Грантовый проект
Всероссийской общественной организации
«Русское географическое общество»

«Оценка поступления загрязняющих веществ с диффузным стоком в системе "водосборная территория – приемный водоем (оз. Байкал)»



Байкальский институт природопользования СО РАН

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА

Исследованию переноса загрязняющих веществ с диффузным стоком в водные объекты, начали уделять большое внимание в начале 1980-х гг., так в США и странах Балтики были изучены переносы биогенных веществ в водные объекты с сельскохозяйственных территорий. Российская наука занималась диффузным стоком еще с 1960-х гг., в то время были выполнены интересные, но разрозненные исследования, которые, однако, не имели практического применения. Первое научное обобщение российских работ по проблемам диффузного загрязнения, выявления его роли, определения источников, разработки концепции по его предотвращению были выполнены в 2018-2019 гг. в рамках научной части государственной программы «Оздоровление Волги» ведущими научными организациями страны под руководством Института водных проблем РАН.

Значительной проблемой оз. Байкал и его водосборного бассейна является снижение качества поверхностных вод, обусловленное антропогенными факторами. Одним из источников загрязнения является неконтролируемый диффузный сток загрязняющих веществ с территории водосбора, вклад которых в загрязнение водных объектов может быть суммарно выше, поскольку они имеют больший территориальный охват.

Таким образом, выявление источников диффузного стока оз. Байкал (в бассейне р. Селенги – главной артерии озера), их роли и вклада в формирование загрязнения является актуальным и требует особого изучения в целях повышения эффективности мониторинговых исследований, методов оценки и реализации природоохранных мероприятий, направленных на дальнейшее снижение диффузного загрязнения.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Цель проекта - Исследование источников диффузного загрязнения водных объектов и количественная оценка поступления загрязняющих веществ в растворенной форме с водосборной территории в гидрологической системе «водосбор-оз. Байкал».

Основные задачи проекта:

1. Определение основных антропогенных факторов влияния на загрязнение водоемов на основе аналитического обзора научных работ, посвященных проблеме диффузного стока с водосборной территории.
2. Экспедиционные исследования, включающие гидрологические и гидрохимические исследования р. Селенга и модельных территорий (Улан-Удэнский промышленный узел, сельскохозяйственные угодья, промышленные площадки, селитебные территории) для выявления вклада диффузного загрязнения по данным пространственно-временного анализа содержания тяжелых металлов и металлоидов (Al, B, W, Fe, Cd, Si, Co, Mn, Ni, Pb, Cr, Zn, Hg), стойких органических загрязнителей (хлорорганические пестициды, полихлорированные бифенилы, полиароматические углеводороды), нефтепродуктов и биогенных элементов в растворенной форме.
3. Обобщенная оценка и анализ поступления загрязняющих веществ с диффузным стоком в оз. Байкал. Создание геоинформационных баз данных и разработка картографического представления полученных результатов.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА

Научная новизна проекта заключается в определении основных антропогенных факторов влияния на загрязнение водосборной территории оз. Байкал, оценки поступления загрязняющих веществ в растворенной форме в системе "водосборная территория– оз. Байкал" в пределах Российской Федерации. В результате натурных исследований и моделирования впервые дана обобщенная оценка и анализ поступления загрязняющих веществ с диффузным стоком р. Селенга в оз. Байкал, включающих модельные территории (Улан-Удэнский промышленный узел, сельскохозяйственные угодья). Впервые созданы геоинформационные базы данных содержащих оценки массового количества загрязняющих веществ, поступающих в оз. Байкал с его водосборного бассейна в результате диффузного стока. Картографическое представление полученных результатов позволило выявить пространственную картину источников и количества стока.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Результаты выполненного проекта по оценке диффузного стока в перспективе будут востребованы принимающими решения органами для разработки концепций и программ по предупреждению и предотвращению диффузного загрязнения водных объектов. Полученные результаты будут способствовать эффективной организации системы мониторинга в бассейне оз. Байкал, и, в конечном итоге, послужат основой для принятия превентивных мер по минимизации поступления загрязняющих веществ в озеро.

Грантодатель:
Всероссийская общественная организация «Русское географическое общество»
Грантополучатель:
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук (БИП СО РАН).
ИНН 0323050947, КПП 032301001, ОГРН 1020300904007
Адрес: 670047, Бурятия Респ, Улан-Удэ, Сахьяновой, дом № 6
Руководитель: директор, чл.-корр. РАН Гармаев Ендон Жамьянович
Партнеры:
Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Республике Бурятия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Бурятский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, ИП Цыбикова Арюна Баировна.
Номер договора о предоставлении гранта
08/2023-И
Дата договора о предоставлении гранта
21.06.2024
Период реализации грантового проекта
05.06.2023-05.06.2024



Уникальное озеро Байкал –объект Всемирного наследия ЮНЕСКО

Река Селенга – основной приток озера Байкал, играет ключевую роль в формировании качества воды в озере. Водосборная площадь составляет 447060 км².



Проведен аналитический обзор более 70 научных работ зарубежных и российских авторов, посвященных проблеме поступления загрязняющих веществ с диффузным стоком на водосборные территории.

