



100 лет антропогенного воздействия в нижнем течении Преголи: оценка экологического состояния по гидробиологическим данным

100 Jahre anthropogener Einfluss auf den Unterlauf des Pregel: Bewertung des ökologischen Zustandes anhand hydrobiologischer Daten

Елена Евгеньевна Ежова,
заведующая лабораторией морской экологии,
Атлантическое отделение Института
океанологии им. П. П. Ширшова РАН,
Калининград

Elena Ezhova,
Leiterin des Labors für Meeresökologie, Atlantische
Filiale des Schirchow-Institutes für Ozeanografie
der Russischen Akademie der Wissenschaften,
Kaliningrad

Физико-географические особенности Преголи

Physikalisch-geografische Besonderheiten von Pregel

Длина Преголи 123 км (292 – с притоками), $S_{\text{басс}}$ 15,5 тыс кв., ширина/глубина/скорость течения: 20 м / 2-3 м / 0.5-0.6 м/с (верховье) - 80 м / 8-16 м / 0.1 м/с (нижнее течение = последние 40 км).

Pregel-Länge - 123 км (292 - mit Zuflüssen), $S_{\text{Einzugsgebiet}}$ 15,5 Tkm², Breite/Tiefe/Fließgeschwindigkeit: 20 m / 2-3 m / 0,5-0,6 m/s (oberer Teil) - 80 m / 8 - 16 m / 0,1 m/s (unterer Teil = letzte 40 km).

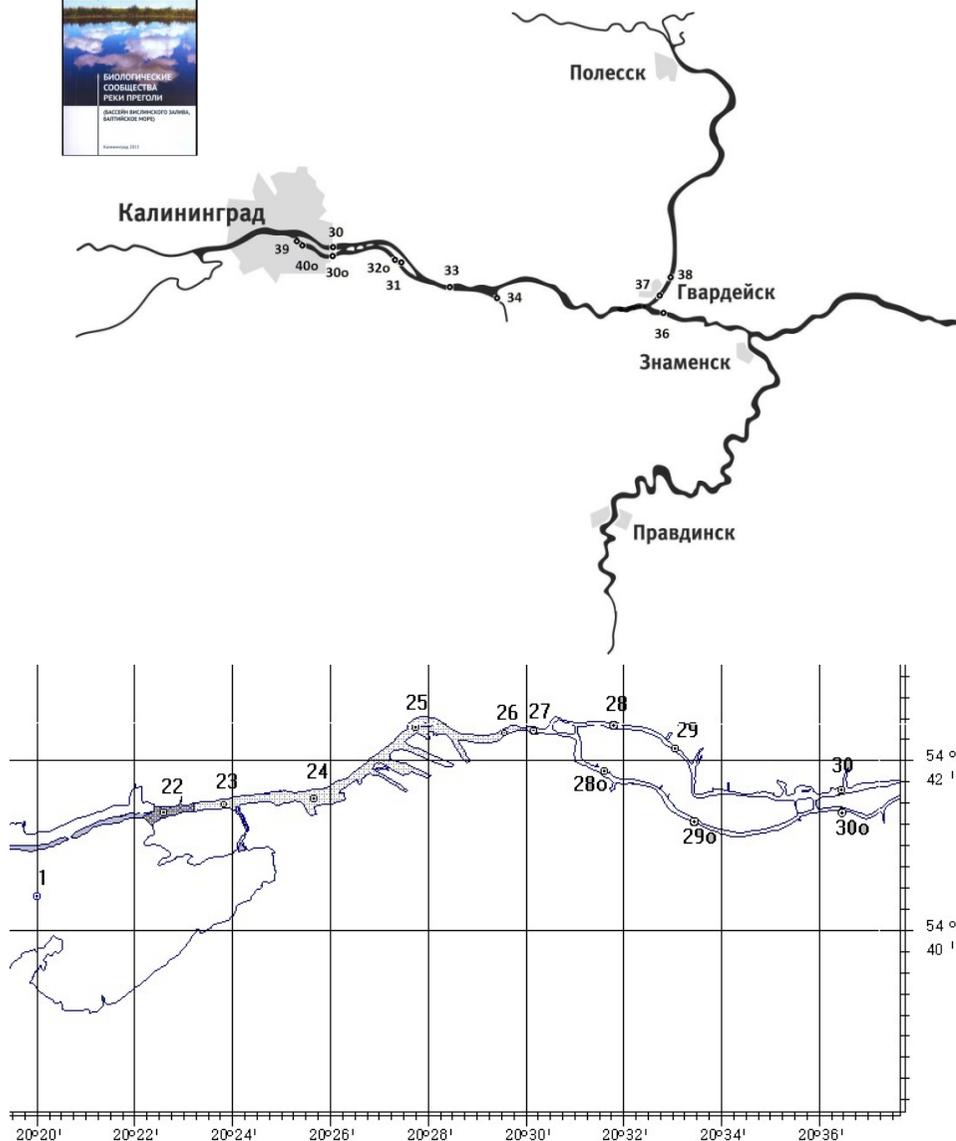


Устье Преголи соединено с морем судоходным каналом, что объединяет реку и КМК в единую гидродинамическую систему, характеризующуюся сгонно-нагонными явлениями. Осолоненная вода из залива доходит до 16 км вверх по течению, изредка – выше (до Куршского залива через Дейму)

