характер сезонных миграций.

### *Рыболовство*

Недостатки организации промысла приводят к избыточному воздействию на ихтиофауну бассейна р. Северная Двина. Происходит селективный отбор наиболее кондиционных производителей в донерестовый период, снижающий качество воспроизводства, а также приводящий к изменениям возрастной структуры нерестовых стад [2]. При этом необходимо отметить и крайне негативное воздействие браконьерства, которое является весьма мощным фактором снижения количественных и качественных характеристик популяций ценных видов рыб.

### **Заключение**

Таким образом, на водные экосистемы р. Северная Двина оказывается сильное антропогенное воздействие, которое ухудшает условия воспроизводства, нагула, миграции и нереста ихтиофауны. При этом воздействие имеет многофакторный характер, поскольку легальное рыболовство и браконьерство сокращают численность популяций рыб, а хозяйственная деятельность на акватории и берегах водного объекта ухудшает условия среды обитания рыб, что также приводит к изменению параметров популяций рыб. Однако в данном случае не рассматриваются аварийные ситуации, когда в водные объекты поступает большое количество загрязняющих веществ, что может оказать катастрофическое влияние на состояние водной экосистемы.

В качестве мер по снижению основных факторов антропогенного воздействия на водные экосистемы считаем целесообразным рассмотреть возможность реконструкции централизованных систем водоотведения в крупных населенных пунктах, а также оснащение локальными очистными сооружениями новых объектов капитального строительства (реконструкции) как в крупных, так и малых поселениях. Эти меры могут быть реализованы в том числе посредством создания программы по строительству и реконструкции очистных сооружений и включения ее в федеральный проект «Экология» с привлечением соответствующего финансирования. Кроме того, необходимо ограничение использования лесных ресурсов по берегам рек, что предотвратит деградацию малых водных объектов.

### Список литературы

- [1] Демиденко Н.А. Современные особенности гидрологического режима устьевых областей рек бассейна Белого моря // *Меняющийся климат и социально-экономический потенциал Российской Арктики*. М., 2016. С. 95–145.
- [2] Новосёлов А.П., Студёнов И.И. Факторы техногенного воздействия на бассейн реки Северной Двины // *Вестник Северного (Арктического) федерального университета*. Серия: Естественные науки. 2014. № 2. С. 32–40.
- [3] Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Решетняк О.С., Кондакова М.Ю. Транспорт загрязняющих веществ по крупным рекам Европейского Севера и Сибири // *Водные ресурсы*. 2015. Т. 42, № 3. С. 279–287.
- [4] Никаноров А.М. Об избирательной реакции водных экосистем на антропогенное воздействие // *Доклады Академии наук*. 2014. Т. 459, № 4. С. 504.
- [5] Новоселов А.П., Студенов И.И. Современное состояние промысловой ихтиофауны в пресноводных водоемах Северного рыбохозяйственного бассейна // *Рыбоводство и рыбное хозяйство*. 2015. № 10. С. 10–18.
- [6] Леман В.Н., Кобяков К.Н., Винников А.В. Защитные леса и сохранение водных биологических ресурсов // *Устойчивое лесопользование*. 2018. № 1 (53). С. 2–10.
- [7] Шилов Н.И., Боровлев А.О. Оценка потенциальных рисков для популяций атлантического лосося в случае сокращения площади нерестоохранных полос лесов в Северном рыбохозяйственном бассейне // *Устойчивое лесопользование*. 2019. № 2 (58). С. 5–13.
- [8] Соромотин А.В., Кудрявцев А.А., Ефимова А.А., Гертер О.В., Фефилов Н.Н. Фоновое содержание тяжелых металлов в воде малых рек Надым-Пуровского междуречья // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. 2019. № 2. С. 48–55. <http://doi.org/10.31857/S0869-78092019248-55>
- [9] Торцева Т.В., Торцев А.М. Антропогенное загрязнение водных объектов Арктической зоны Российской Федерации в условиях активизации освоения природных ресурсов // *Биоразнообразие, состояние и динамика природных и антропогенных экосистем России: материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 201–205.
- [10] Доклад «Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2020 год» / отв. ред. О.В. Перхурова; ГБУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды». Архангельск: САФУ, 2021. 478 с.
- [11] Балушкина Е.В. Изменение структуры сообществ донных животных при антропогенном воздействии на водные экосистемы (на примере малых рек Ленинградской области) // *Евразийский энтомологический журнал*. 2004. Т. 3, № 4. С. 276–282.

- [12] Решетняк О.С., Решетняк Н.В., Решетняк В.Н. Состояние экосистемы Нижнего Дона в современных условиях антропогенного воздействия // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2019. № 4. С. 234–240.
- [13] Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А., Шаров А.Н., Вандыш О.И., Кудрявцева Л.П. Антропогенная трансформация арктической экосистемы озера Имандра: тенденции к восстановлению после длительного периода загрязнения // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 3. С. 312–325.
- [14] Богданов В.Д., Богданова Е.Н., Мельниченко И.П., Степанов Л.Н., Ярушина М.И. Проблемы охраны биоресурсов при обустройстве Бованенковского газоконденсатного месторождения // Экономика региона. 2012. № 4 (32). С. 68–79.
- [15] Зиновьев Е.А., Китаев А.Б. О воздействии взвешенных частиц на гидрофауну // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17, № 5. С. 283–288.
- [16] Захаров А.Б., Пономарев В.И., Лоскутова О.А., Шубина В.Н. Влияние эксплуатации наземного и водного транспорта на биологические ресурсы горных рек национального парка «Югыд Ва» // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2015. Вып. 1 (21). С. 26–31.

