

# Космический мониторинг и оценка экологической ситуации в ликвидированном Кизеловском угольном бассейне



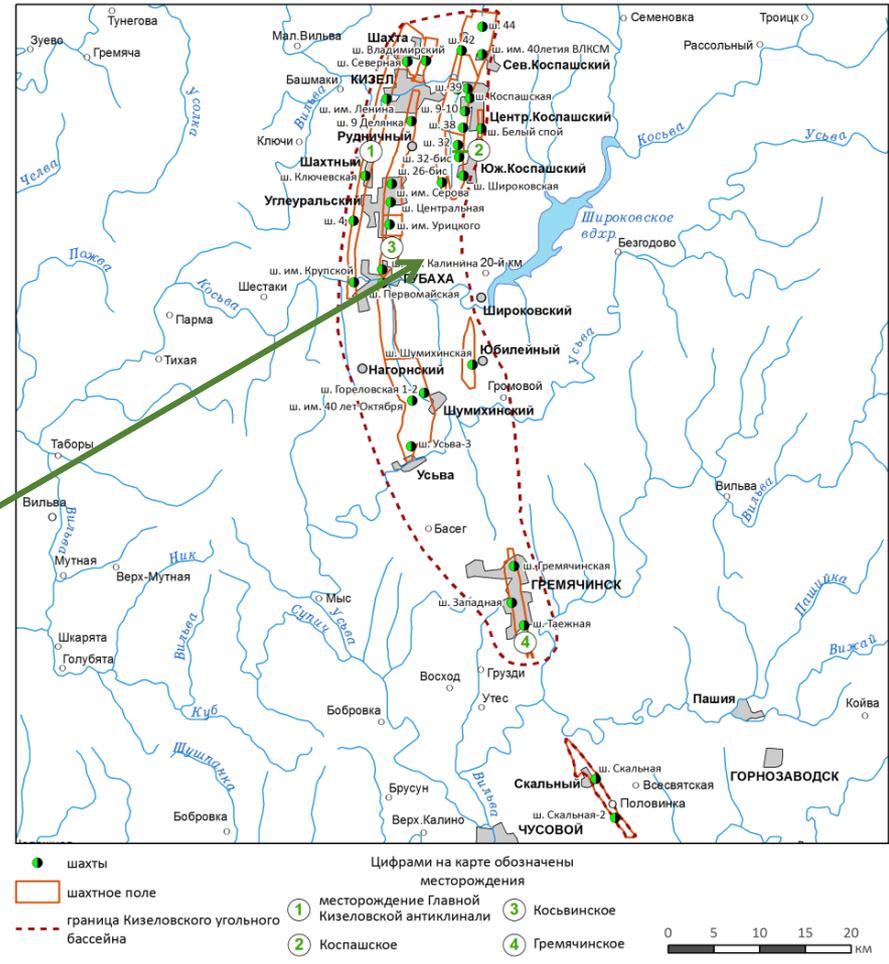
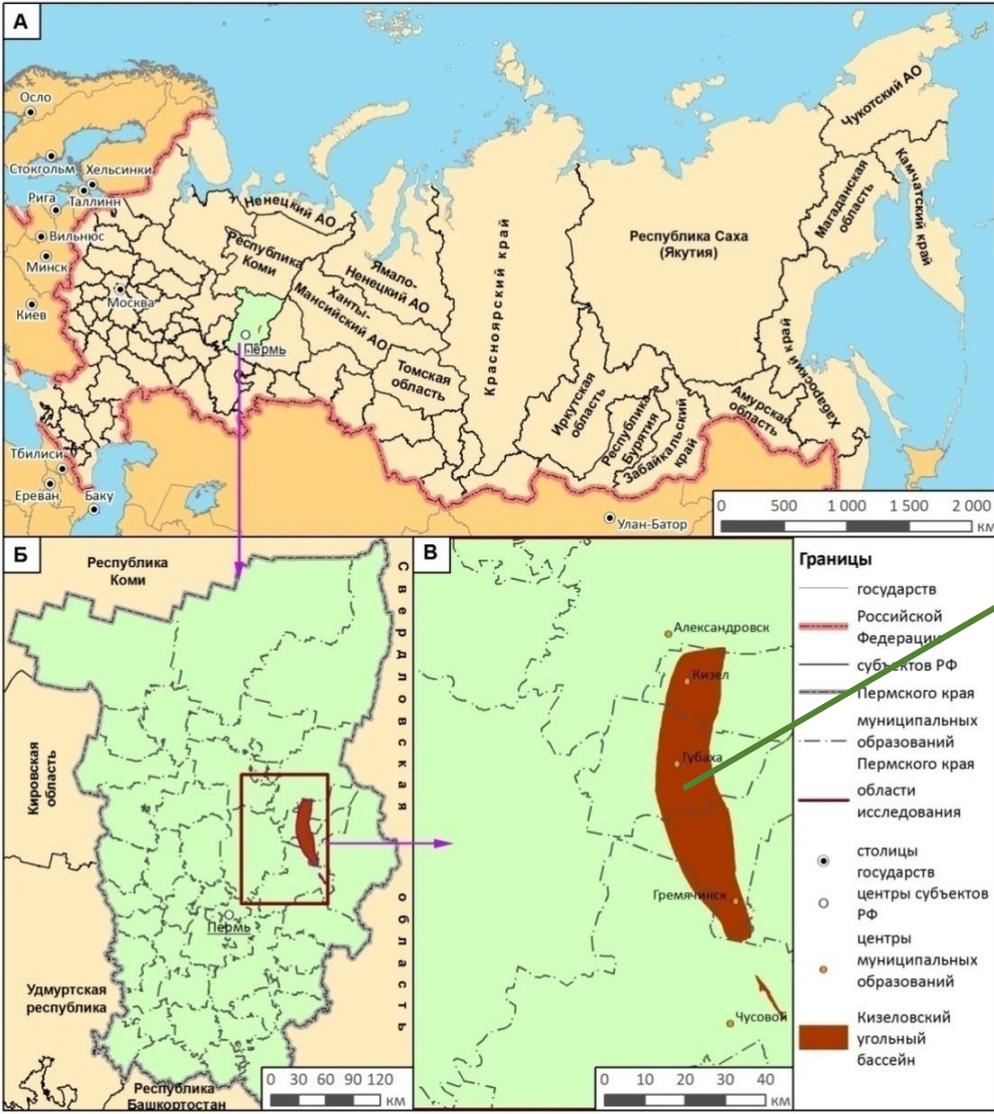
Н.С., Естественнонаучного института  
Пермского государственного  
национального исследовательского  
университета