Die Pregel-Mündung ist mit dem Meer durch einen schiffbaren Kanal verbunden, wodurch ein verbundenes hydrodynamisches System entsteht, welches durch Abtrag-Eintrag-Phänomene gekennzeichnet wird. Salzwasser aus der Nehrung erreicht 16 km stromaufwärts, von Zeit zu Zeit – auch höher (bis zur Kurischen Nehrung durch Deima)

Гидробиологический мониторинг Преголи, 1995-2016

Hydrobiologisches Monitoring von Pregel, 1995-2016



В 1995-1998 ежемесячно обследовали 12 разрезов на участке 0–17 км от устья, в 2000- 2006 – 4-6 разрезов в летний период, с 2007, 2011, 2014-2016 однократно на 6-10 разрезах

В 1999, 2005, 2011 – обследовали все нижнее течение + две станции в среднем течении + приток Дейма

In 1995-1998 wurden monatlich 12 Abschnitte im Bereich 0-17 km von der Mündung, in 2000- 2006 - 4-6 Abschnitte im Sommer, angefangen von 2007, 2011, 2014-2016 – einmalig 6-10 Abschnitte untersucht.

In 1999, 2005, 2011 wurde der Unterlauf + zwei Stationen im Mittellauf + Zustrom Deima untersucht.

Использованы данные : проб фитопланктона -76 , зоопланктона - 286, зообентоса -1949, ботанических площадок -18, геоботанических описаний - 34

Datenbasis: Phytoplankton - 76 Proben, Zooplankton – 286, Zoobenthos - 1949, botanische Standorte -18, geobotanischen Beschreibungen - 34

Район исследований р. Преголя в 1995–2016 гг.
Untersuchungsgebiet von Pregel, 1995-2016

1911-1920-е: основные виды загрязнения и экологические проблемы

1911-1920: wichtige Arten der Umweltverschmutzung und Umweltprobleme

Северогерманская целлюлозная фабрика (ЦБК-2, «Цепрусс»), с 1906
Norddeutsche Zellulosefabrik (Zepruss), ab 1906



В 1920-х – кроме высокого уровня органического загрязнения (канализация) добавилось токсическое загрязнение соединениями мышьяка (As) из стоков целлюлозных фабрик.

В 1924-1940 экологическую обстановку ухудшило загрязнение цианотоксинами в заливе, в районе устья Прегеля: вспышки «гаффской болезни» в 1924, 1925, 1928, 1931 и 1940 гг. среди населения [Thienemann, 1925, 1928].

Кенигсбергская целлюлозная фабрика (ЦБК-1, «Дарита»), с 1885 / Königsberger Zellulosefabrik, ab 1885



Вспышки цветения токсичных цианобактерий - при ухудшении качества вод и определенном соотношении азота и фосфора в эвтрофированных водах.

Т.о., до 1945 были характерны: токсичность, эвтрофирование и полисапробный статус вод реки. Вклад сельского хозяйства – низкий. Вклад промышленных и канализационных стоков – основной.

.....

Обследования 1911-1914, 1924-28 гг.:

«В начале XX столетия Прегель оказался настолько загрязнен, что на участке от Кенигсбергской целлюлозной фабрики (АО «Дарита» в послевоенный период) до залива Фриш-Хафф (Вислинский) отсутствовали условия для жизни гидробионтов. По всему течению реки господствовали виды-индикаторы полисапробного статуса, во многих местах отмечались мертвые зоны» [Гюнтер, 1911].

«Прегель полностью загублен с точки зрения рыболовства» [Шименц, 1911].

«Рыба на глубине 1,4 м ловится в сети мертвая», отмечены вспышки заболевания домашних животных и людей, потреблявших рыбу» [Thienemann, 1925, 1928].

Состояние реки в 1911-1920-е по гидробиологическим данным

Flußzustand in 1911-1920 nach hydrobiologischen Daten

Результаты обследования Преголи в связи с ущербом рыболовству от промстоков 3-7.10.1911

Untersuchungsergebnisse des Flusses Pregel im Zusammenhang mit dem Fischereischaden durch Industrieabwässer 3.-7.10.1911

Точка отбора проб	SD, см	H ₂ S	XПК _{KMnO4} , мг/л	БПК, мг/л	Организмы
Прегель у Прегелькруга (Берлинский мост)	110	-	50	908	<i>Asellus aquaticus</i> , <i>Anodonta sp.</i> , <i>Valvata sp.</i> , Tubificidae
100 м ниже Кенигсбергской целлюлозной фабрики (ЦБК-1)	75	-	>50	450	Мелкие Tubificidae
На высоте католической церкви	75	-	200 - 212		Не обнаружены
Прегель у Фишмаркта, вблизи старого университета и собора	90	-	Нет данных		Живые <i>Tubifex sp.</i>
Прегель ниже Кремербрюкке (с/к «Юность»)	80	+	200 - 212		Не обнаружены
Прегель ниже коксогазовой станции	80	-	<<200 - 212	2	Мертвые черные <i>Sphaerium corneum</i>
500 м выше Северогерманской целлюлозной фабрики (ЦБК-2)		+	Чуть выше предыдущей	0	Не обнаружены
На 200 м выше целлюлозной фабрики (ЦБК-2)	80	+	Чуть выше предыдущей	0	Не обнаружены
На 400 м ниже вывода стоков Северогерманской целлюлоз- ной фабрики (ЦБК-2)		+	355	0	Не обнаружены
Прегель у Хольштейна (пос. Прегольский)		+	299		Живые <i>Chironomus sp.</i> , Tubificidae
Морской канал у буя 160 (устье)	70	-	<299	0	Многочисленны <i>Chironomus sp.</i>

Послевоенный период / Nachkriegszeit

1940-1950 разрушение индустрии и сельского хозяйства во время войны позволили восстановиться речной экосистеме.