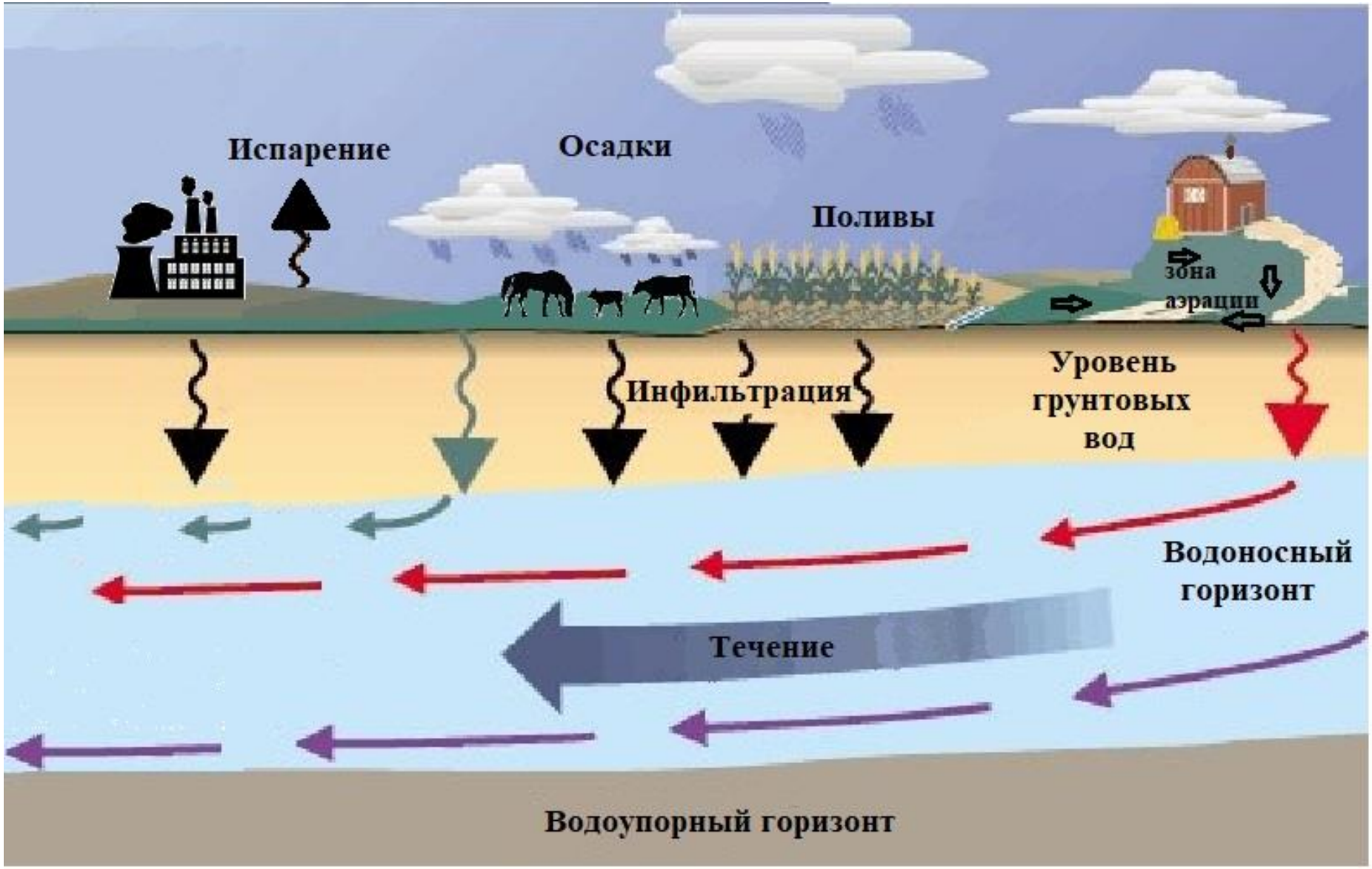


Основные источники точечного и рассредоточенного загрязнения водных объектов

Точечные источники	Рассредоточенные источники
•Коммунально-бытовые и промышленные сточные воды •Сток с мест захоронения отходов •Поверхностный сток и инфильтрация с откормочных площадок для скота •Сток с шахт, нефтяных месторождений и неканализованных промышленных площадок •Городские сбросы в канализацию при численности населения свыше 100 тыс. жителей •Сток с промышленных площадок с площадью более двух гектар •Переполнения объединенных ливневых и санитарных коллекторов	•Сельскохозяйственный сток, поступающий с богарных и мелиорированных площадей; •Сток с пастбищ и лесных массивов •Урбанизированный сток с неканализованных площадей и канализированных территорий с населением до 100 тыс. жителей •Сток с промышленных площадок с площадью до двух гектар •Сток с заброшенных шахт •Атмосферные осадки, поступающие на водосборную площадь и акваторию водных объектов •Поверхностный сток с территорий сельских населенных пунктов и животноводческих комплексов •Хозяйственная деятельность на территории водосбора (заготовка леса, осушение заболоченных участков, строительство дорог и каналов)

Определены основные природные и антропогенные факторы загрязнения оз. Байкал, к которым относятся точечные (сосредоточенные) и площадные (рассредоточенные) источники загрязнения.

Иллюстративная схема источников диффузного стока



Фотографии с мест отбора проб





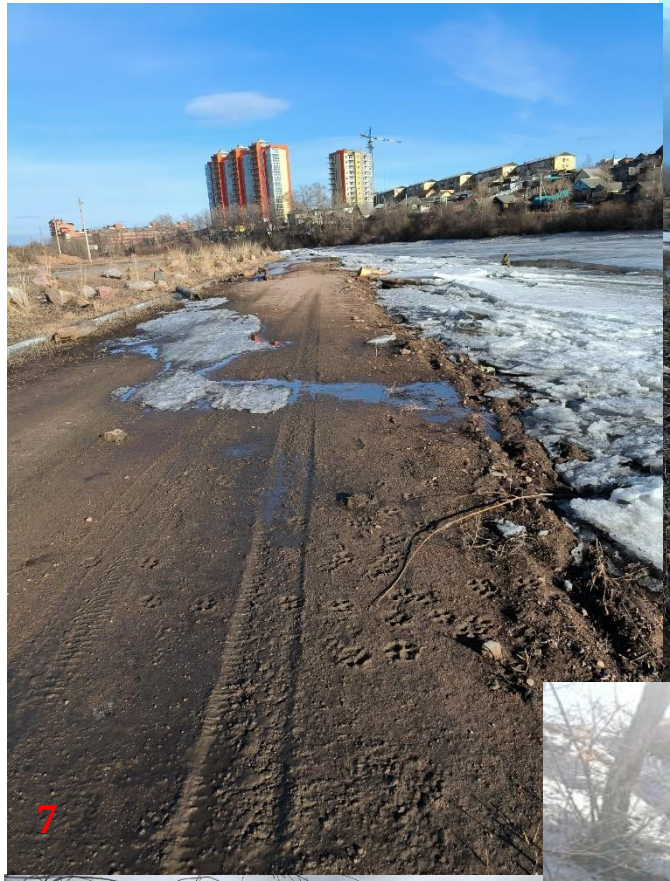


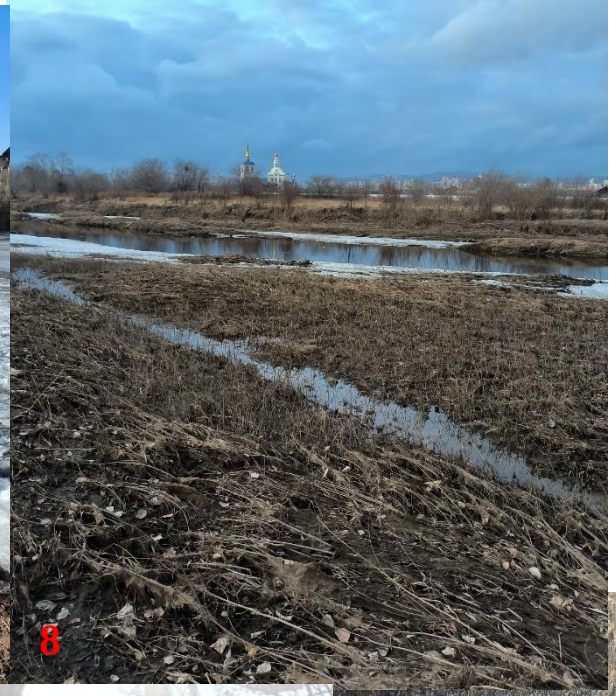




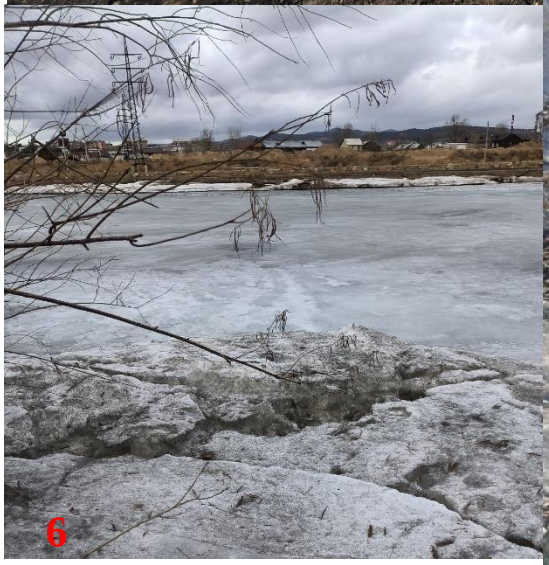
Река Селенга:

1. Село Кабанск, 17.04.2024
2. Железнодорожный мост после с. Сотниково, 06.04.2024
3. Местность «Олени», 07.04.2024
4. Станция «Дивизионная», 06.04.2024
5. Местность «Олени», 07.04.2024

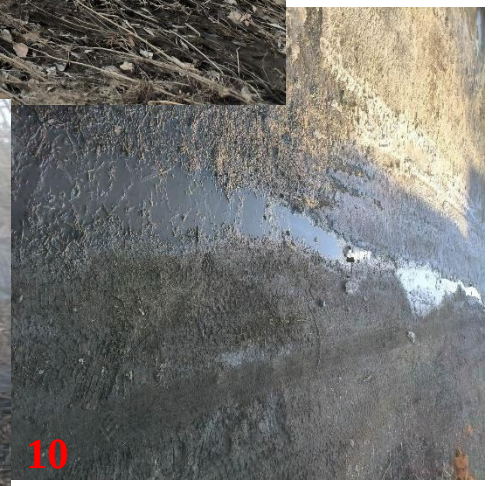














Река Уда:
6. Левый берег, 13.04.2024
7. Правый берег, 06.04.2024
8. Правый берег перед впадением, 07.04.2024
9, 10. Диффузные стоки, 06.04.2024

11. Барисаан дорога, 07.04.2024
12. Оронгой канава, 07.04.2024











13. Диффузный сток в р. Уда, 06.04.2024
14. р. Джида, 17.04.2024
15. р. Модонкуль, 16.04.2024
16. р. Модонкуль, 17.04.2024
17. р. Модонкуль, 22.08.2023

* **Поступление тяжелых металлов от промышленных источников диффузного загрязнения**



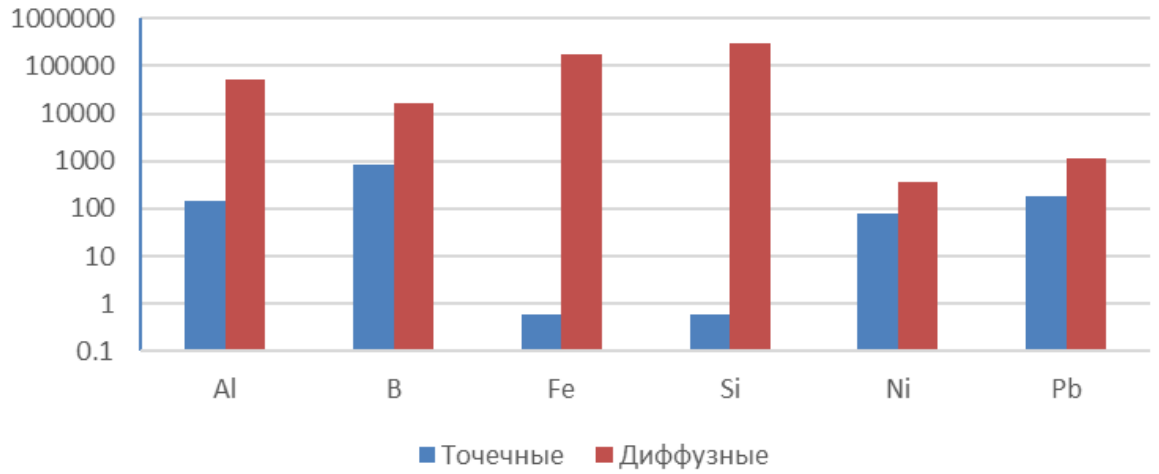


Джидинский вольфрамово-молибденовый комбинат. Закрыт в 1996 г.





Поступление микроэлементов с диффузным стоком (по данным химического анализа проб)

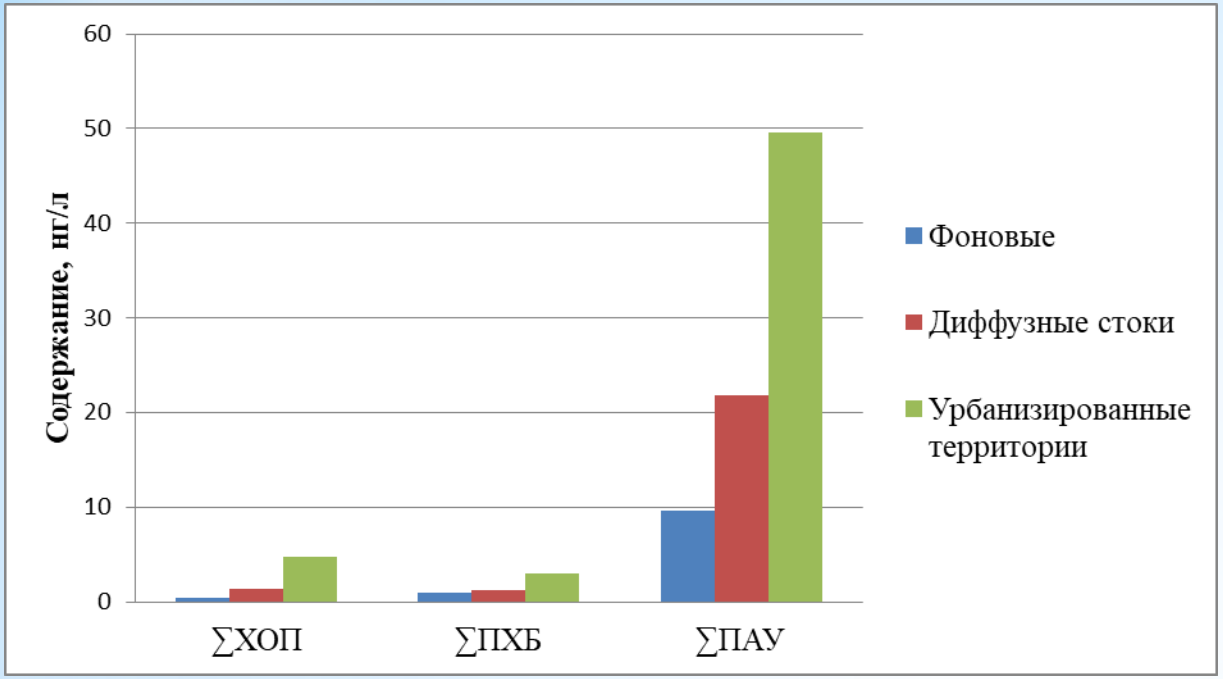


Поступление микроэлементов от точечных и распределенных источников, кг

Металлы	р. Уда (г. Улан-Удэ)	р. Селенга после Улан-Удэ	р. Селенга, с Кабанск
Al	959,1	51986,5	52800,3
B	479,5	16826,9	17109,6
Fe	9085,5	178763,3	181408,9
Si	19524,3	300251,3	305830,5
Ni	37,3	348,5	355,6
Pb	68,5	1123,1	1140,6
Zn	526458,9	6914494,3	6460638,0