**Березина Ольга Алексеевна,**  
**Шихов А.Н.,**  
**Абдуллин Р.К.**

Проект поддержан грантами  
РФФИ-р № 17-45-590793, РФФИ-РГО № 17-05-41114

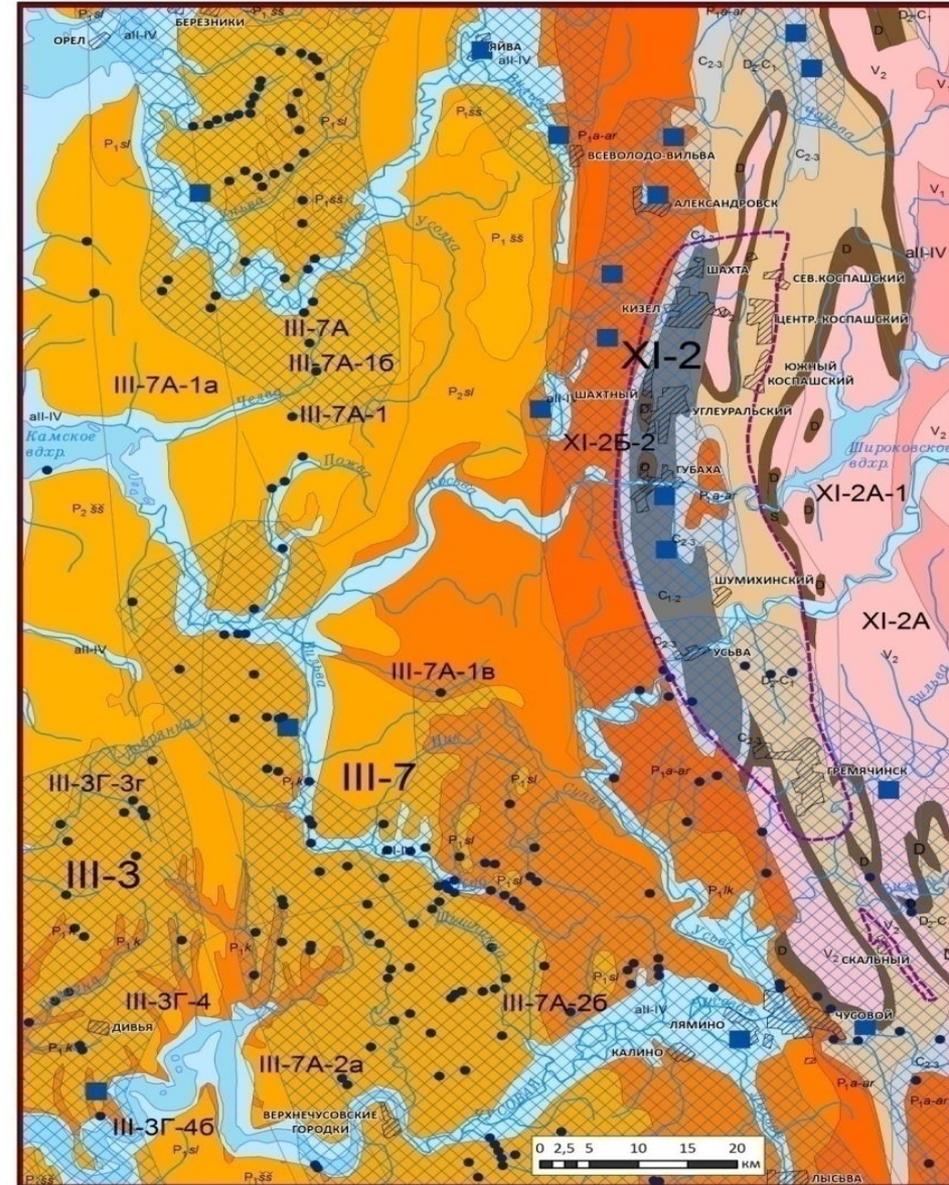


# Кизеловский угольный бассейн



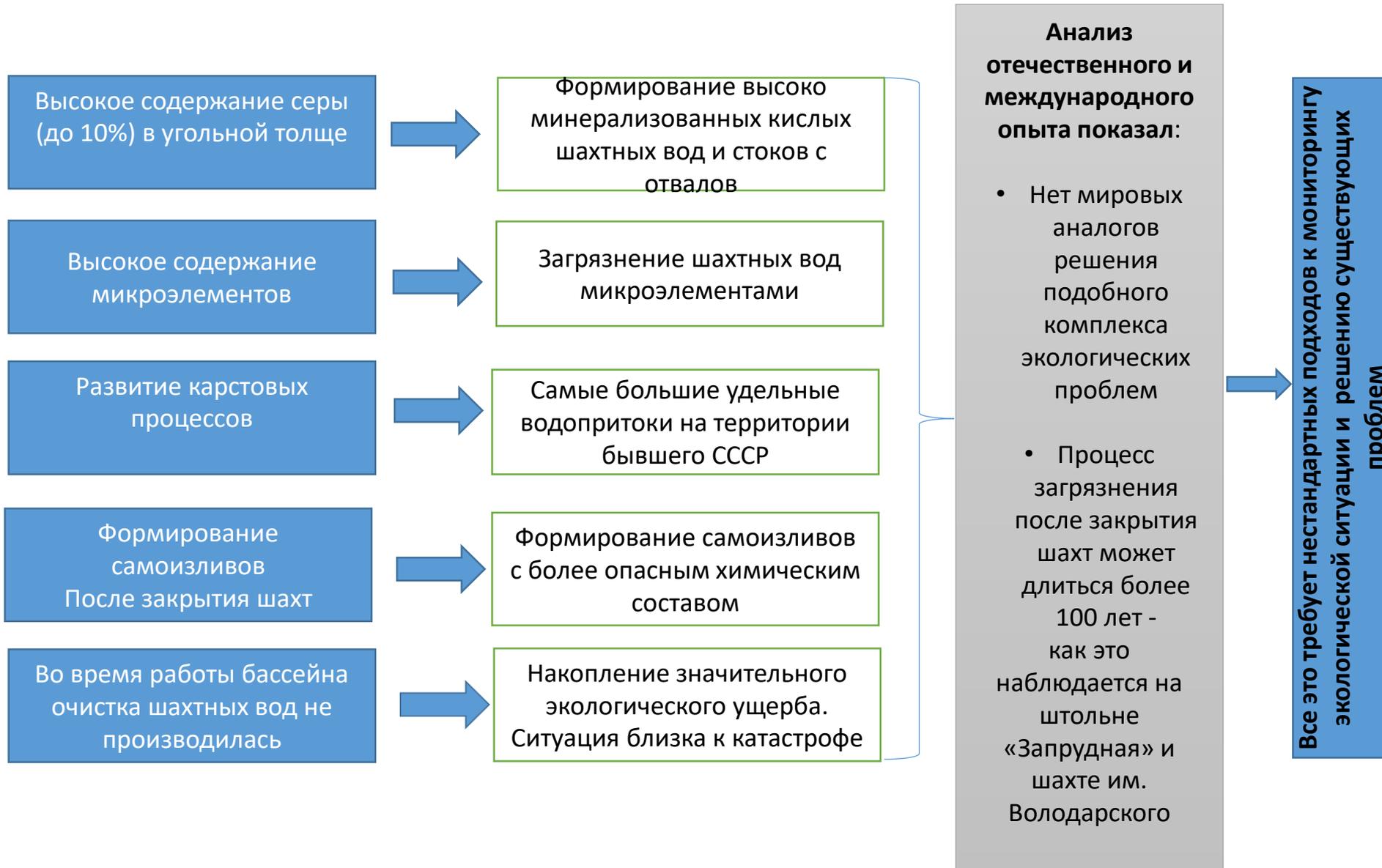
# Характеристика Кизеловского угольного бассейна