Дымящиеся короотвалы АОЗТ «Дарита»

1946 – конец 1980-х - по мере восстановления индустрии и развития аграрного сектора санитарное и экологическое состояние Преголи катастрофически ухудшалось.

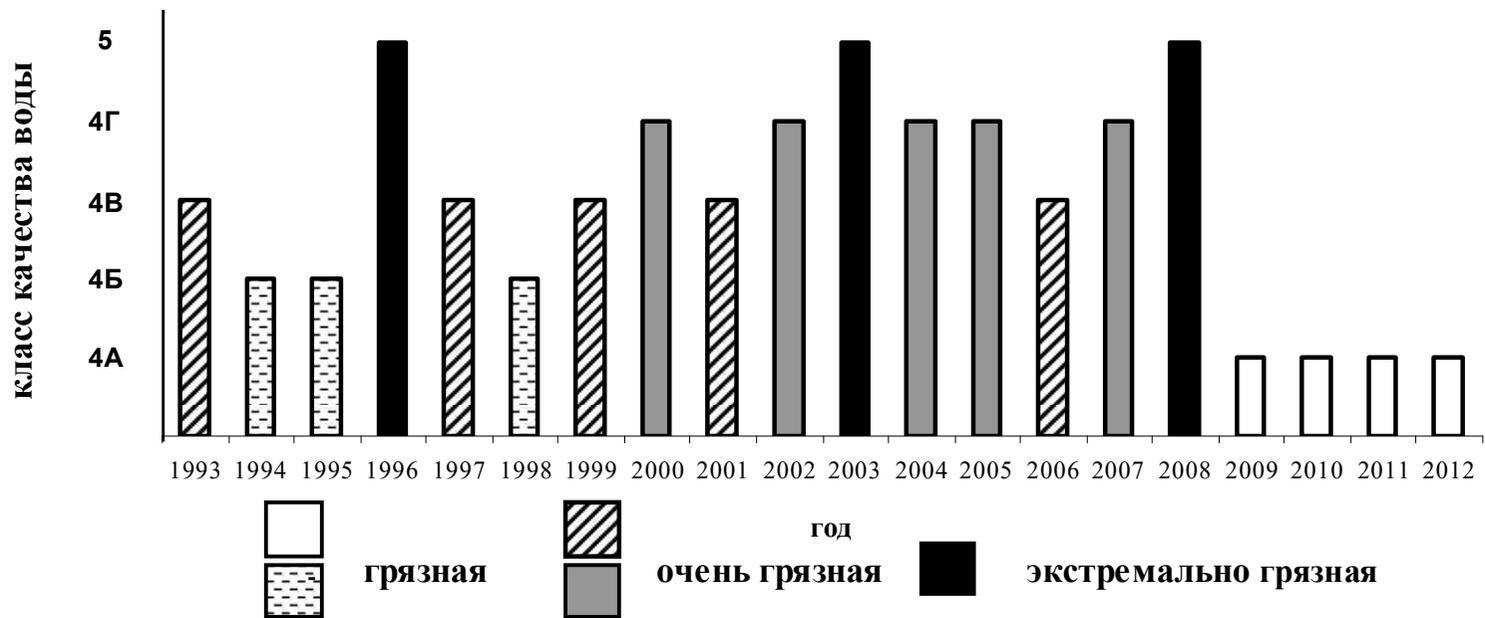
В 1984 – 1991-х гг. состояние Преголи оценивалось как критическое. в жилых районах на берегах реки, летом развивалось сероводородного заражения воды и воздуха (в 12-13 раз выше ПДК). Основные загрязнители ЦБК-1, ЦБЗ-2, ПО «Система», «Факел», заводы «Преголь», вагоностроительный, ЖБИ-2, городская канализация, а также - поступление азота и фосфора с сельхозугодий.

В 1990-х – начале 2000-х - экономический коллапс, остановка индустриальных предприятий, ликвидация товарного сельхозпроизводства

В 2000-х – постепенное возрождение экономики и сельского хозяйства, существенный рост примерно с 2010

Динамика качества вод :1990-2000

Dynamik der Wasserqualität: 1990-2000



Классы качества вод определены по УКИЗВ (удельный комбинаторный индекс загрязненности воды) (из Молчанова, 2014) / Klassen der Wasserqualität sind nach dem spezifischen Kombinationsverschmutzungsindex bestimmt (Moltschanow 2014)

