



ЭКОЛОГИЯ УСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЕЙ РЕК И ЭСТУАРИЕВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ

М.В. Коваль

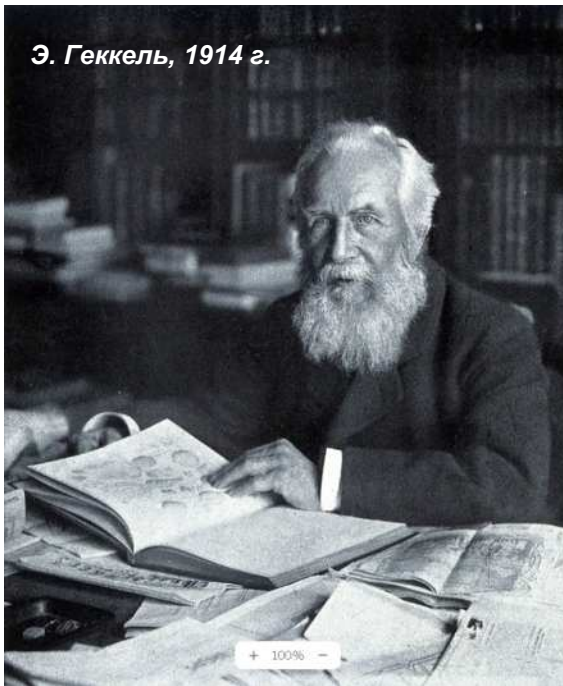
**Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО),
Петропавловск-Камчатский**

С.Л. Горин

**Центральный институт ВНИРО,
Москва**

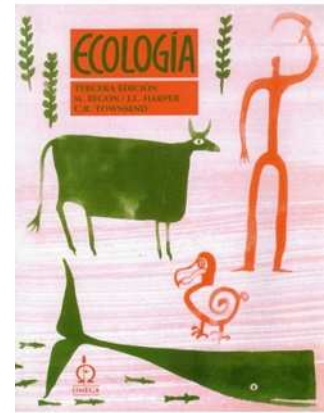
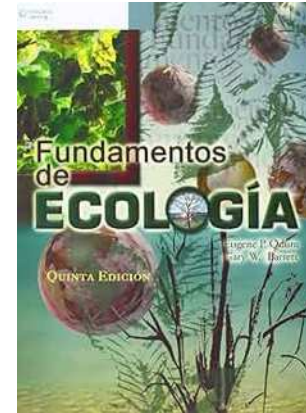
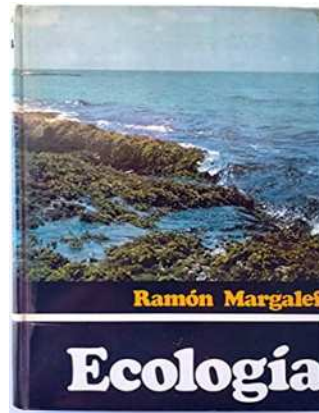


Э. Геккель, 1914 г.



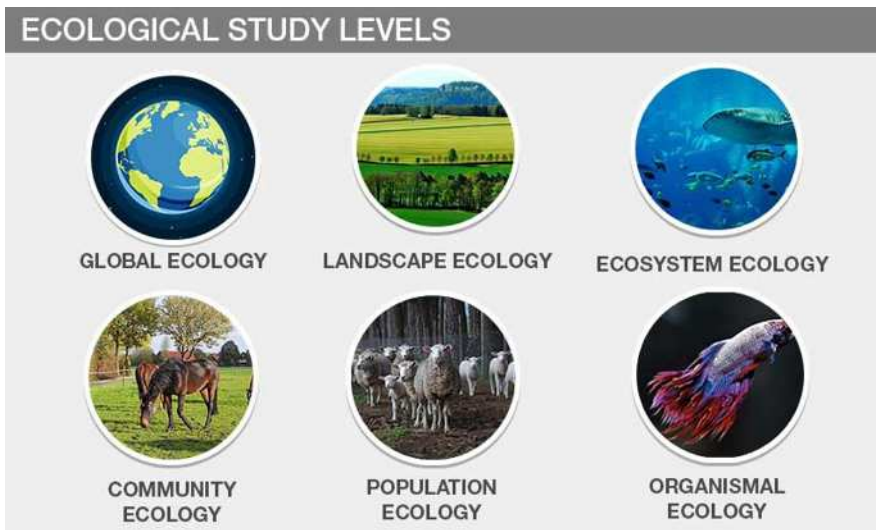
Термин «экология» впервые был предложен в 1866 г. немецким биологом–материалистом Э. Геккелем (1834-1919 гг.)

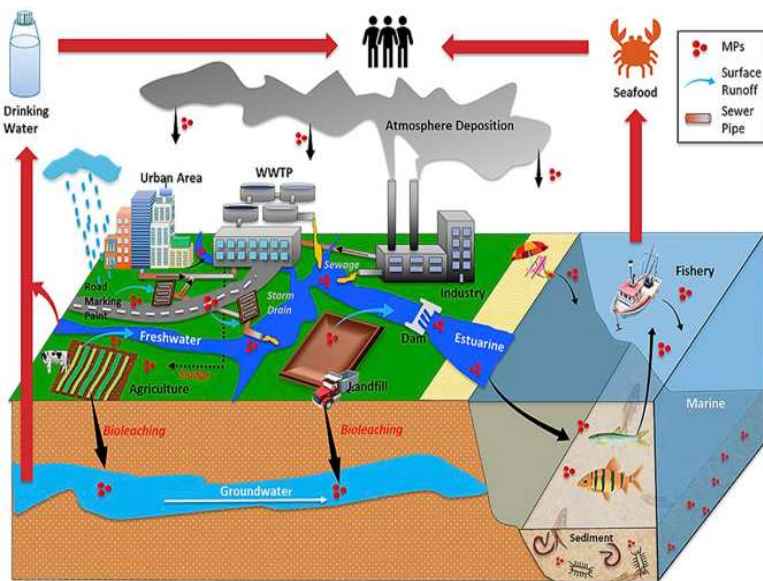
Он считал экологию наукой об отношении живых организмов с окружающей средой (в переводе с греческого: *oikos* – дом, *logos* – учение). Поэтому, согласно классическому определению, экология – это наука о среде обитания (Одум, 1986)



До начала 1970-х гг., экологию рассматривали, главным образом, как одно из подразделений биологии. Так, например, один из крупнейших теоретиков экологии XX века Р. Магалев в 1968 г. дает такое определение этой науки:

«Экология – это изучение систем на уровне, на котором отдельные индивидуальные организмы могут рассматриваться как элементы взаимодействия, как между собой, так и со свободно организованной экологической матрицей "окружающая среда". Системы на этом уровне называются экосистемами, а экология – это биология экосистем» (цит. по: Margalef, 1968).

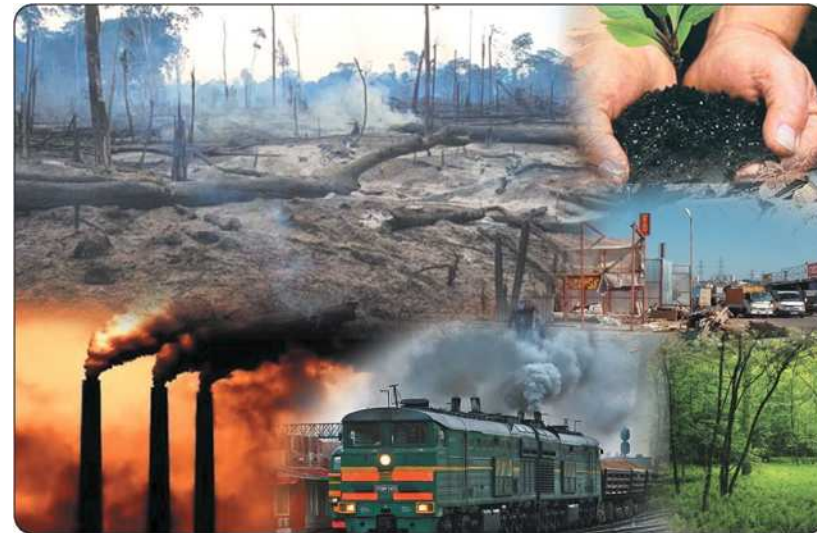




Во второй половине XX и в начале XXI века, в процессе увеличения населения планеты, роста влияния человечества на природные процессы, возрастающего общественного интереса к проблемам охраны окружающей среды, произошла глубокая трансформация академической экологии. Наряду с классическим «биологическим» ее определением, среди ученых появилась также и ориентация на выделение экологии из комплекса биологических наук и обособление в естественно-научную дисциплину, задачей которой является исследование не только природных явлений, но и взаимоотношений природы и общества, биосферы и техносферы и т.п.. В экологии появились новые концепции и понятия, например, «экология человека», «соцэкология»; «глобальная экология», «экологизация технологий», «антропоцен», «ноосфера» и др.