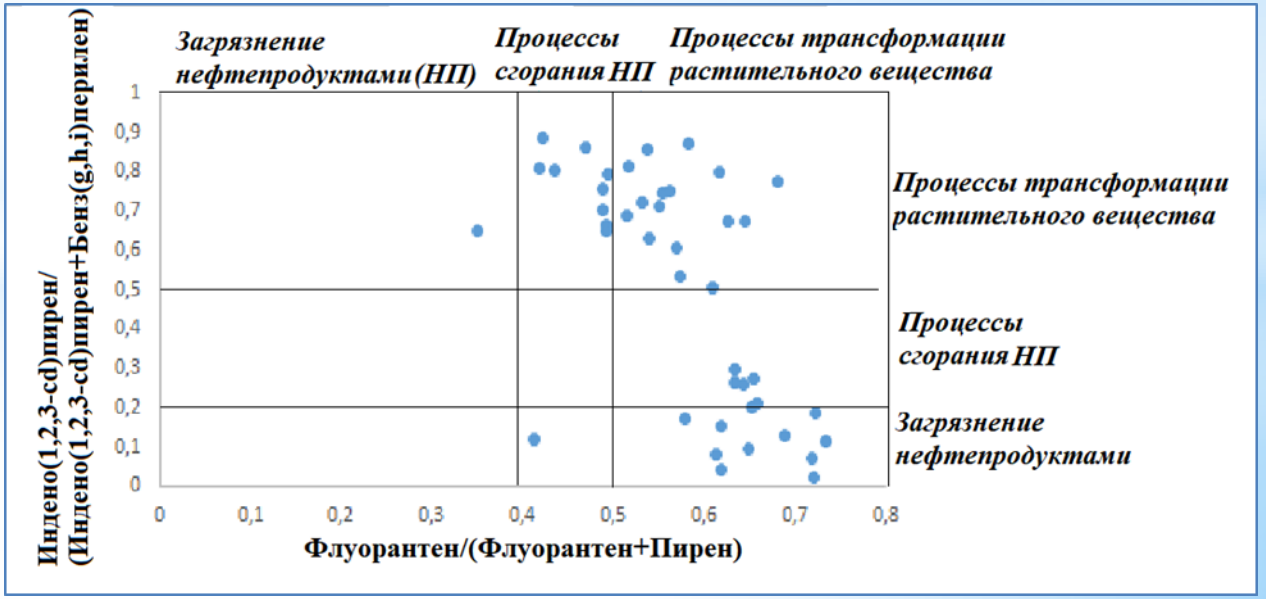
Поступление микроэлементов с диффузным стоком в р. Селенгу от промышленных центров, кг

Поступление стойких органических загрязнителей в бассейн р. Селенги (по данным химического анализа проб)



Усредненные данные по содержанию СОЗ в различных зонах бассейна реки Селенги.

Определение источников поступления ПАУ маркерными соотношениями



* Поступление биогенных веществ от сельского хозяйства





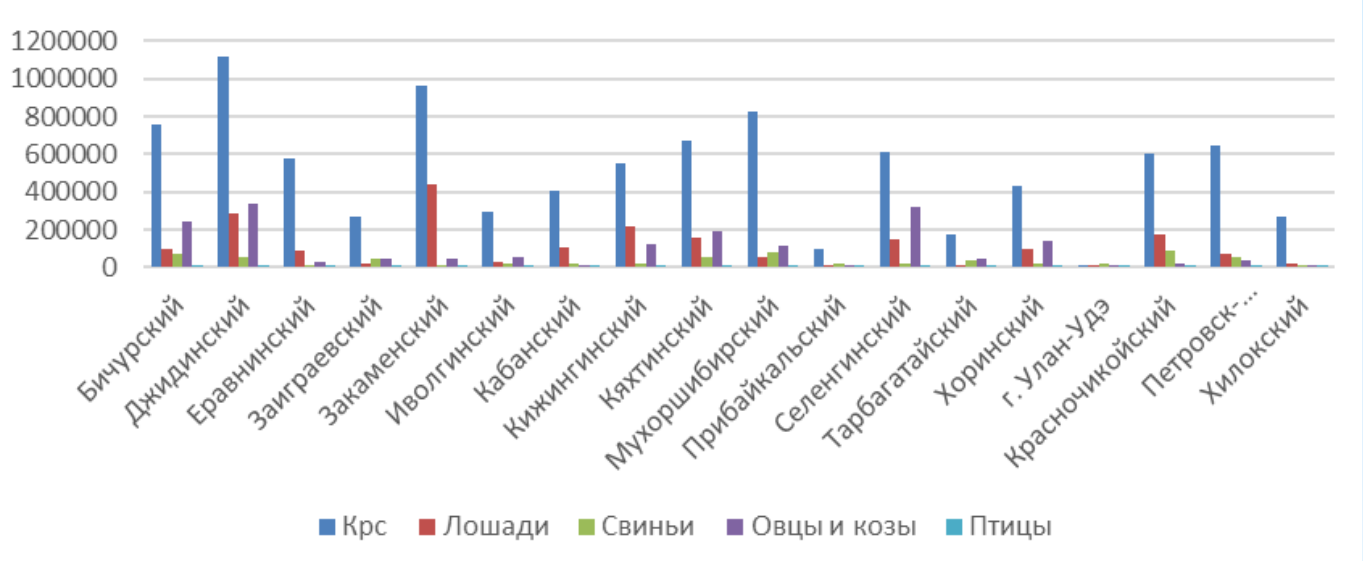
	площади, га					
	пшеница	ячмень	овес	однолетние т	картофель	овощи открытого грунт
Бичурский	5957	580	3516	7734	495	33
Джидинский	925	662	1446	2179	159	15
Еравнинский						
Заиграевский	851	65	189	580	731	112
Закаменский	920	150	604	1281	122	9
Иволгинский	269	0	18	167	702	286
Кабанский	2585	1377	1132	1380	970	167
Кижингинский	1828	148	693	777	171	8
Кяхтинский	3891	1595	2212	2699	363	25
Мухоршибирский	8193	1383	2337	4944	441	70
Прибайкальский	407	183	884	225	384	25
Селенгинский	688	328	737	1869	327	50
Тарбагатайский	7471	1295	553	1142	509	40
Хоринский	50	0	10	640	186	16
Красночикойский	642	30	370,54	157	380,39	34,57
Петровск-Забайкаль	715	25	492	654,1	309,51	24,59
Хилокский	0	0	126	366,8	355,74	21,08