Биота нижнего течения в 1980 - начале 1990-х

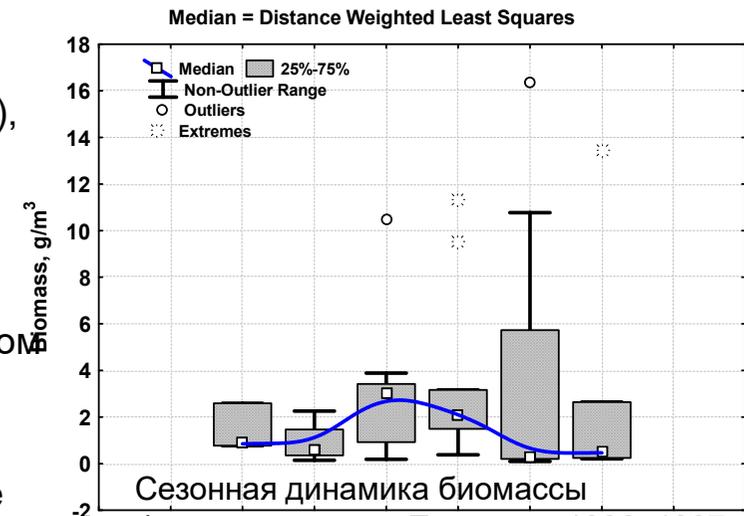
Biota im Unterlauf in den 1980er Jahren - Anfang der 1990er Jahre

- Единичные гидробиологические оценки состояния Преголи [Шибеева, Потребич, 1994] 1980-начала 1990-х, свидетельствуют о том, что мощный антропогенный прессинг разрушил нормальную структуру биологических сообществ и привел к крайнему обеднению фауны в городском течении реки. Так, анализ состояния зообентоса в 1982 и 1990 гг. свидетельствовал о катастрофическом состоянии бентофауны из-за ухудшившегося качества вод реки.
- Einzelne hydrobiologische Beurteilungen des Zustandes von Pregel [Shibaeva, Potrebich 1994] in 1980 - Anfang der 1990er Jahre zeigen, dass ein starker anthropogener Druck die normale Struktur der biologischen Gemeinschaften zerstört hat und führte zur einer extremen Verarmung der Fauna im Stadtgebiet des Flusses. Eine Analyse des Zoobenthos-Zustands in den Jahren 1982 und 1990 zeigte den katastrophalen Zustand der Benthosfauna aufgrund der sich verschlechternden Flusswasserqualität.

Современное состояние. Фитопланктон

Gegenwärtiger Zustand. Phytoplankton

- Первые сведения о фитопланктоне реки - 1996 [Семенова, 1998, 2000]. Обнаружен 291 вид, разновидность и форма микроводорослей из 7 систематических групп зеленые (105), диатомовые (78) и цианобактерии (50)
- Суммарная биомасса 0.10 до 147 г/м³. Сезонная динамика биомассы описывалась одновершинной кривой с максимумом в июле
- Во втором десятилетии 21 в. - биомасса (0.47 ± 0.08 г/м³) ниже значений конца 1900-х гг. (1.42 ± 0.59 г/м³). могло быть следствием изменения нагрузки на речную систему Преголи биогенными веществами
- Преобладание диатомовых (*Aulacoseira granulata*, *Melosira varians*), разноразмерных криптофмонад и потенциально токсичных цианобактерий *Planktothrix agardhii* и видов рода *Microcystis* – в 21 в.



Сезонная динамика биомассы фитопланктона р. Преголи в 1996–1997 гг. (Максимальные величины более 100 г/м³ в июне, сентябре 1997 г. не включены).

Saison-Dynamik der Phytoplanktonbiomasse im Fluss Pregel in 1996-1997 (max. Werte größer 100 g/m³ in Juni und September 1997 sind nicht eingetragen)

Современное состояние: водная растительность

Aktueller Zustand: Wasserflora

- Гигрофильная флора нижнего течения р. Преголя насчитывает 140 видов сосудистых растений из 91 рода и 44 семейств. Водная флора представлена 59 видами (8 – макроводорослей, 1 – *Bryophyta*, 1 – *Equisetophyta*, 49 – *Magnoliophyta*)
- Из видов, приводимых J. Abromeit для флоры Восточной Пруссии (1889-1940) в р. Преголя за последние 100 лет не обнаружены 10, - результат длительного антропогенного воздействия
- За период 1999-2014 гг. выявлена тенденция к зарастанию макрофитами, связанная с улучшением качества вод после остановки предприятий целлюлозно-бумажной промышленности в черте г. Калининграда. Развитие водной растительности свидетельствует об оздоровлении речной экосистемы (в 1970-1990-х гг –отсутствовала)
- Доминирующие виды макрофитов-индикаторов трофности характеризует состояние водной среды как мезотрофное. Типичные мезотрофы и β -мезосапробы массово произрастают в самом центре Калининграда В то же время виды-индикаторы эвтрофного состояния (*H. morsus-ranae*, *S. polyrhiza*, *L. minor*), маркируют участки поступления биогенных веществ и органического загрязнения, вероятнее всего, из канализационных стоков