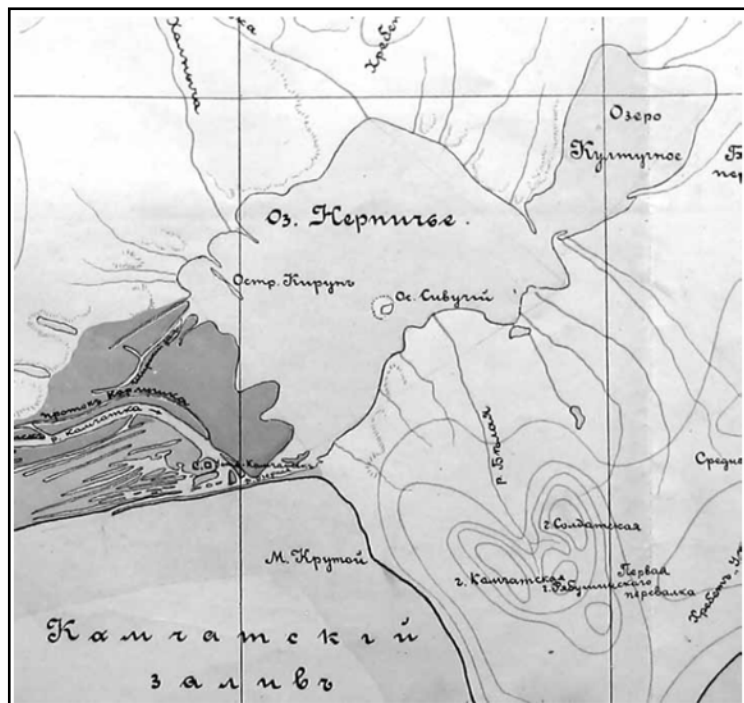
Одновременно, закрепилось понятие «экология» и в общественном сознании, и в современном обществе оно связывается, почти исключительно, с представлением об уровне техногенного загрязнения окружающей среды, а также как о науке, занимающейся изучением антропогенного воздействия на окружающую среду и разработкой методов уменьшения такого воздействия (т.е. с *созологией* или *прикладной экологией*).

Вот, типичные примеры терминологического «арсенала» таких представлений: «экологический кризис», «экологическая катастрофа», «экологические проблемы»; «экологический ущерб»; «экологически чистый»; и т.п.

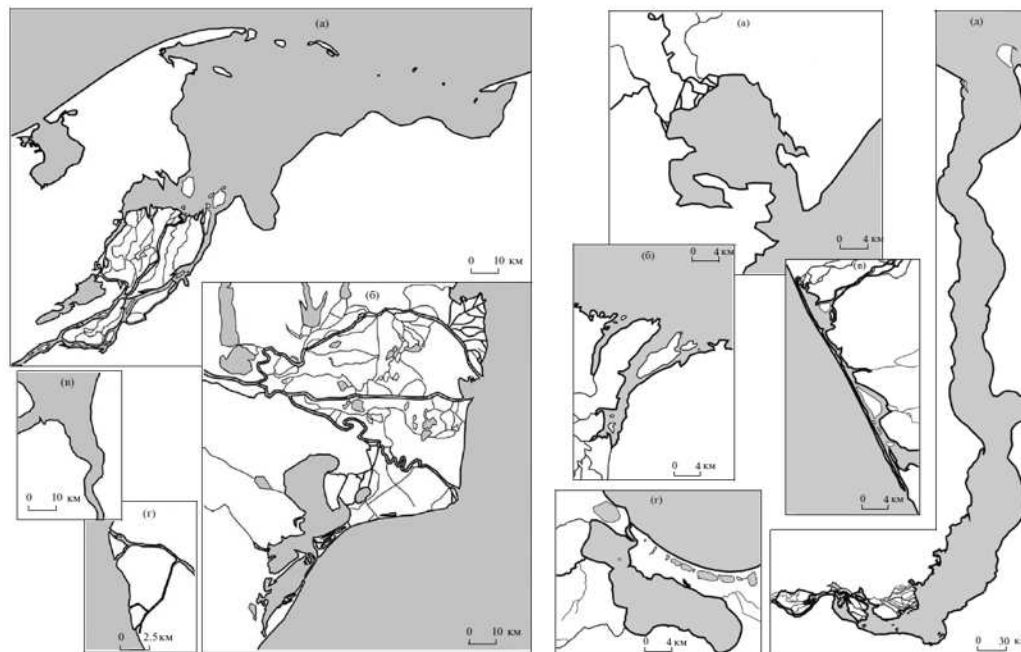


Таким образом, современная экология уже далеко вышла из своих «биологических» рамок, и сейчас оформилась в принципиально новую интегрированную дисциплину, связывающую физические и биологические явления на стыке между естественными и общественными науками (Одум, 1986; Шилов, 1998; Дроздов, 2011).

Впервые словосочетание «устьевая область реки» появилось в трудах российского гидролога В.Н. Лебедева, который изучал устье р. Камчатки в начале XX в. (Лебедев, 1915, 1919). Используя это словосочетание, он хотел подчеркнуть специфичность гидрологических и морфологических условий в устье этой реки, которые, как он справедливо считал, связаны с «совместным действием реки и моря»

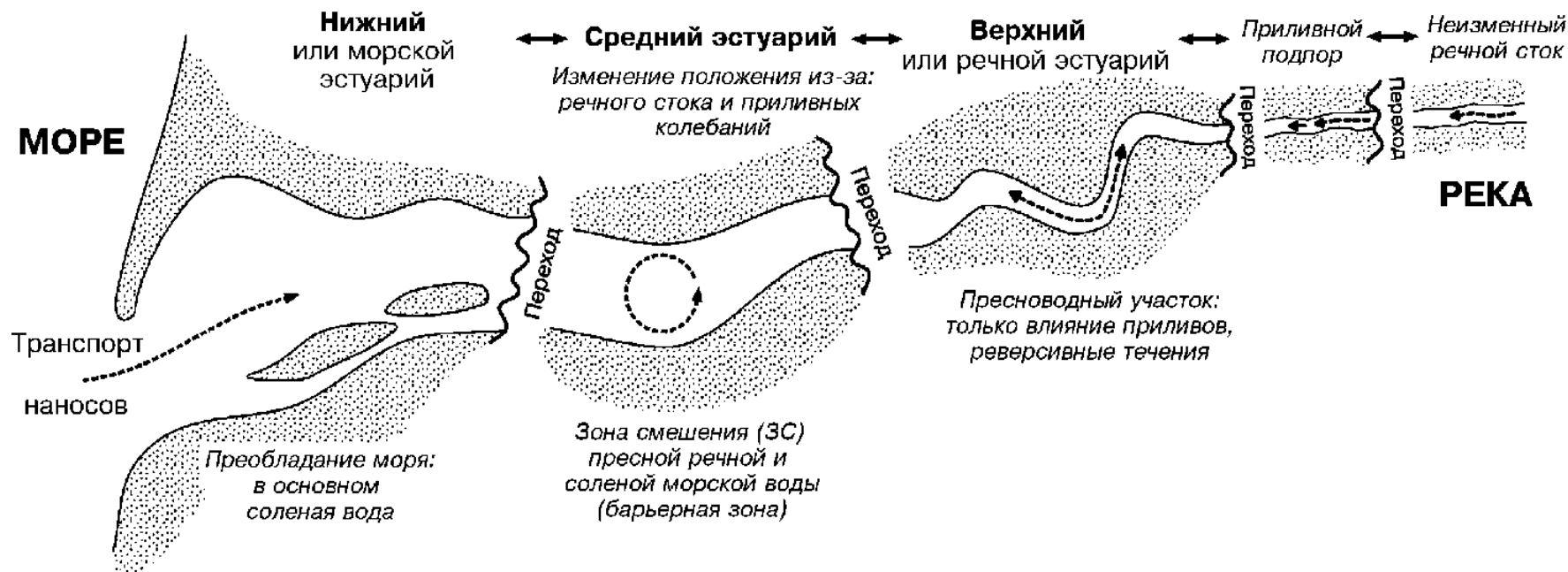


Примеры типизации и районирования устьевых областей рек (УОР) (по Михайлов, Горин, 2012; Горин, 2013)



Устьевая область реки (сокращенно УОР, синоним — устье реки) — это особый географический объект, охватывающий район впадения реки в приемный водоем (океан, море, озеро), сформировавшийся, существующий и развивающийся благодаря устьевым процессам: динамическому взаимодействию, смешению и внутримассовой трансформации водных масс реки и приемного водоема, отложению и переотложению речных и морских (озерных) наносов.

Схематическая гидролого–морфологическая структура «стандартного» эстуария. Границы отдельных областей могут меняться в зависимости от изменения величины речного стока и приливных колебаний уровня (по материалам из работ Perillo, 1995; Perillo et al., 1999; Syvitski et al., 2005; рисунок модифицирован на основании иллюстраций из работ Perillo, Piccolo, 2011; Wolanski, Elliott, 2011).