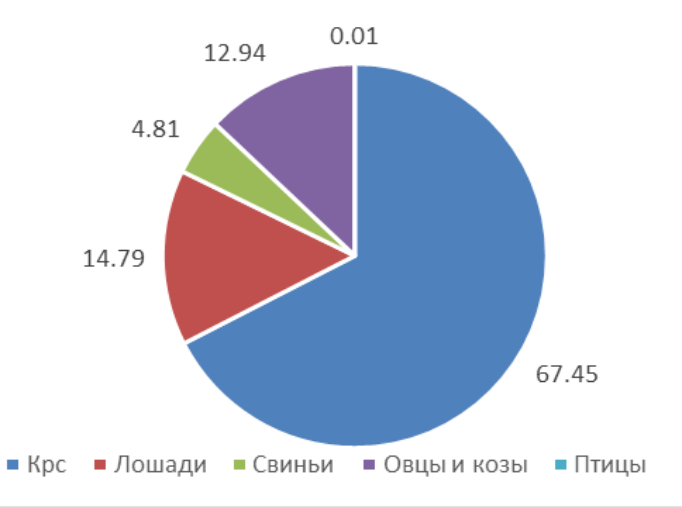




Оценка объемов поступления биогенных элементов



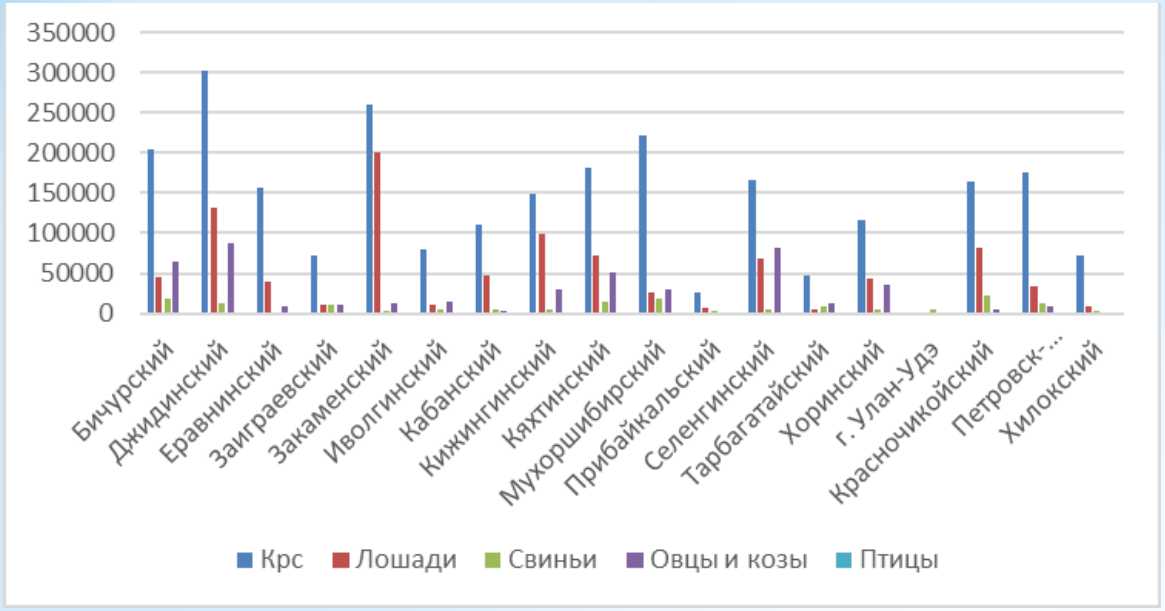
Поступление общего азота в административных районах Республики Бурятия и Забайкальского края в пределах бассейна р. Селенги



Поступление общего азота
от домашних животных в бассейне р. Селенги, %



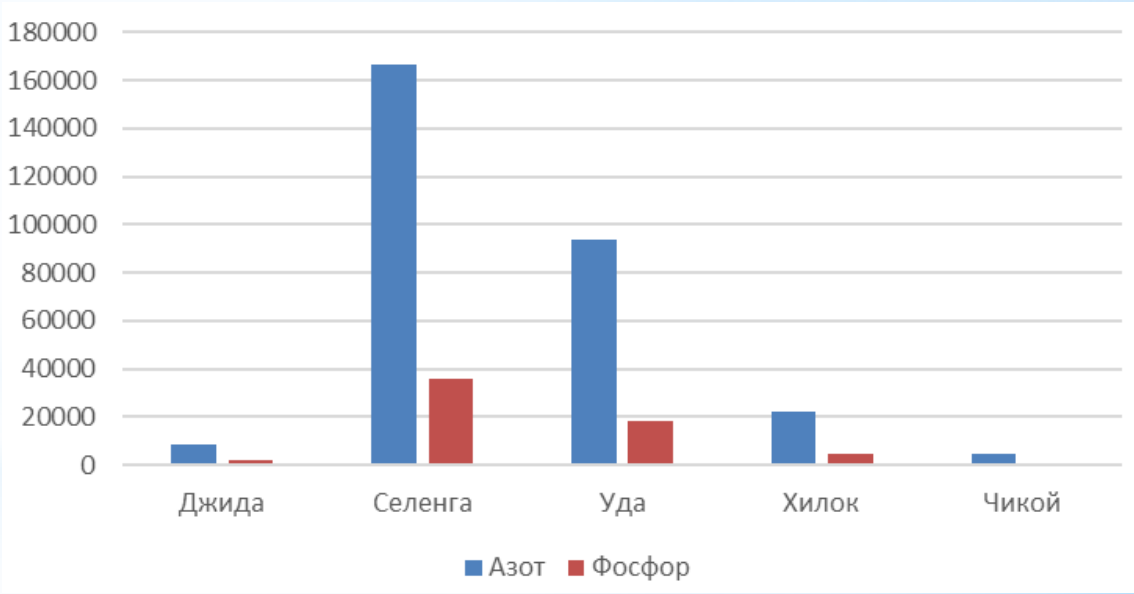
Доля поступления азота
от источников диффузного загрязнения



Поступление общего фосфора в административных районах Республики Бурятия и Забайкальского края в пределах бассейна р. Селенги