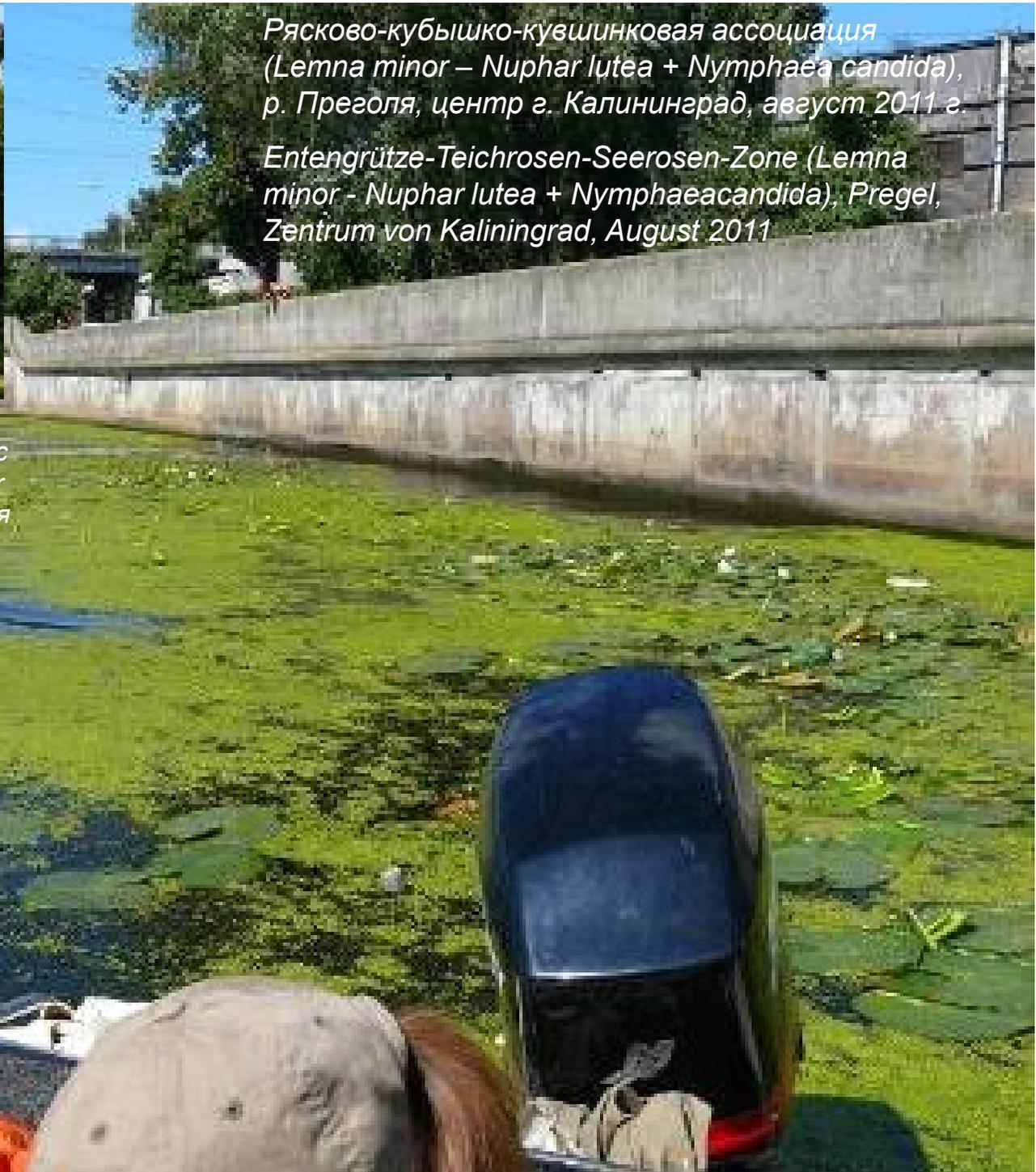


Тростниково-кубышко-кувшинковый пояс
(ассоциация *Phragmites australis* – *Nuphar lutea* + *Nymphaea candida*), берег р. Новая
Преголя, г. Калининград, август 2011 г.