Эстуарий – это полузамкнутая система водотоков и водоемов в пределах УОР, которая хотя бы периодически сообщается с открытым морем и внутри которой в результате смешения пресных и солоноватых (или соленых) водных масс (**зона смешения, ЗС**) не менее одного сезона в году существует барьерная зона («эстуарный барьер») с изменением солености воды от 1 до 8‰ (цит. по Михайлов, Горин, 2012)

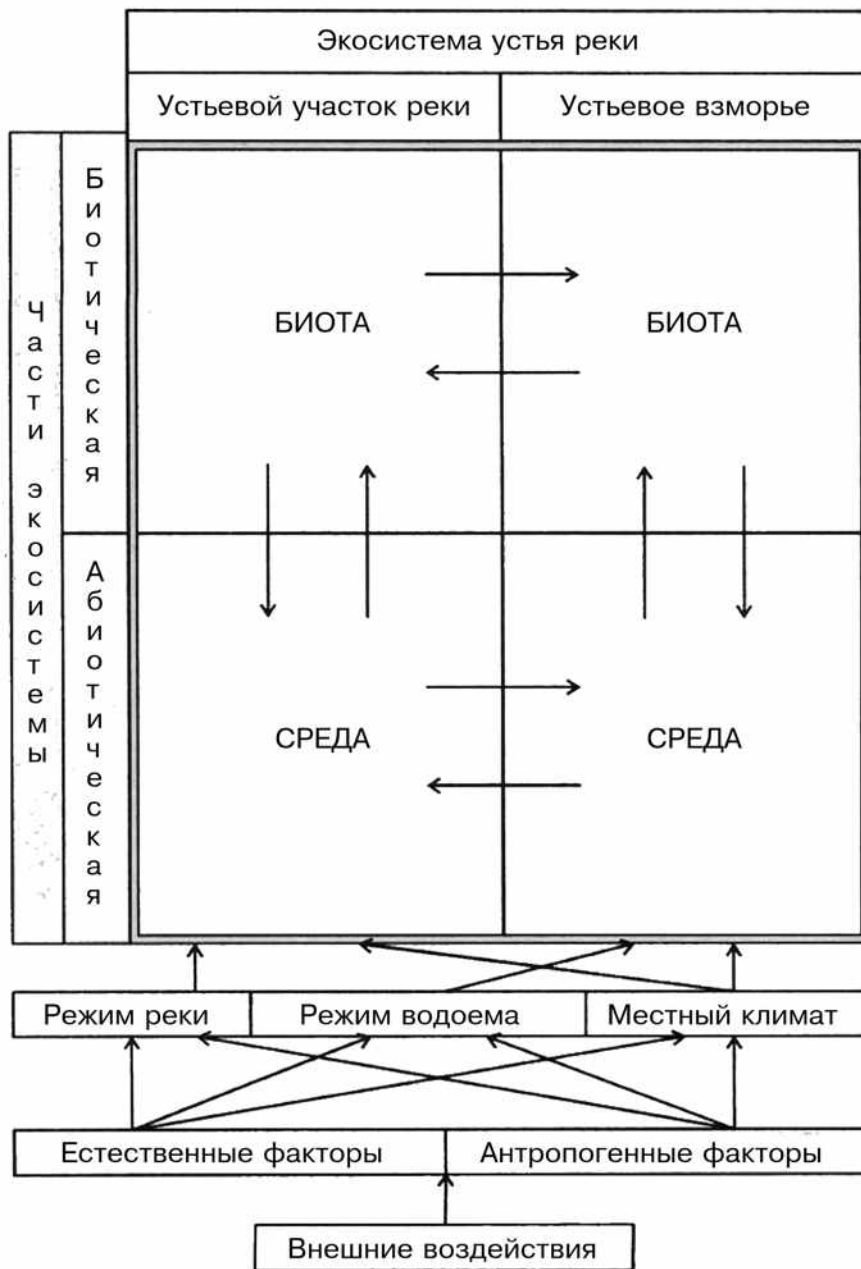
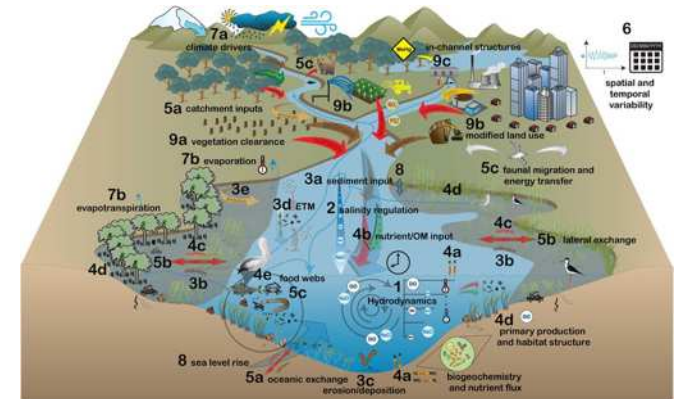
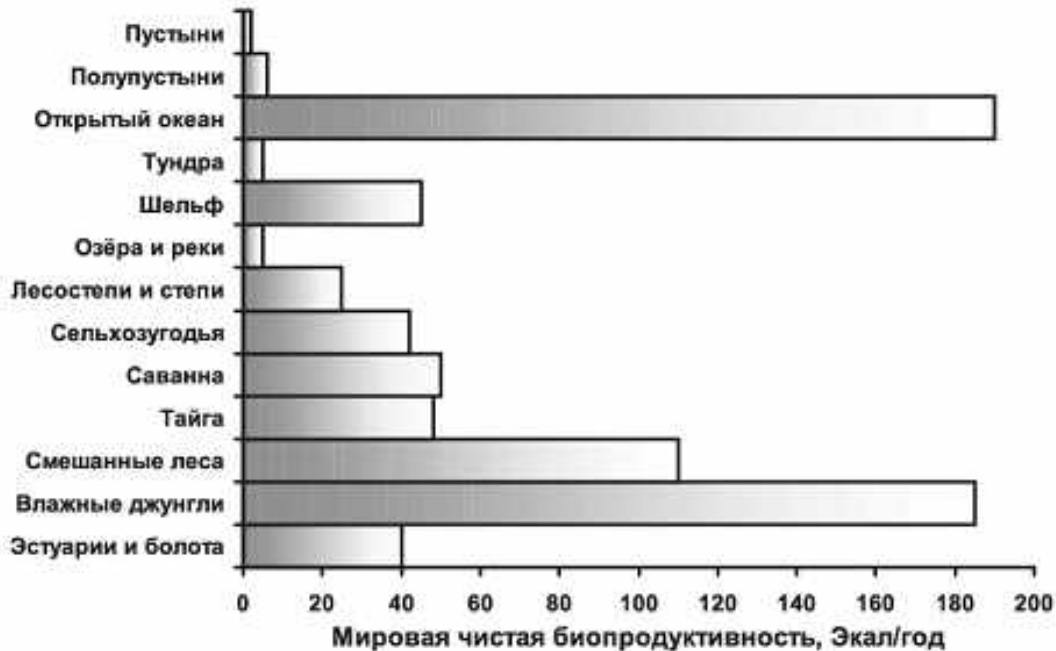
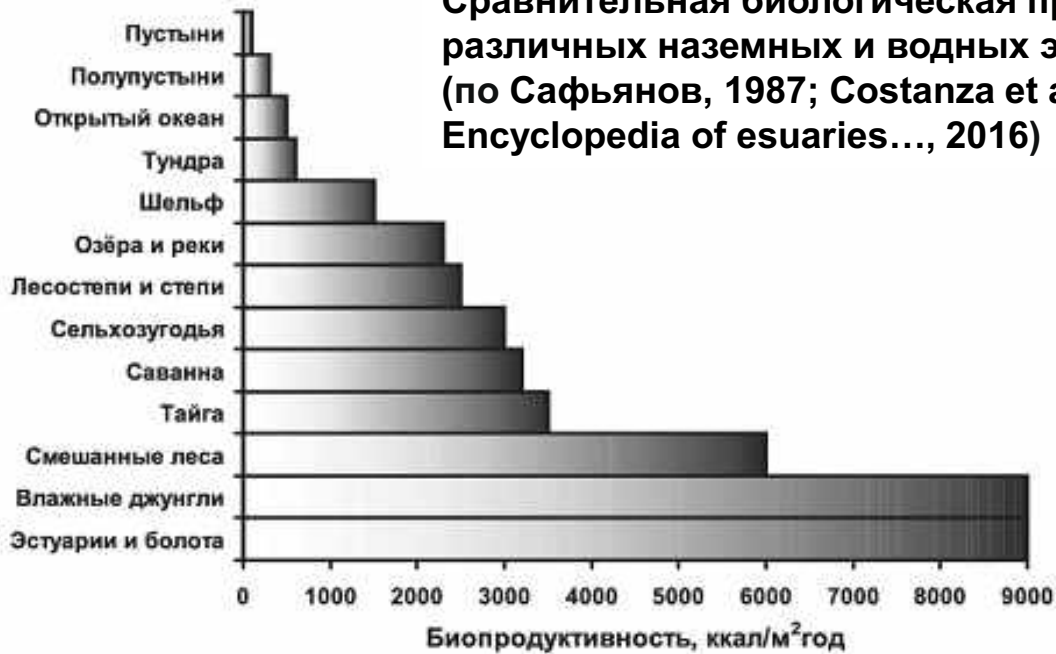
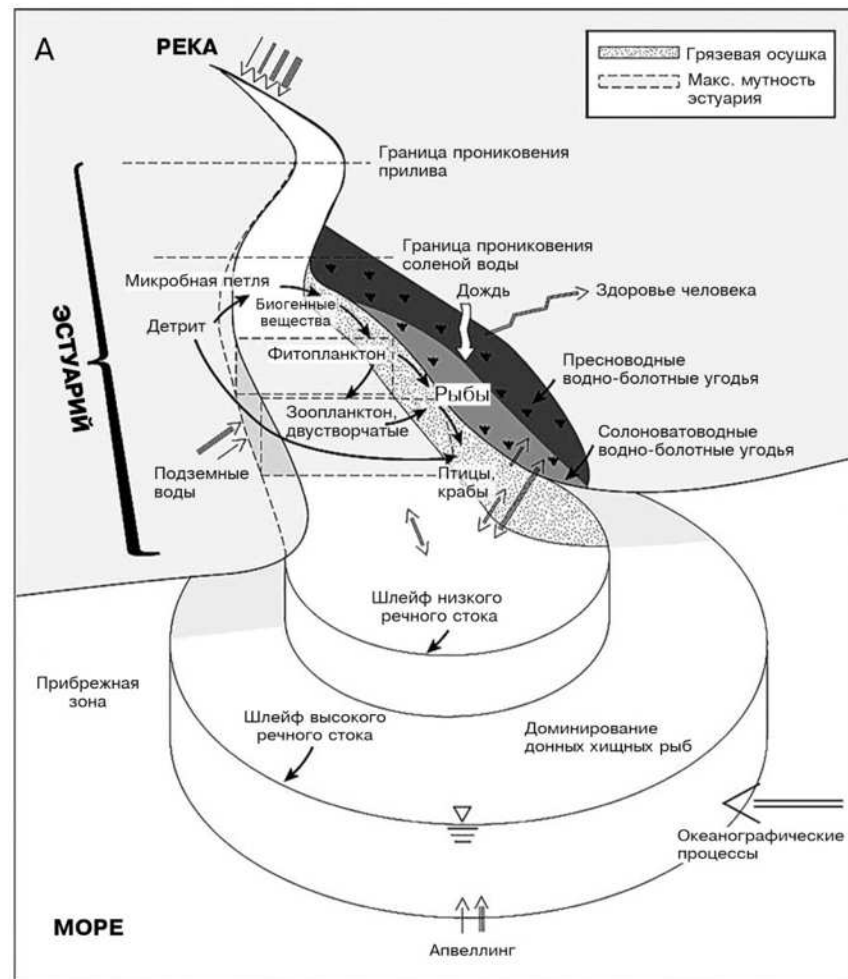