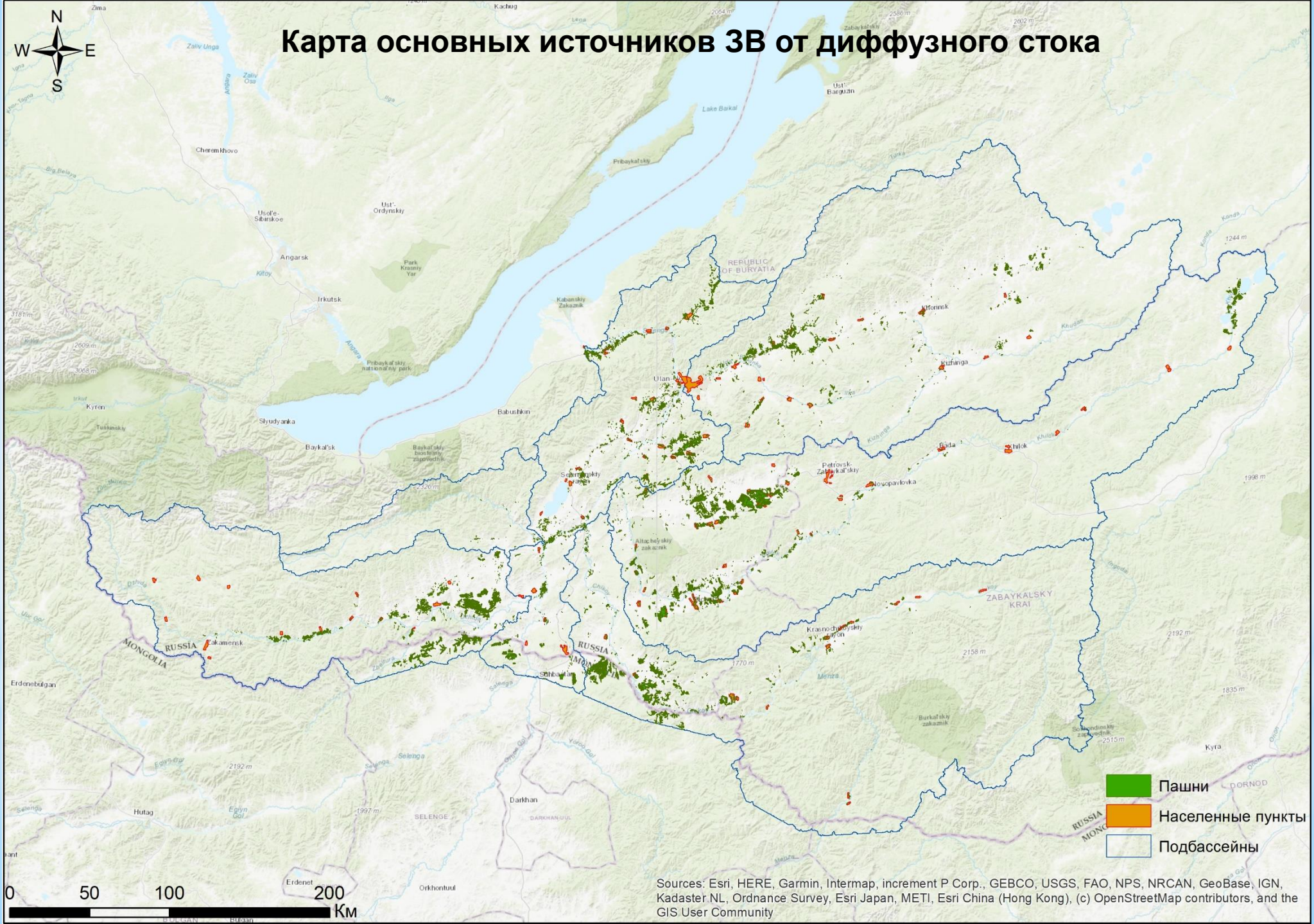


Поступление общего азота
от домашних животных в бассейне р. Селенги, %

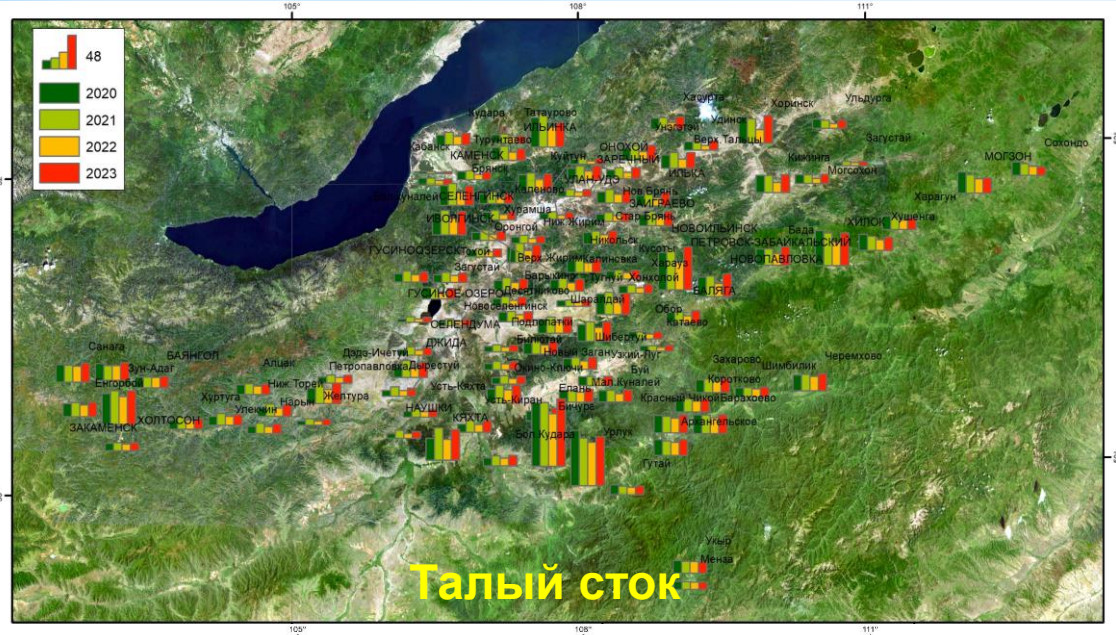


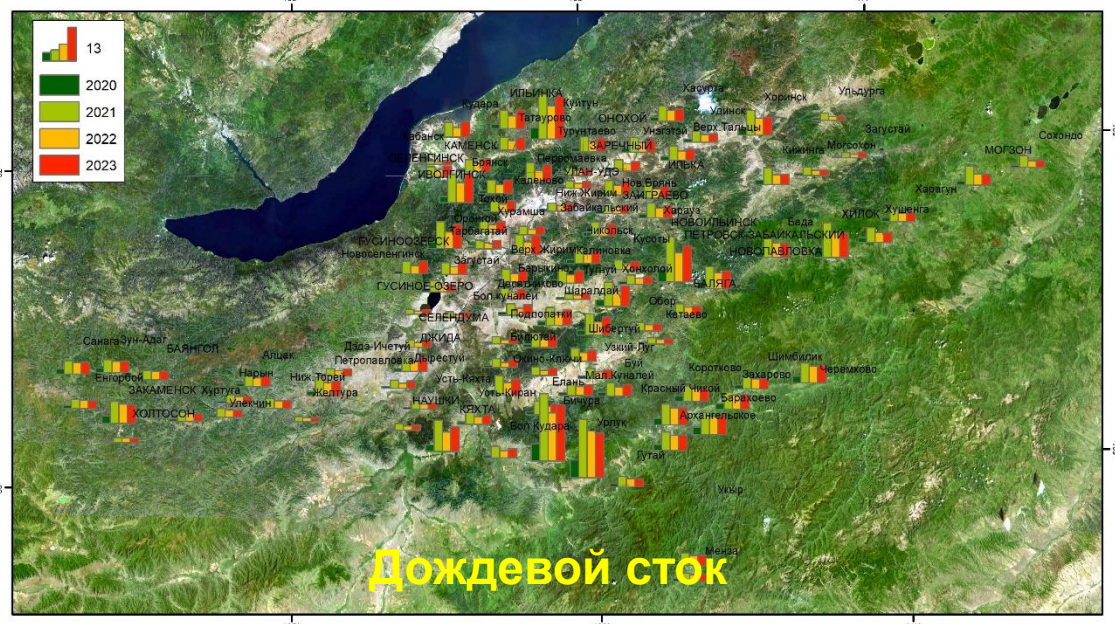
Поступление азота и фосфора
от населенных пунктов в бассейнах рек