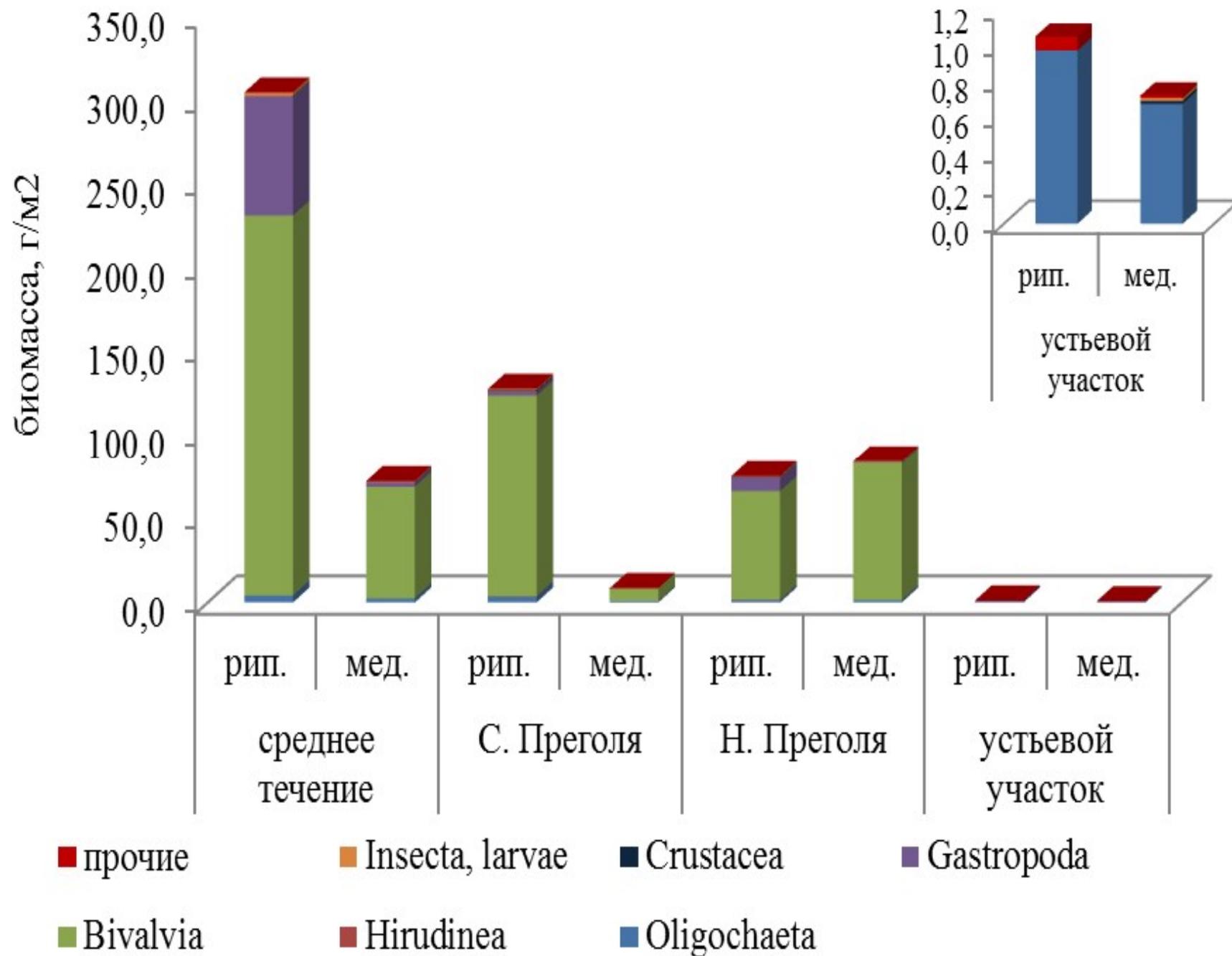
Schilf-Teichrosen-Seerosen-Zone (Verband
Phragmites australis - *Nuphar lutea* +
Nymphaeacandida), Ufer des Flusses Neue
Pregel, Kaliningrad, August 2011

Рясково-кубышко-кувшинковая ассоциация
(*Lemna minor* – *Nuphar lutea* + *Nymphaea candida*),
р. Преголя, центр г. Калининград, август 2011 г.

Entengrütze-Teichrosen-Seerosen-Zone (*Lemna*
minor - *Nuphar lutea* + *Nymphaeacandida*), Pregel,
Zentrum von Kaliningrad, August 2011