Начало добычи	1796 г.
Закрытие бассейна	1996-2000 годы
Площадь	1500 км <sup>2</sup>
Запасы	222, 6 млн. т - государственный резерв, 1,06 млрд. т. - общие запасы (по подсчетам 1956 г.)
Тип угля	Длиннопламенны, газовые и жирные
Разрабатываемые геологические отложения	Углиносная толща визейского яруса нижнего карбона
Содержание серы	3 – 6%



Фрагмент геологической карты территории Кизеловского угольного бассейна

# Причины экологических проблем КУБа



# 1. Изливы шахтных вод и загрязненные родники



## 18 изливов шахтных вод

- Средний объем последние годы **15-25** млн. м<sup>3</sup>/год,
- объем до закрытия шахт **100** млн. м<sup>3</sup>/год
- объем в аномальном 2015 г. **75** млн. м<sup>3</sup>/год
- значение pH **2,3 – 4,5**,
- содержание железа **до 16 000** ПДК,
- алюминия **до 1000** ПДК,
- марганца **2 000** ПДК,
- некоторые тяжелые металлы **10 и более** ПДК
- минерализация **до 2 200** ПДК.

Основные источники загрязнения



Излив шахты им.Калинина (бассейн р.Косьва)



Река Большой Кизел районе изливов шахты им. Ленина (бассейн р.Яйвы)