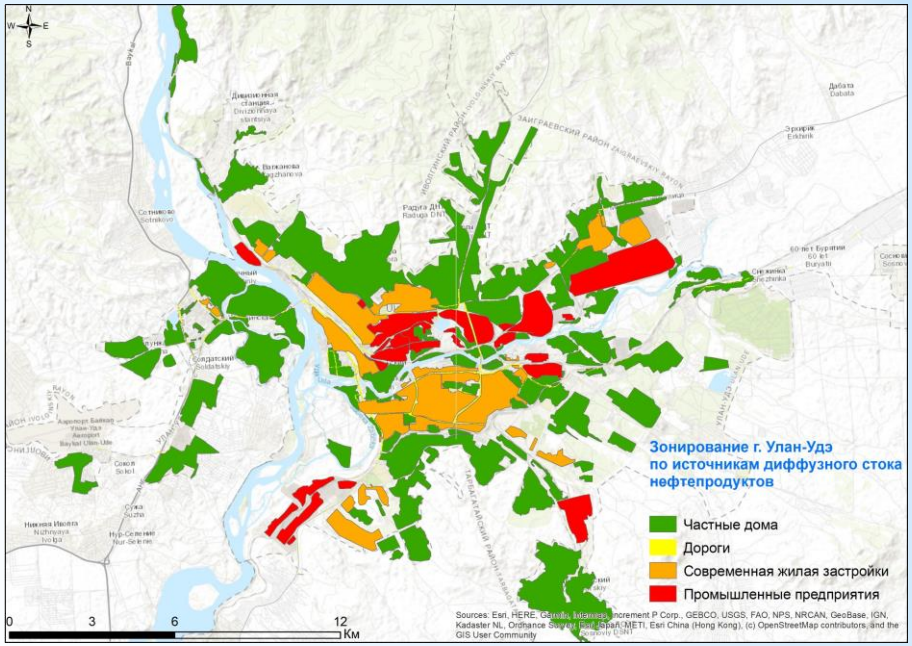
Карта основных источников ЗВ от диффузного стока



Поступление нефтепродуктов с диффузным стоком от населенных пунктов с 2020 по 2023 гг. (расчетный метод)



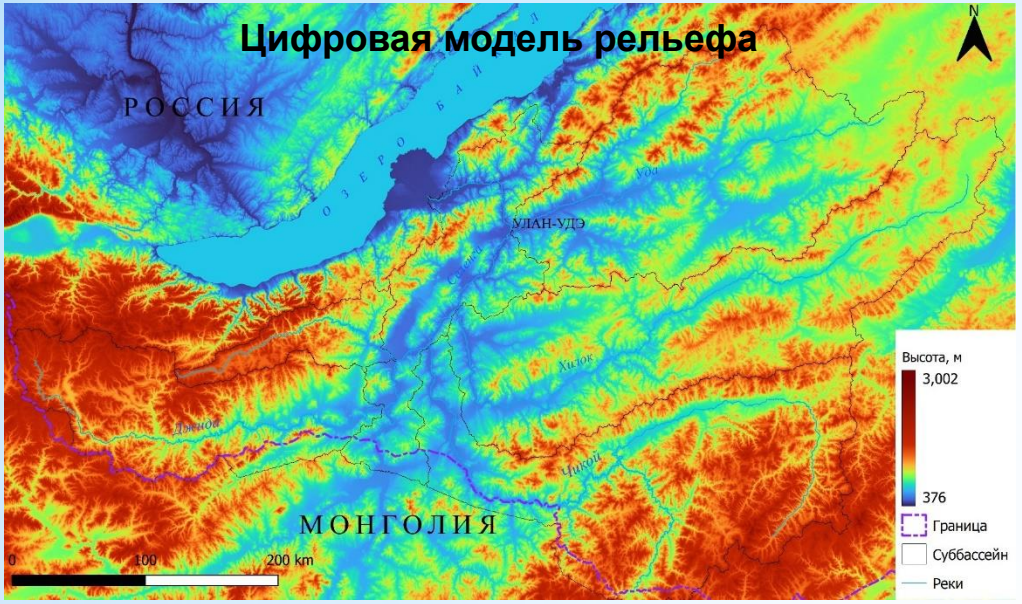




Объемы поступления нефтепродуктов с диффузным стоком от г. Улан-Удэ в среднем составляет 2162 кг/м^3, что многократно превышает объемы поступления от остальных населенных пунктов бассейна р. Селенга и оз. Байкал

Исходные данные для имитационного моделирования диффузного стока (модель SWAT)

Цифровая модель рельефа



Крутизна склонов



Почвенно-растительный покров/землепользование



Погодные данные



Сезонная динамика поступления общего азота с диффузным стоком (по результатам имитационного моделирования)