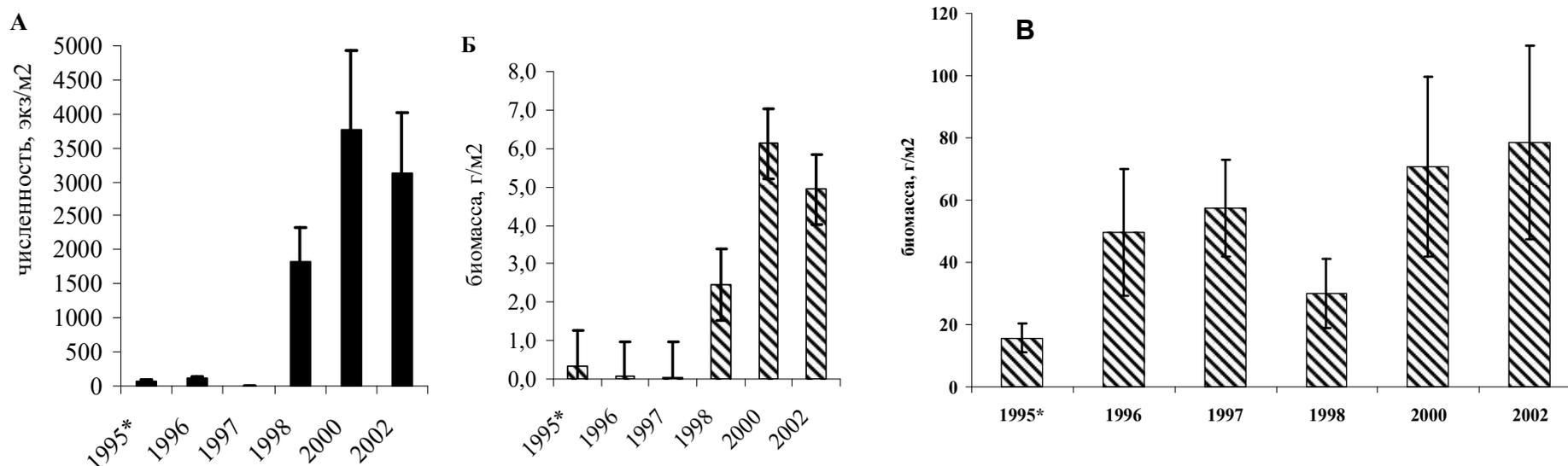


- Условия существования зообентоса в р. Преголя определены биотопическими особенностями. Почти на всем протяжении среднего и нижнего течения, кроме нескольких последних, антропогенно измененных, километров русла, хорошо выражена поперечная зональность. Отчетливо выделяются два биотопа – рипаль и медиаль.
- Выявлено 150 таксонов из 23 крупных систематических групп. Наиболее богато видами и разнообразно население верхней части нижнего течения на Старой и Новой Преголе (11-33 км от устья) и среднего течения реки (34-60 км от устья). Общее видовое богатство довольно высоко, хотя список видов далеко не полон в связи со спецификой сбора мониторинговых данных
- В зообентосе Преголи определяющее значение принадлежит моллюскам. При относительно большом видовом разнообразии массовое развитие получают немногие виды (моллюски рода *Unio*, *Dreissena*, *Viviparus*, *Valvata*, отдельные виды *Lymnaea*, *Sphaerium* и сем. *Pisidiidae*)
- Летняя биомасса бентоса - от долей грамма до сотен грамм (0.72–304 г/м², макс. 2785 г/м²): неравномерное распределении бентоса вдоль русла.



Зообентос / Zoobenthos

- в конце 1990-х-начале 2000-х годов количественные показатели макробентоса возрастают [Ежова и др., 2011, 2013].
- С 1998 г. наблюдается достоверный рост средней биомассы и численности донных животных в самой загрязненной части русла реки с 0.34 г/м² и 60 экз./м² (1995) до 6.13 г/м² и 3759 экз./м² (2000)
- В пределах г. Калининграда, но выше слияния рукавов, на Новой и Старой Преголе также наблюдается устойчивое достоверное увеличение численности и биомассы донных животных, хотя кратность возрастания не так велика, как нижележащем участке реки, но абсолютные величины, которых достигают средняя биомасса, выше: от 50 до 150 г/м²



Средние за летний сезон численность, экз./м² (А) и биомасса, г/м² (Б) зообентоса р. Преголи в границах г. Калининграда, 1995-2002 гг. , В – биомасса бентоса в участке выше слияния рукавов
Durchschnittliche Werte für Sommersaison, Anzahl/m² (A) Biomasse, g/m² (Б) Zoobenthos des Flusses Pregel in Stadtgrenzen Kaliningrad, 1995-2002, В - Biomasse von Benthos im Bereich oberhalb der Einmündung von Flussarmen



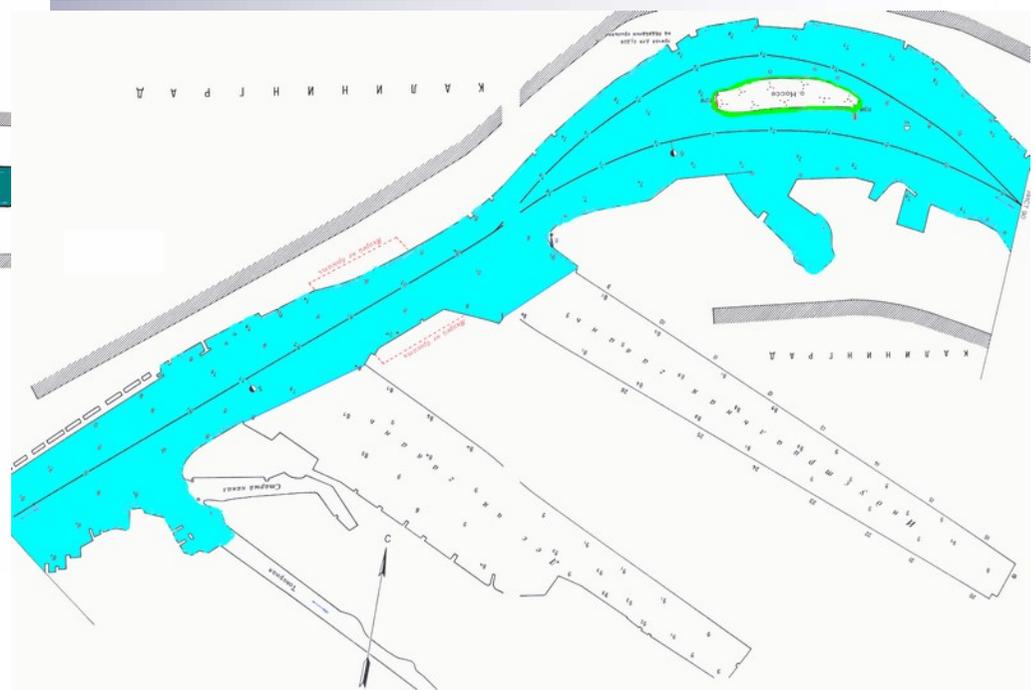
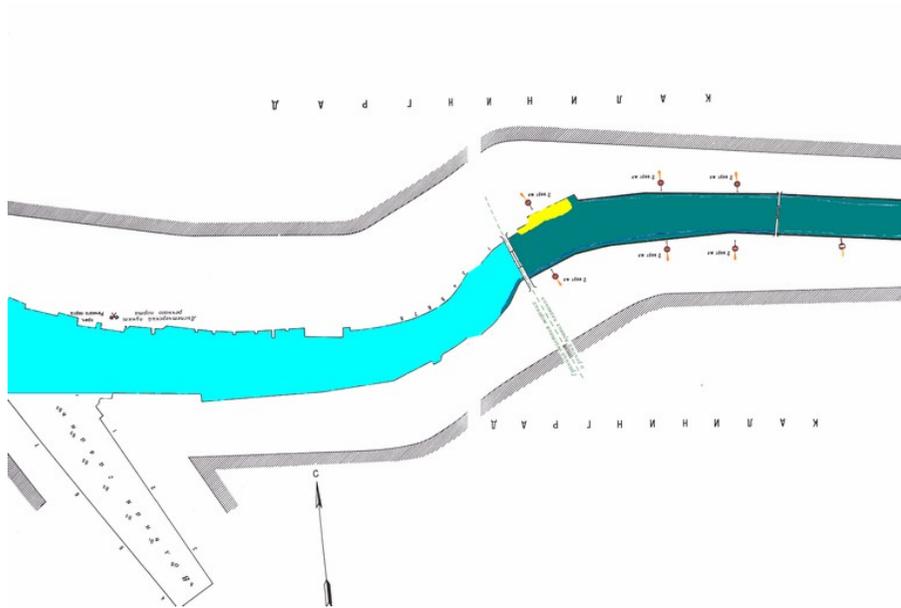
Организмы бентоса в городской части реки (2011), являвшейся ранее мертвой зоной