Схема структуры экосистемы устьевой области реки (Михайлов, 1998)

С точки зрения физической географии, устьевые области рек и эстуарии - это очень сложные и динамичные природные объекты, которые находятся под воздействием целого комплекса разнообразных факторов как природного, так и антропогенного происхождения. Они представляют собой открытые системы, а их функционирование определяется как внутренними специфическими устьевыми процессами, так и условиями на внешних границах («входах») системы: речными факторами на верхней (речной) границе эстуария (прежде всего стоком воды, наносов, растворенных веществ, тепла) и морскими факторами на нижней (морской) его границе (уровнем моря, течениями, волнением, соленостью воды и др.). Через эти границы на эстуарии передаются все естественные и антропогенные изменения в речном бассейне или в прибрежной зоне моря (Михайлов, 1998; Wolanski, Elliott, 2016; Dalrymple et al., 1992)

**Сравнительная биологическая продуктивность
различных наземных и водных экосистем
(по Сафьянов, 1987; Costanza et al., 1997;
Encyclopedia of esuaries..., 2016)**



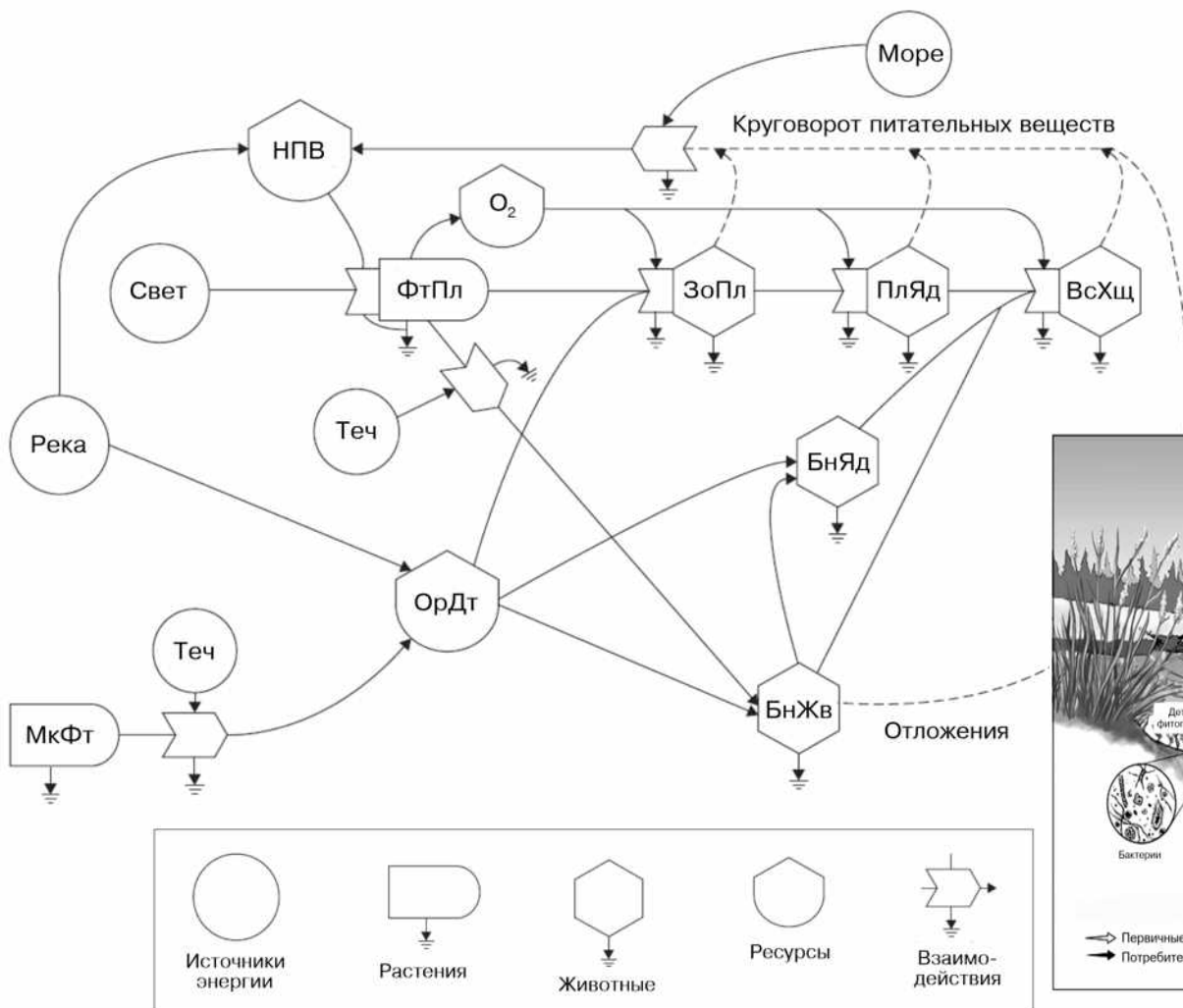


Генерализованная схема основных путей движения воды, мелкодисперсных отложений, биогенных веществ и пищевая сеть в умеренно мутном эстуарии и возможное воздействие на здоровье человека (А), а также схемы отдельных элементов «маргинального фильтра» (Б–Е) (по материалам Syvitski et al, 2005; Wolanski, Elliott, 2016; рисунок выполнен на основании иллюстраций из Wolanski, 2019).

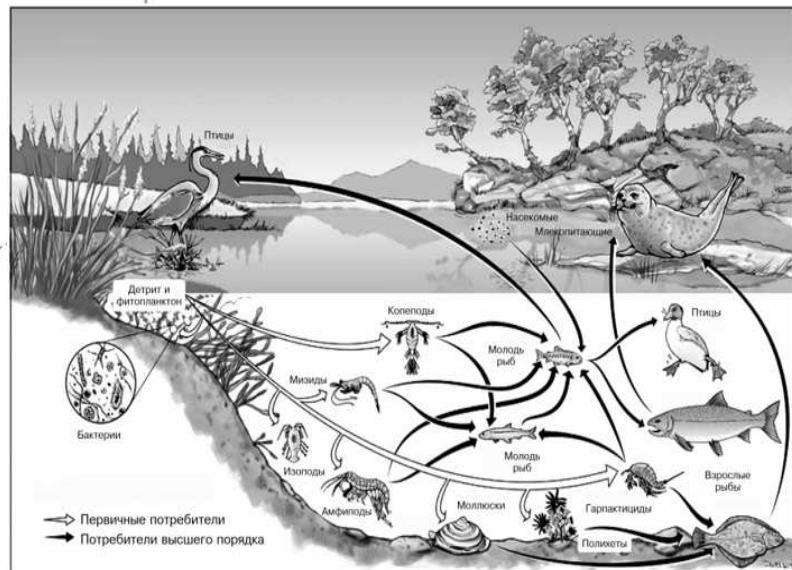


Диаграмма потока энергии, иллюстрирующая некоторые основные структурные и функциональные характеристики эстуарных экосистем (по материалам из Day et al., 2013)

Условные обозначения: НПВ – неорганические питательные вещества O_2 – растворенный кислород; ФтПл – фитопланктон; ЗоПл – зоопланктон; ПлЯд – планктоноядные животные; ВсХщ – высшие хищники; БНЯд – бентосоядные животные; Теч – течения; ОрДт – органический детрит; БнЖв – бентосные животные; МкФт – макрофиты; в нижней части диаграммы указаны пять различных типов используемых символов



Обобщенная схема трофической структуры эстуария р. Колумбия, (стрелками указаны потоки вещества и энергии в экосистеме) (по материалам из: Dietrich et al., 2005, Leary et al., 2005; источник: Columbia River..., 2014).