## References

- [1] Demidenko NA. Modern features of the hydrological regime of the mouth areas of the rivers of the White Sea basin. In: *Changing climate and socio-economic potential of the Russian Arctic*. Moscow; 2016:95–145. (In Russ.)
- [2] Novoselov AP, Studenov II. Factors of technogenic impact on the Northern Dvina river basin. *Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: Natural Sciences*. 2014;(2):32–40. (In Russ.)
- [3] Nikanorov AM, Bryzgalov VA, Reshetnyak OS, Kondakova MYu. Transport of pollutants along large rivers of the European North and Siberia. *Water resources*. 2015;42(3):279–287. (In Russ.)
- [4] Nikanorov AM. On the selective response of aquatic ecosystems to anthropogenic impact. *Reports of the Academy of Sciences*. 2014;459(4):504. (In Russ.)
- [5] Novoselov AP, Studenov II. The current state of commercial ichthyofauna in freshwater reservoirs of the Northern fishery basin. *Fish farming and fisheries*. 2015;(10):10–18. (In Russ.)
- [6] Leman V.N., Kobyakov K.N., Vinnikov A.V. Protective forests and conservation of water biological resources. *Sustainable Forest Management*. 2018;(1):2–10. (In Russ.)
- [7] Shilov N.I., Borovlev A.O. Assessment of potential risks for Atlantic salmon populations in the event of a reduction in the area of spawning forest belts in the Northern Fishery Basin. *Sustainable Forest Management*. 2019;(2):5–13. (In Russ.)
- [8] Soromotin AV, Kudryavtsev AA, Efimova AA, Gerter OV, Fefilov NN. Background content of heavy metals in the water of small rivers of the Nadym-Purovsky interfluvium. *Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology*. 2019;(2):48–55. <http://doi.org/10.31857/S0869-78092019248-55> (In Russ.)
- [9] Tortseva TV, Tortsev AM. Anthropogenic pollution of water bodies in the Arctic zone of the Russian Federation in the context of increased development of natural resources. *Biodiversity, state and dynamics of natural and anthropogenic ecosystems in Russia. Materials of the All-Russian scientific-practical conference*. Komsomolsk-on-Amur; 2021. P. 201–205. (In Russ.)

- [10] Perhurova JV, editor. *Report «The state and environmental protection of the Arkhangelsk region for 2020»*; State Budgetary Institution of the Arkhangelsk Region «Center for Nature Management and Environmental Protection». Arkhangelsk: NARFU Publ.; 2021:478. (In Russ.)
- [11] Balushkina EB. Changes in the structure of benthic animal communities under anthropogenic impact on aquatic ecosystems (on the example of small rivers in the Leningrad Region). *Eurasian Entomological Journal*. 2004;3(4):276–282. (In Russ.)
- [12] Reshetnyak OS, Reshetnyak NV, Reshetnyak VN. The state of the ecosystem of the Lower Don in modern conditions of anthropogenic impact. *Ecology. Economy. Informatics. Series: Geoinformation technologies and space monitoring*. 2019;(4):234–240. (In Russ.)
- [13] Moiseenko TI, Gashkina NA, Sharov AN, Vandysh OI, Kudryavtseva LP. Anthropogenic transformation of the Arctic ecosystem of Lake Imandra: trends towards recovery after a long period of pollution. *Water resources*. 2009;36(3):312–325. (In Russ.)
- [14] Bogdanov VD, Bogdanova EN, Melnichenko IP, Stepanov LN, Yarushina MI. Problems of protection of bioresources during the development of the Bovananenskoye gas condensate field. *Economics of the region*. 2012;(4):68–79. (In Russ.)
- [15] Zinoviev EA, Kitaev AB. On the impact of suspended particles on hydrofauna. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2015;17(5):283–288. (In Russ.)
- [16] Zakharov AB, Ponomarev VI, Loskutova OA, Shubina VN. Influence of operation of land and water transport on the biological resources of the mountain rivers of the national park «Yugyd Va». *News of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2015;1(21):26–31. (In Russ.)

### **Сведения об авторе:**

*Торцев Алексей Михайлович*, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 163000, Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 23. ORCID: 0000-0002-2329-0042, eLIBRARY SPIN-код: 6717-3313. E-mail: torzevalex@yandex.ru

### **Bio note:**

*Alexey M. Tortsev*, Cand. Sc. Biology, Senior Researcher, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Science, 23 Severnaya Dvina Embankment, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-2329-0042, eLIBRARY SPIN-code: 6717-3313. E-mail: torzevalex@yandex.ru