Benthosorganismen im Stadtgebiet des Flusses (2011), was früher als eine tote Zone galt



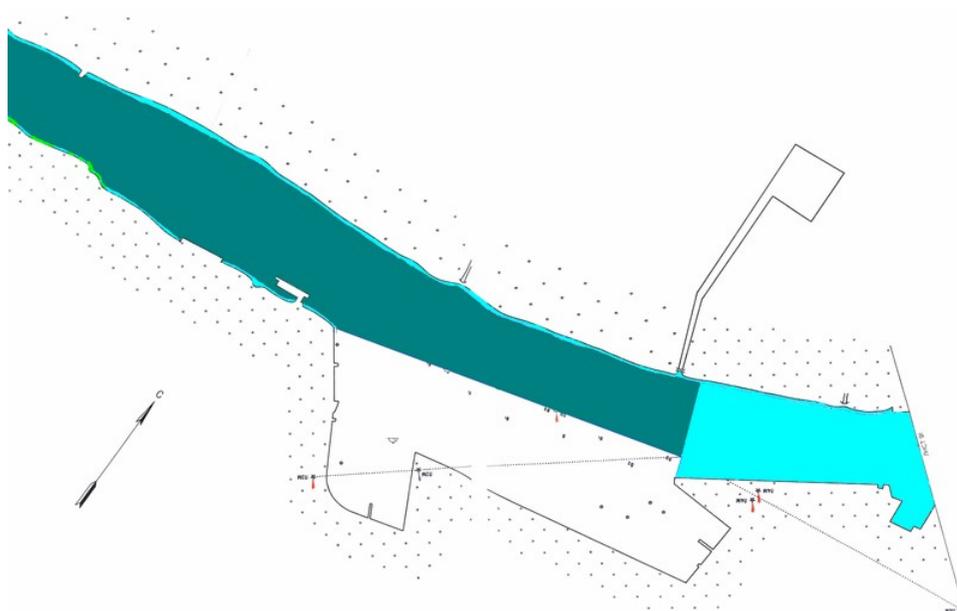


Фильтрующий моллюск дрейссена в обрастании корпуса затопленной машины (строительство нового эстакадного моста) и ее спат на стеблях водных растений (остров Коссе) / Filtermollusken, verwachsen an einer versenkten Maschine (Bau einer neuen Brücke) und an Halmen von Wasserpflanzen (Kosse- Insel)



Донные сообщества

- Oligochaeta
- Oligochaeta + Chironomidae
- Dreissena polymorpha + Oligochaeta
- Anodonta sp. + Viviparus viviparus



Современные биоценозы зообентоса в самой загрязненной части нижнего течения, 2014-2016

Moderne Biozönosen Zoobenthos in den am stärksten verschmutzten Teilen im Unterlauf, 2014-2016

Заключение / Zusammenfassung

- Данные по экологическому состоянию р. Преголя в нижнем течении за последние 100 лет свидетельствуют о значительном изменении в сторону улучшения. В 1911-1940 и 1946 -1982 гг. экологическая ситуация в нижнем течении –тяжелая
- Данные 1982, 1990-1992 и 1995-1998 гг. демонстрирует постепенное обеднение речных сообществ планктона и бентоса к 1995 г., что объясняется химическим загрязнением и антропогенным эвтрофированием.
- С 1997 г. отмечено резкое увеличение количественных характеристик и качественного разнообразия сообществ водных организмов.
- Данные 2000-2011 гг. по биоте доказывают улучшение экологической ситуации по сравнению с 1990-ми. Границы биоценозов с доминированием моллюсков-фильтраторов и укорененной водной растительностью на несколько километров продвинулись вниз по течению
- В настоящее время, несмотря на остающийся значительным уровень загрязнения вод Преголи муниципальными стоками, биота реки в нижнем течении находится в наилучшем состоянии из когда-либо зафиксированных в научной печати.