## 2. Стоки породных отвалов



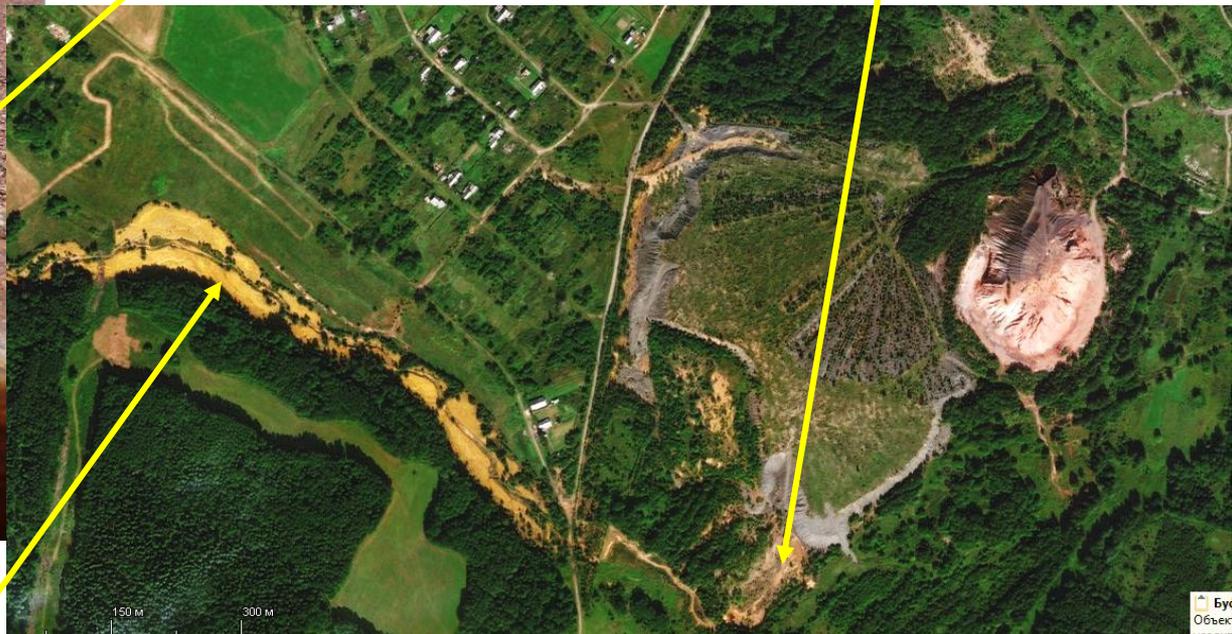
- Более 100 отвалов объемом свыше **35 млн. м<sup>3</sup>**
- суммарный стоков с отвалов **32,3 м<sup>3</sup>/час**
- рН **2,3 – 3,7**,
- сухой остаток до **32,6 г/ дм<sup>3</sup>**
- В результате угледобычи площадь нарушенных земель составляет не менее **500 га**
- Стоки с отвалов составляют около **5%** от общего поступления загрязняющих веществ из ликвидированных шахт



Стоки с отвалов шахты им. 40 лет Октября



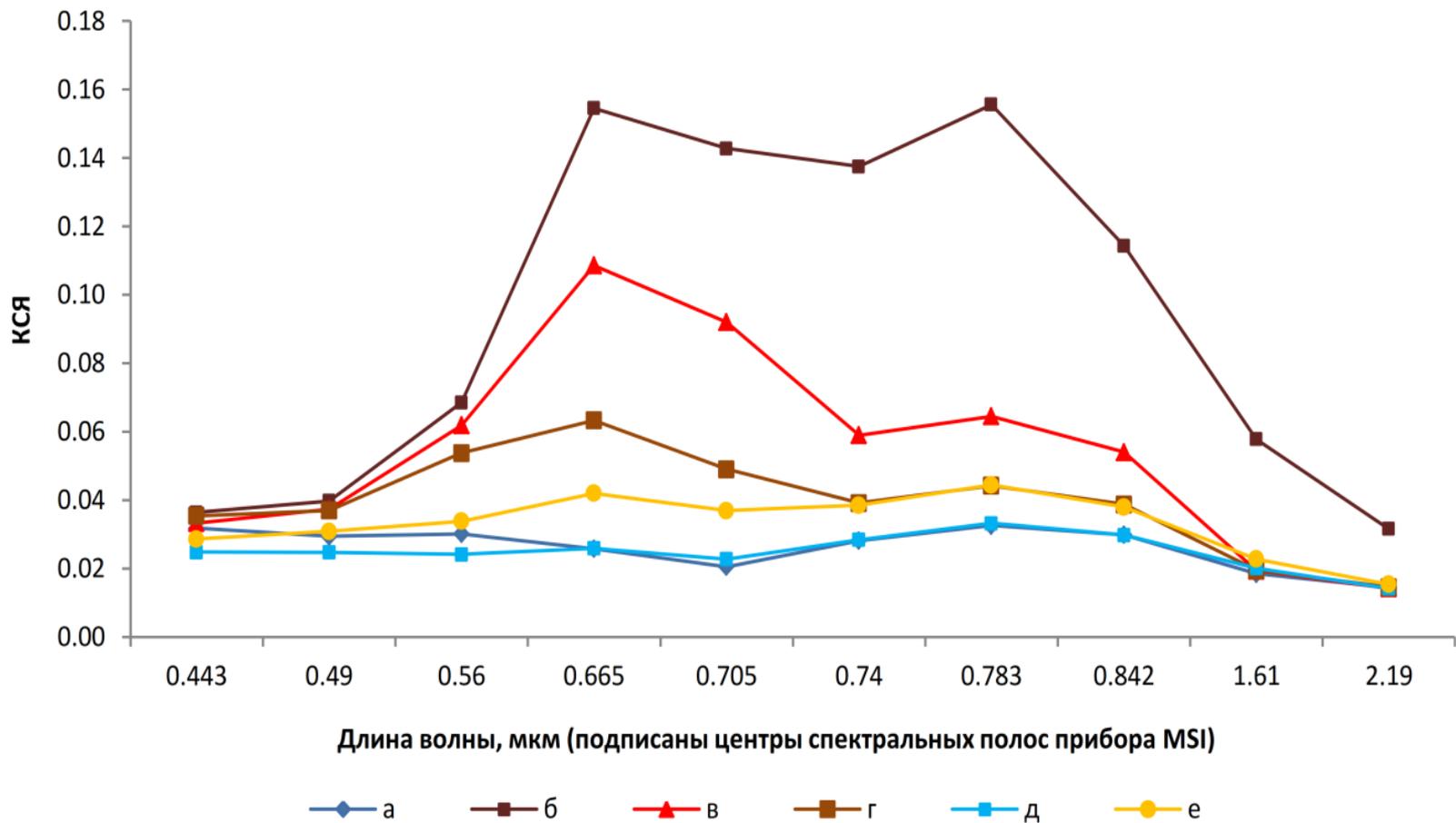
Стоки с отвала шахты Северная (pH 2-3)