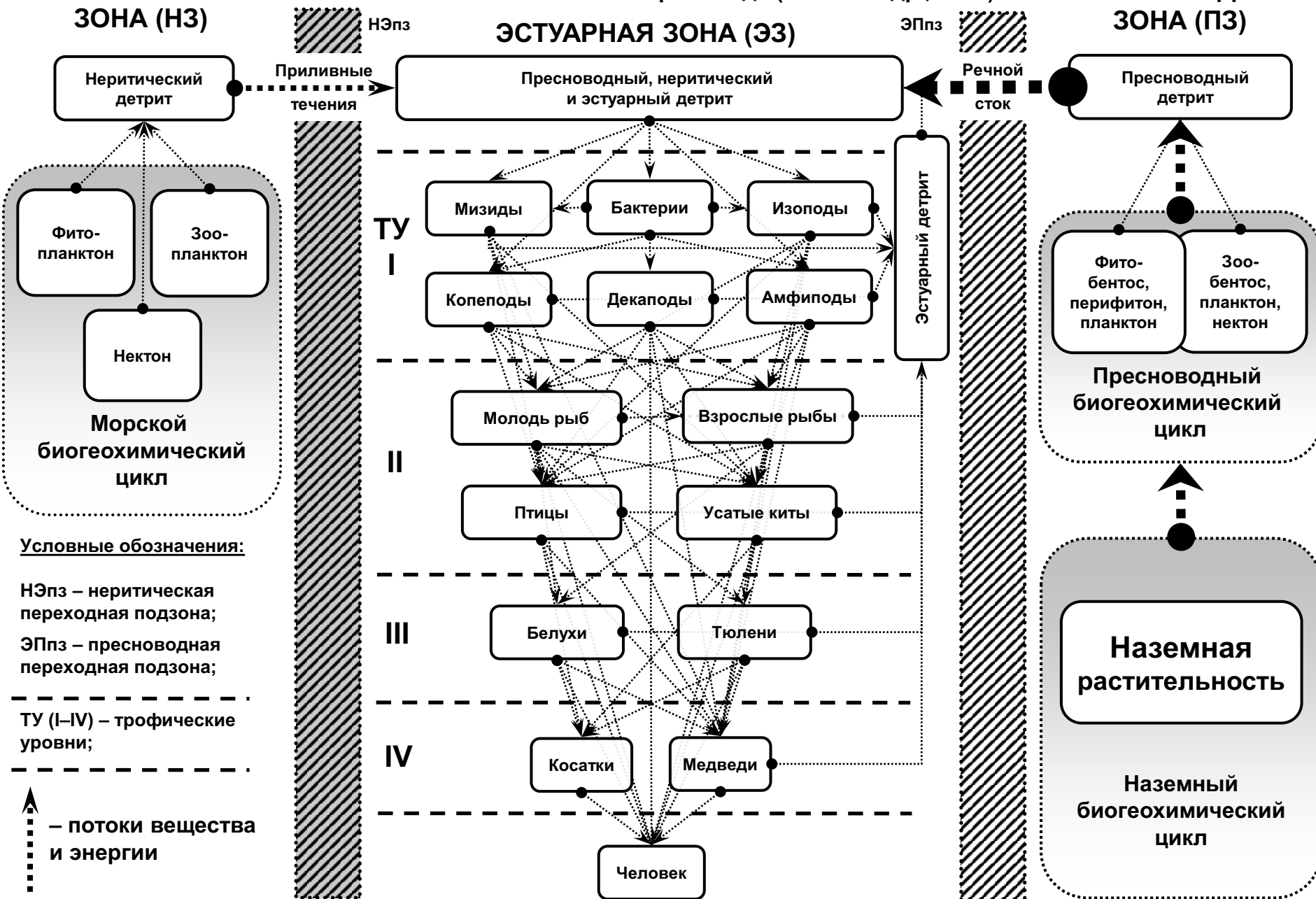


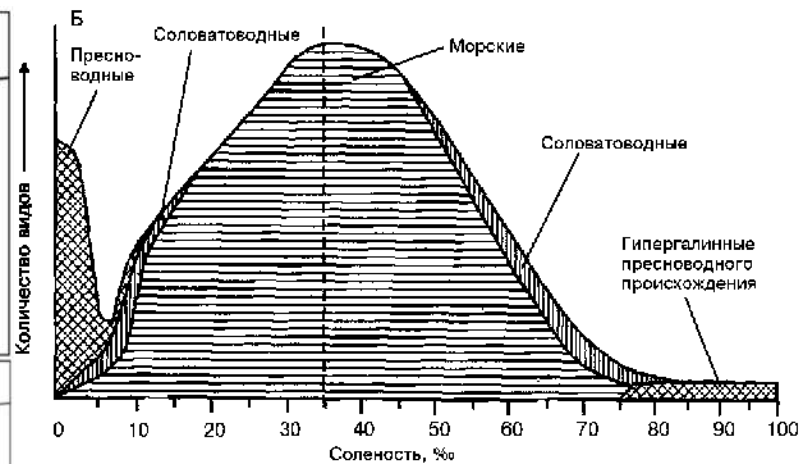
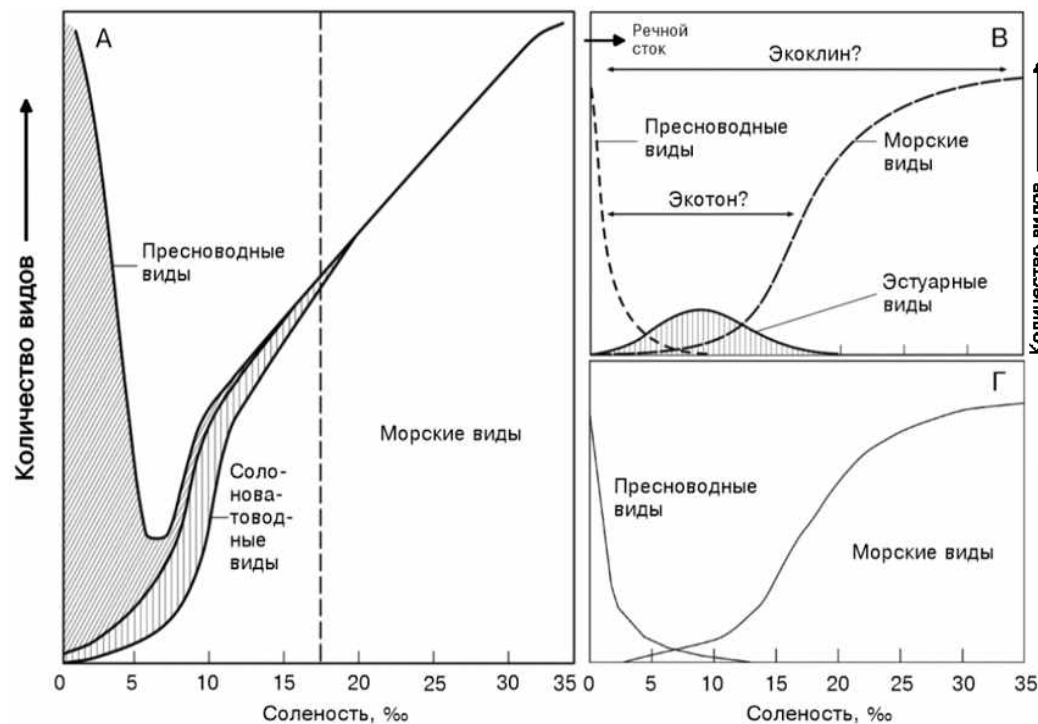
Обобщенная схема трофической структуры эстуария рек
Пенжина и Таловка в теплое время года (Коваль и др., 2018)

НЕРИТИЧЕСКАЯ
ЗОНА (НЗ)

ЭСТУАРНАЯ ЗОНА (ЭЗ)

ПРЕСНОВОДНАЯ
ЗОНА (ПЗ)





Примеры некоторых концептуальных моделей изменения биологического разнообразия вдоль градиента солености:

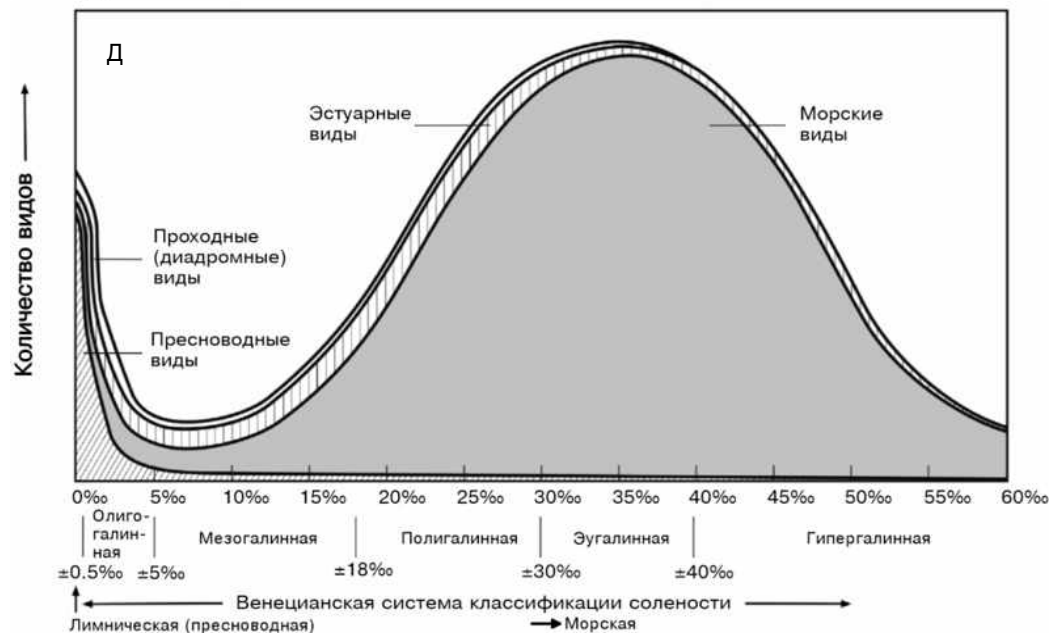
А – диаграмма Ремане (Remane, 1934);