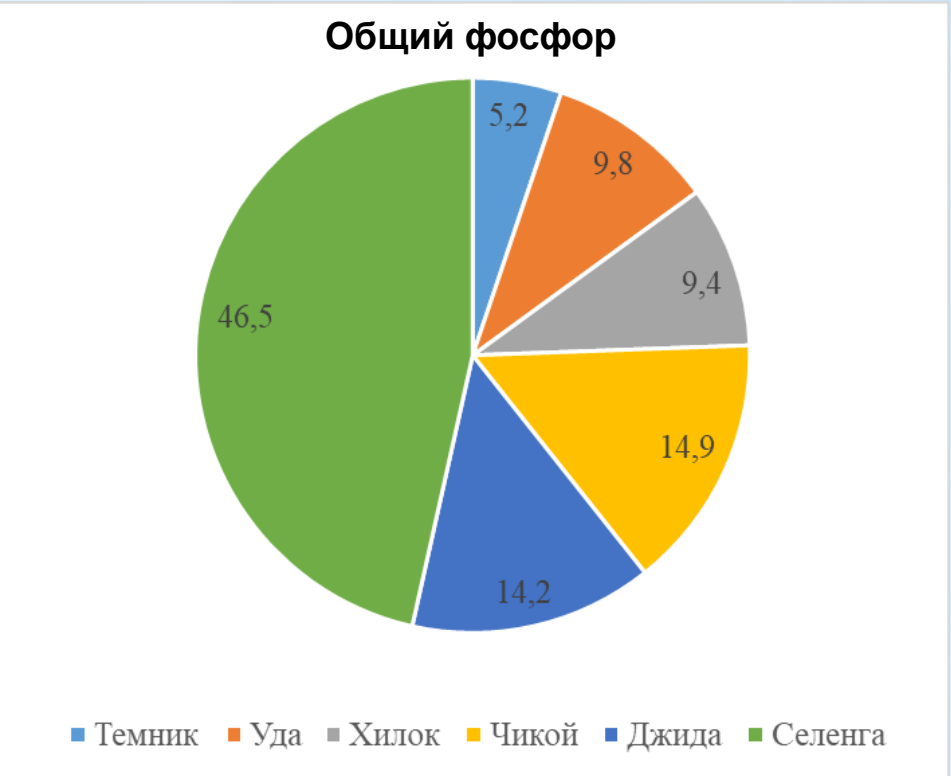


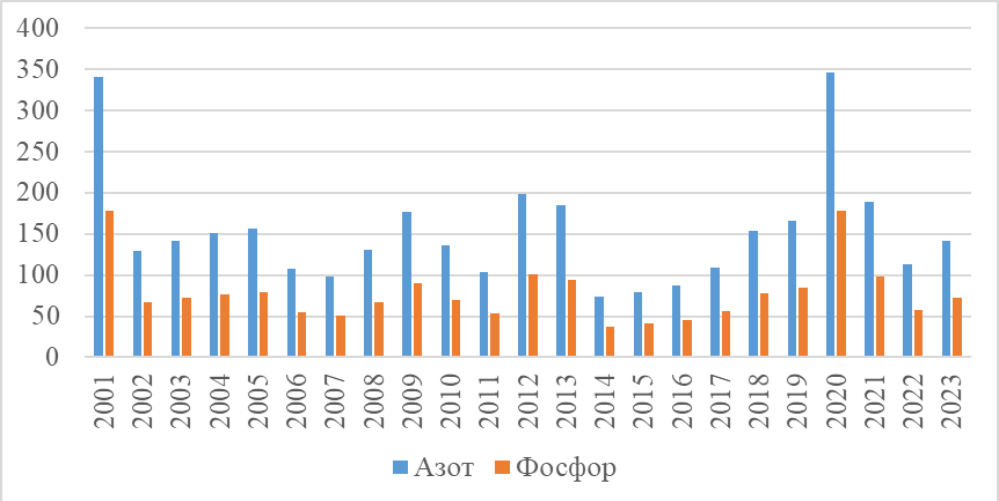


Наибольшее поступление азота и фосфора наблюдается в период снеготаяния в марте-апреле и во время выпадения основного количества жидких осадков в июле-августе.

Вклад поступления общего азота и фосфора с диффузным стоком по подбассейнам (по результатам имитационного моделирования)







Среднегодовое поступление общего азота и фосфора в замыкающем створе р. Селенга составляет 152,8 и 78,4 тыс. т/год, соответственно. Доли вклада по убыванию: центральная часть бассейна р. Селенга, Джида и Чикой, Уда и Хилок, Темник

Многолетняя динамика поступления азота и фосфора имеет взаимосвязь с общей водностью региона. Наименьшие объемы наблюдались в засушливый период 2014-2017 гг.

ВЫВОДЫ

- Определены основные антропогенные факторы влияния на загрязнение водоемов на основе аналитического обзора научных работ, посвященных проблеме диффузного стока с водосборной территории. Факторами, влияющими на поступление загрязняющих веществ с диффузными стоками с промышленных площадок, селитебных и сельскохозяйственных территорий, являются климатические, почвенные, гидрологические, гидрогеологические, агрохимические, агротехнические, биологические и гидромелиоративные. Состав и свойства загрязняющих веществ, зависят от их подвижности, миграции, растворимости и круговорота. К характерным загрязнителям, образующимся в результате вымывания из почв во время таяния снега, выпадения дождей, орошения полей, относятся биогенные элементы, такие как азот и фосфор, участвующие в различных гео- и биохимических циклах и определяющие трофический статус водных экосистем. До настоящего времени в России нет официально утвержденных методов расчета диффузного стока ЗВ.
- Основное количество загрязняющих веществ (нефтепродуктов, тяжелых металлов, биогенных веществ, стойких органических соединений) попадает в водосборный бассейн р. Селенги в составе диффузных стоков от промышленных и сельскохозяйственных предприятий, селитебных территорий, а также коммунально-бытового сектора. Увеличение стока биогенных веществ в р. Селенге наблюдается ниже г. Улан-Удэ, что, в основном, обусловлено как с поступлением недостаточно очищенных сточных вод из городских очистных сооружений, так и с диффузными стоками, поступающих с селитебных территорий, в период паводков.

ВЫВОДЫ

- Существенный вклад в биогенную нагрузку на водосборный бассейн р. Селенги в составе диффузных стоков вносит сельское хозяйство: сельскохозяйственные угодья, засеянные однолетними травами и крупный рогатый скот. Наибольшее количество азота и фосфора поступает в природные воды с площадей, засеянных однолетними травами, доля которых составляет 91% и 74 %, соответственно. Из общего количества поступления азота в водные объекты на долю пшеницы приходится 5,6%, овса-1,3%, ячменя-0,8%, картофеля 0,9%. Биогенная нагрузка по фосфору составила 12,7% на пшеницу, 4,1% - овес, 1,8% - ячмень, 5,1% - картофель. Вклад поголовья сельскохозяйственных животных в общую массу выноса азота составляет 67,5% от крупного рогатого скота, 14,8% от лошадей, 12,9% от овец, 4,8% от свиньей, 0,01% от птиц.
- Разработаны ГИС-базы данных в виде векторных слоев и атрибутивных таблиц, содержащих данные по диффузному стоку. Источником данных послужили результаты моделирования с помощью SWAT (soil and water assessment tool) – гидрологическая модель регионального (бассейнового) масштаба учитывающая погодные условия, поверхностный водный сток, испарение, тип сельскохозяйственных культур, нагрузку удобрениями и пестицидами и др. Площади сельскохозяйственных земель претерпевают существенную динамику, которая была оценена по данным космической съемки за 20-летний период. По данным спутниковых изображений сверхвысокого разрешения выполнено функциональное зонирование наиболее крупного источника (селитебно-промышленный тип) диффузного стока – г. Улан-Удэ. Полученные зоны позволили провести расчет смыва загрязняющих веществ и выявить районы с наиболее интенсивным их поступлением в водотоки. В результате оверлейных операций получена серия карт, отображающих объемы диффузного стока различных загрязняющих веществ. База данных зарегистрирована в Роспатенте.

Публикации по результатам Гранта

1. Гармаев Е.Ж., Ульзетуева И.Д., Ширапова Г.С. Оценка биогенной нагрузки в результате сельскохозяйственной деятельности в российской части бассейна реки Селенги / Мат-лы I Белорусского географического конгресса. Мат-лы конгресса к 90-летию факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета и 70-летию Белорусского географического общества. Минск, 2024. С. 55-57. https://elib.bsu.by/handle/123456789/310899
2. Гармаев Е.Ж., Ульзетуева И.Д., Ширапова Г.С. / Garmaev E.Zh., Ulzetueva I.D., Shirapova G.S. Определение загрязняющих веществ в источниках диффузных стоков водосборной территории Р. Селенги (в пределах РФ) / Determination of pollutants in sources of diffuse runoff in the Selenga River catchment area (within the Russian Federation) / Степи Северной Евразии: материалы X международного симпозиума / под научной редакцией академика РАН А.А. Чибилёва. – Оренбург: ИС УрО РАН, 2024. с. 267-269
3. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024622589 Российская Федерация. Геоинформационная база данных оценок поступления загрязняющих веществ с диффузным стоком в бассейне оз. Байкал: № 2024622232/69 : заявл. 31.05.2023 : опубл. 14.06.2024 / Е. Ж. Гармаев, И. Д. Ульзетуева, Г. С. Ширапова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук.

Основные картографические результаты работы также представлены в веб-ГИС по адресу https://gis.flexatel.xyz/viewer/a66eb1f6-e16f-4c2f-81e7-838b43e2389c.



Спасибо за внимание!