Б – состав водной фауны в зависимости от солености (по Хлебович, 1962);

В – отредактированная версия диаграммы Ремане с концепциями экотона и экоклина (из Attrill, Rundle, 2002);

Г – перерисованный вариант предыдущей диаграммы, на которой были удалены эстуарные виды (на основе данных Attrill, Rundle, 2002);

Д - изменения биологического разнообразия вдоль градиента солености от пресноводных до гипергалинных условий (Whitfield et al., 2022)



С точки зрения экологии, эстуарии следует считать не только переходными зонами между пресноводными и морскими сообществами (т. е. экотонами), но и отдельными самостоятельными биотопами, в которых могут формироваться собственные экосистемы, обладающие уникальными свойствами. Так, например, в зоне смешения пресной и морской воды создается особая химическая среда, которая не похожа на ту, что наблюдается в прилегающих морских или речных системах и представлена в основном постоянно меняющимся режимом солености. В этом солевом градиенте («эстуарном барьере») способны постоянно существовать только отдельные, в высшей степени адаптированные сообщества солоноватоводных гидробионтов, которых и следует считать представителями собственно эстуарной флоры и фауны.



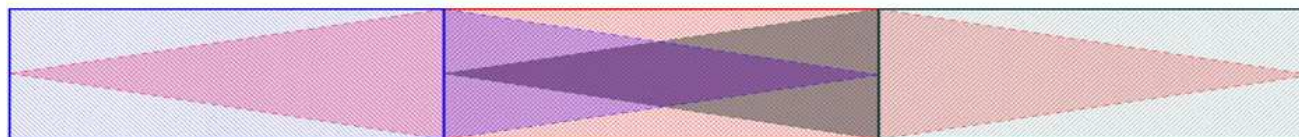
Пресноводная зона
(соленость $<1\text{‰}$)



Эстуарная зона
(соленость $1\text{--}30\text{‰}$)



Морская зона
(соленость $>25\text{--}30\text{‰}$)



Пресноводные организмы

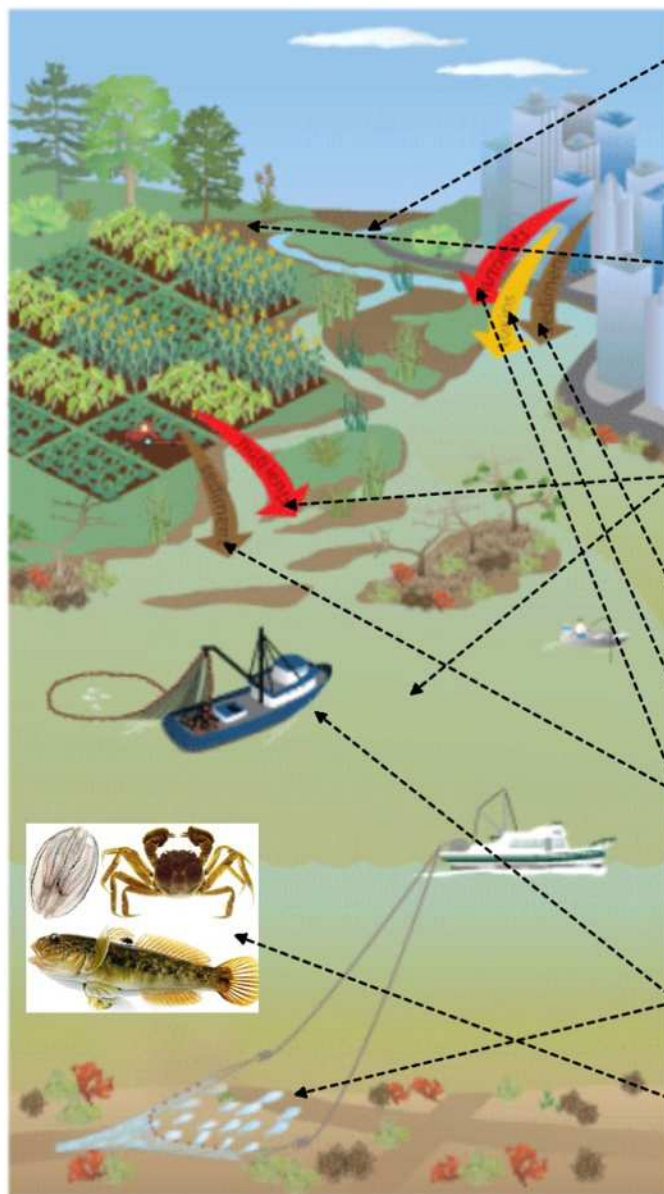
Солоноватоводные организмы

Морские организмы



Обобщенная схема распределения пресноводных, солоноватоводных и морских видов живых организмов в различных гидролого-экологических зонах эстуариев Камчатки

Классификация различных типов антропогенного воздействия, а также некоторые примеры влияния антропогенных факторов на прибрежные экосистемы (на основании данных из Day et al., 2013).



1. Физическое воздействие

1.1. Гидрологические изменения:

Перераспределение речного стока; разведка и строительство каналов для добычи полезных ископаемых; осушение; дноуглубительные работы в портах в целях навигации; строительство объектов прибрежной инфраструктуры, и т.п.;

1.2. Рекультивация природных водоемов

Осушение и сельскохозяйственное возделывание низменных участков речных долин, эстуариев и прибрежных районов; создание новых искусственных водоемов, польдеров, и т.п.;

2. Обогащение

2.1. Эвтрофикация:

Цветение водорослей в результате сельскохозяйственных стоков, в том числе – токсичные «красные приливы»;

2.2. Поступление органики:

Отходы рыбной промышленности; бытовые стоки органики, и т.п.;

2.3. Тепловой сброс:

Тепловые и гидроэлектростанции; сток промышленных предприятий, и т.п.;

2.4. Токсичные вещества:

Тяжелые металлы; пестициды; другие химические соединения ДДТ, ПХД, ртуть, экзотические органические вещества, и т.п.;

3. Прямые изменения биологического разнообразия

3.1. Уничтожение видов:

Чрезмерный промысел и перелов биоресурсов; сбор урожая;

3.2. Биологические инвазии:

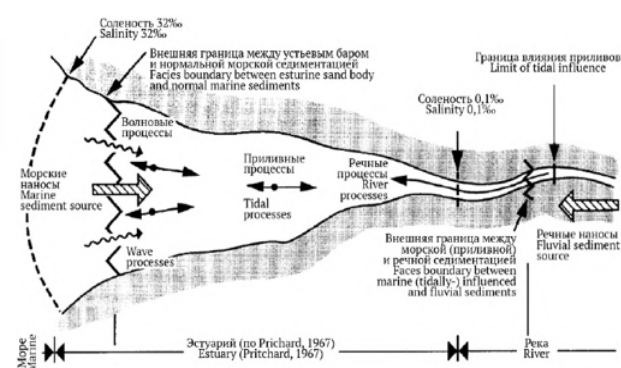
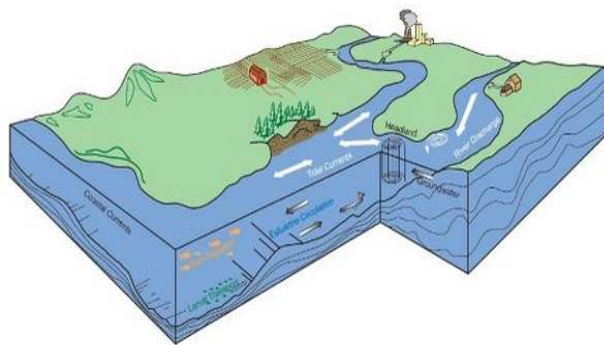
Интродукция или акклиматизация новых видов гидробионтов в водные сообщества.



Санкт-Петербург с высоты птичьего полёта. Стрелка Васильевского острова
© Литвин Игорь / Фотобанк Лорис

for.ru/6.337.845





Устьевые области рек и эстуарии – это, своего рода, уникальные природные лаборатории, в которых происходят непрерывные гидролого-морфологические, геохимические, биологические и антропоэкологические взаимодействия и превращения.

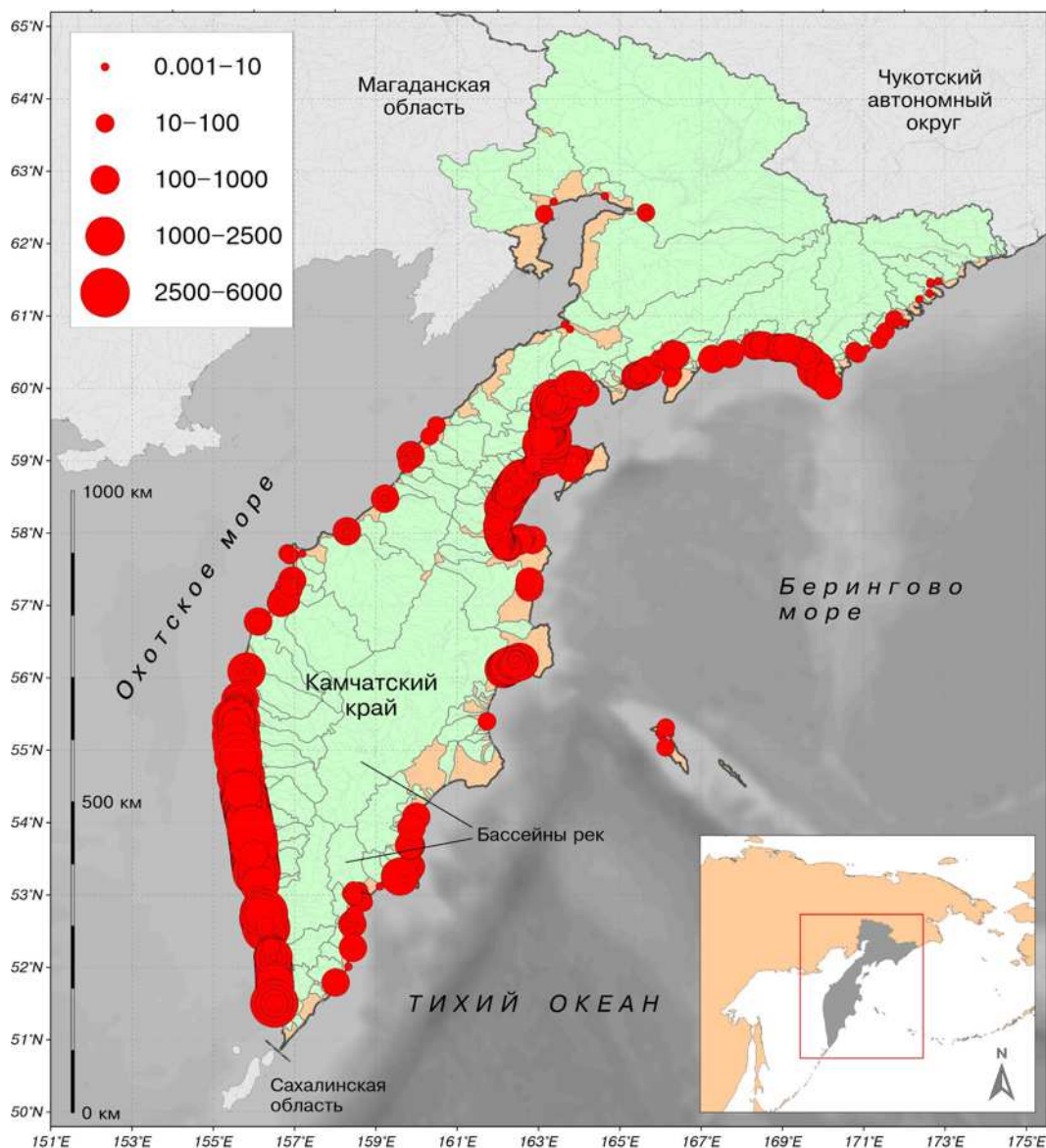
Эти водные объекты являются районами наибольшей биологической продуктивности и играют исключительную роль в глобальных процессах трансформации вещества и энергии в водных экосистемах.

Для населения прибрежных районов эстуарии – это важные районы рыболовства и аквакультуры, а также удобные места для размещения береговой инфраструктуры.

Благодаря таким свойствам, устьевые области рек и эстуарии представляют огромный интерес для специалистов различных отраслей науки, как прекрасные объекты для комплексного изучения механизмов влияния разнообразных экологических факторов на функционирование водных экосистем.

Пространственное распределение уловов тихоокеанских лососей (тыс. т) в Камчатском крае в 2023 г.

(суммарный вылов за путину составил ~500 тыс. т)



Рыбопереработка

Прибрежная зона



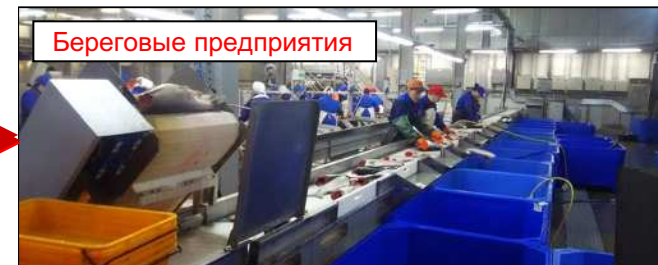
Эстуарии



Нижнее течение рек



Береговые предприятия



Жизненный цикл и формирование продуктивности популяций тихоокеанских лососей

Нерест: Пресноводные экосистемы



ЧИСЛЕННОСТЬ

Анадромная миграция: Прибрежные, эстуарные и пресноводные экосистемы



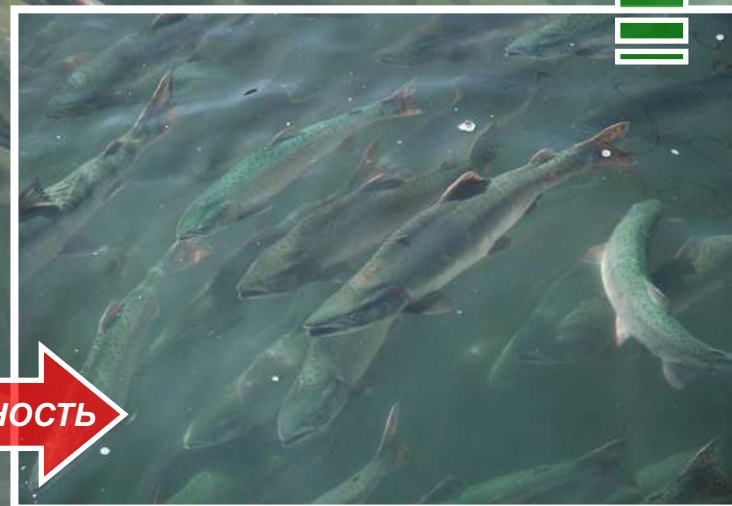
Численность

Покатная миграция:
Пресноводные, эстуарные и прибрежные экосистемы



ЧИСЛЕННОСТЬ

Морской нагул:
Морские и океанические экосистемы

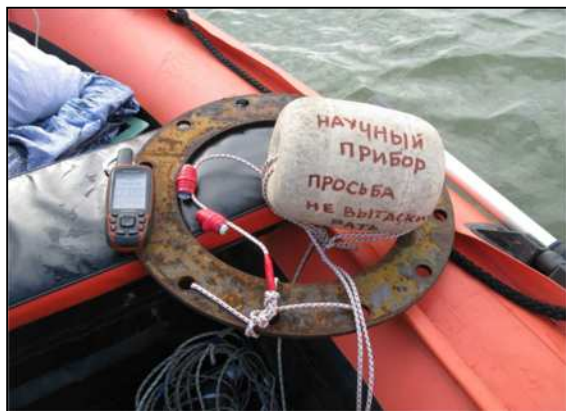


БИОМАССА

ЧИСЛЕННОСТЬ

Методы полевых исследований

1. Изучение условий среды обитания рыб



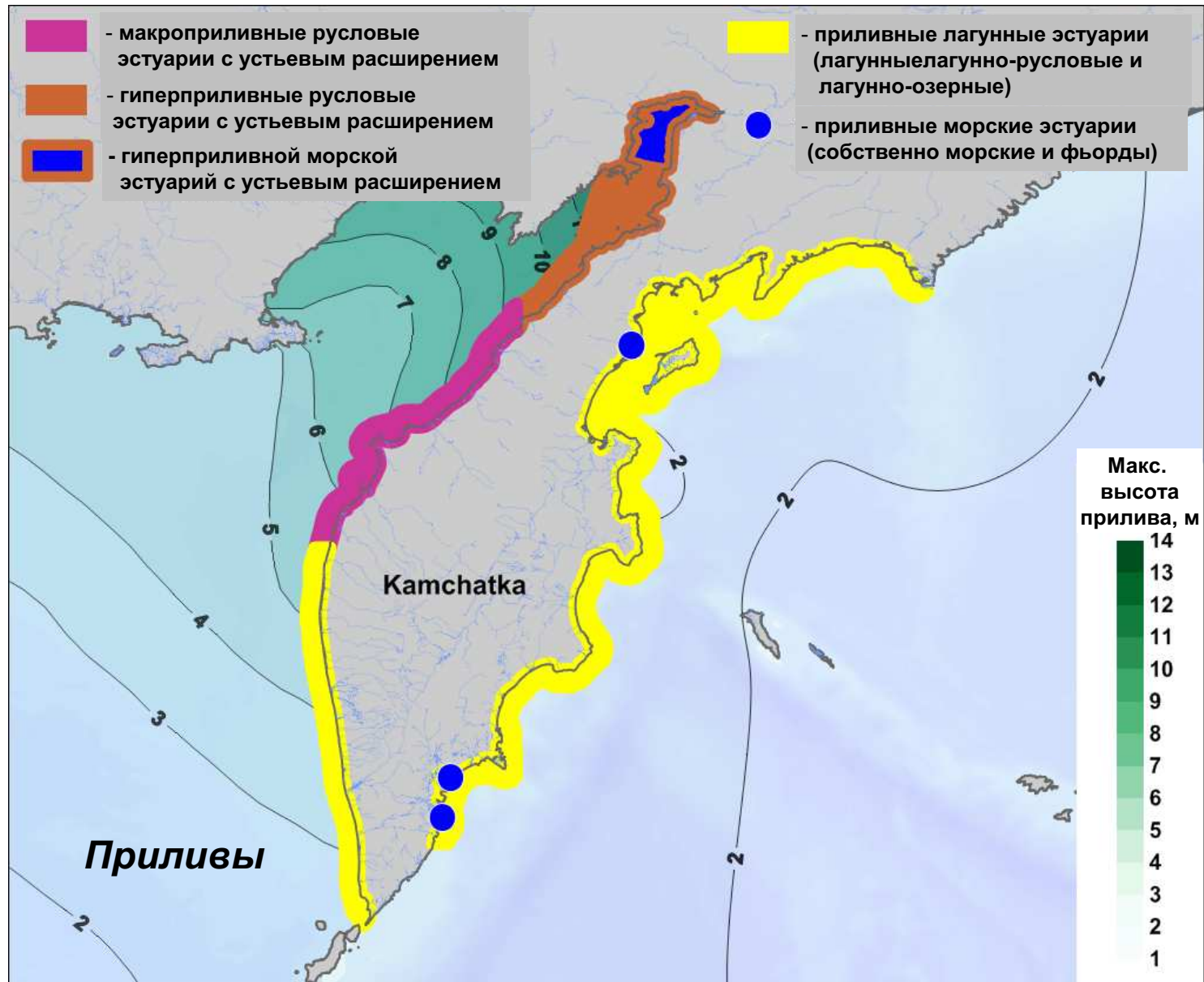
2. Исследования биологии и экологии рыб



3. Оценка влияния хозяйственной деятельности (прежде всего, рыболовства) на состояние естественных популяций рыб



Ключевые факторы среды обитания в эстуариях Камчатки различных гидролого-морфологических типов (Горин, Коваль, 2015; Коваль, 2024)



Ключевые факторы среды обитания в эстуариях Камчатки различных гидролого-морфологических типов (Горин, Коваль, 2015; Коваль, 2024)

Гиперприливные

приливы,
течения,
мутность,
осадко-
накопление,
ледовая
эрозия

Макроприливные

приливы,
течения,
соленость,
осадко-
накопление,
ледовая
эрозия

Лагунно-русовые

приливы,
течения,
соленость

приливные русловые
с устьевым расширением

приливной морской
с устьевым расширением

- приливные лагуны
(лагунные лагуны,
лагунно-озерные)
- приливные моря
(собственно моря)

Лагунно-озерные

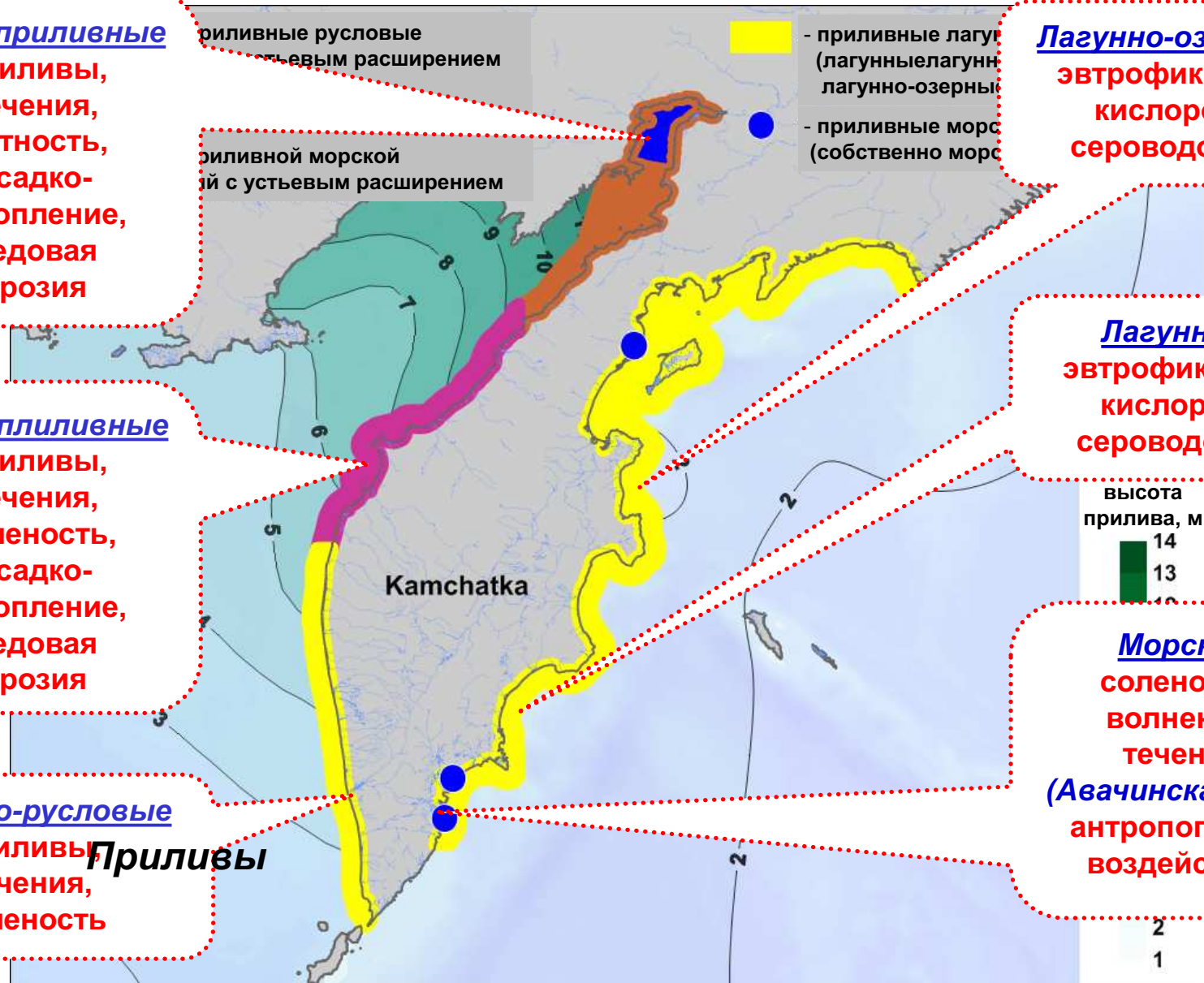
эвтрофикация,
кислород,
сероводород

Лагунные

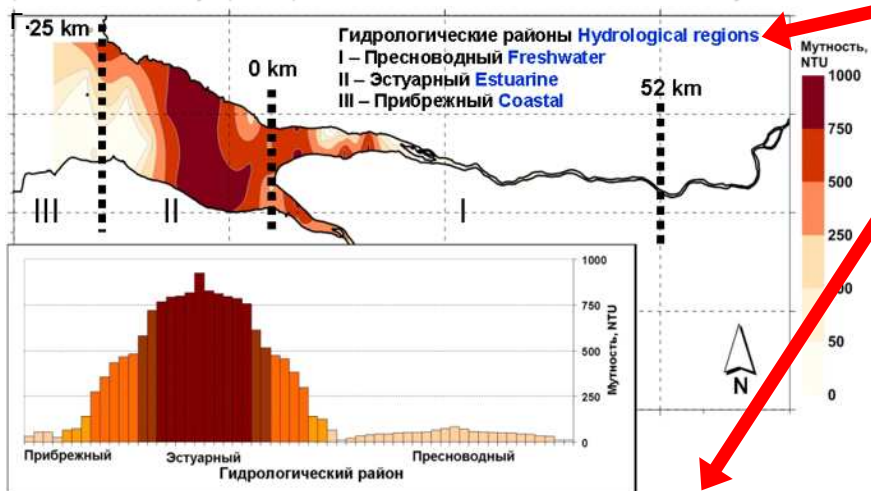
эвтрофикация,
кислород,
сероводород

Морские

соленость,
волнение,
течения
(Авачинская губа)
антропогенное
воздействие



Распределение показателей мутности M , NTU воды на акватории, а также в различных гидрологических районах эстуария рек Пенжина и Таловка в августе 2014



Причина №1: Экстремальные гидрологические условия (сильные течения, высокая мутность, резкие изменения солености и т.п.)

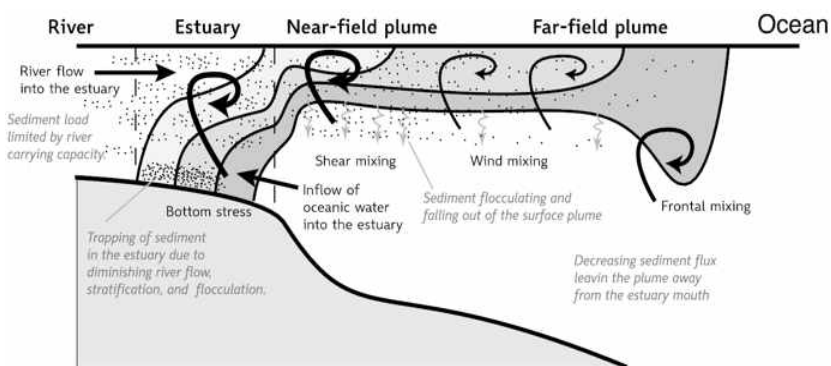
Результат: Высокая смертность молоди лососей (особенно горбуши) во время миграции из рек в море

Причина №2: Высокое осадконакопление и сильная эрозия дна в нижнем течении рек.

Результат: Снижение общей площади нерестилищ в бассейнах рек

Причина №3: Подходящие условия для морских хищников

Результат: Высокая смертность производителей во время анадромной миграции в реки



Летнее распределение белух в Охотском море (Solovyev et al., 2015)



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