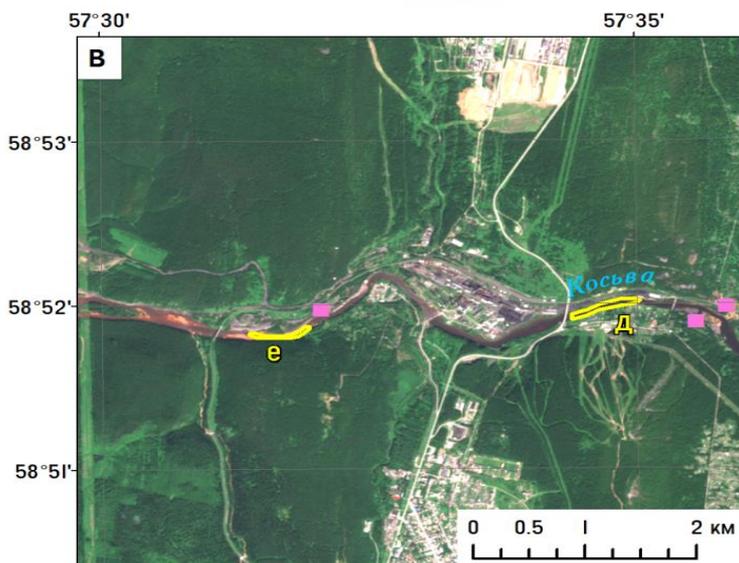
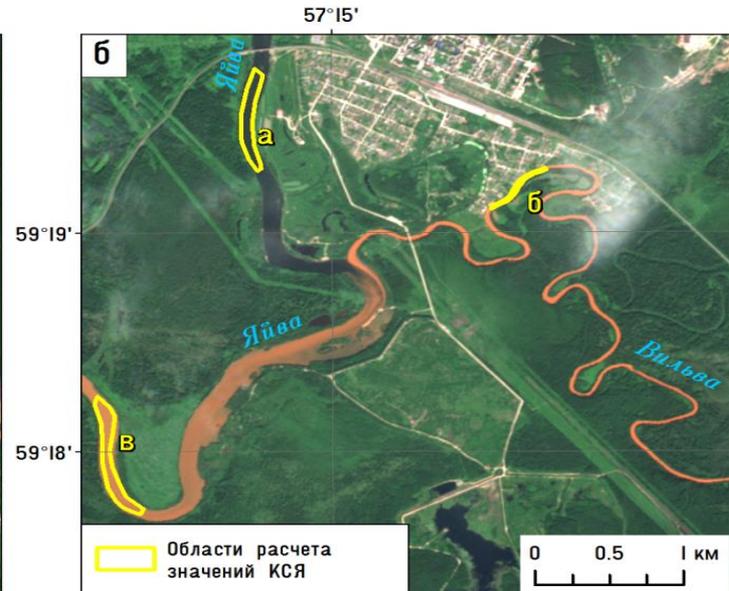
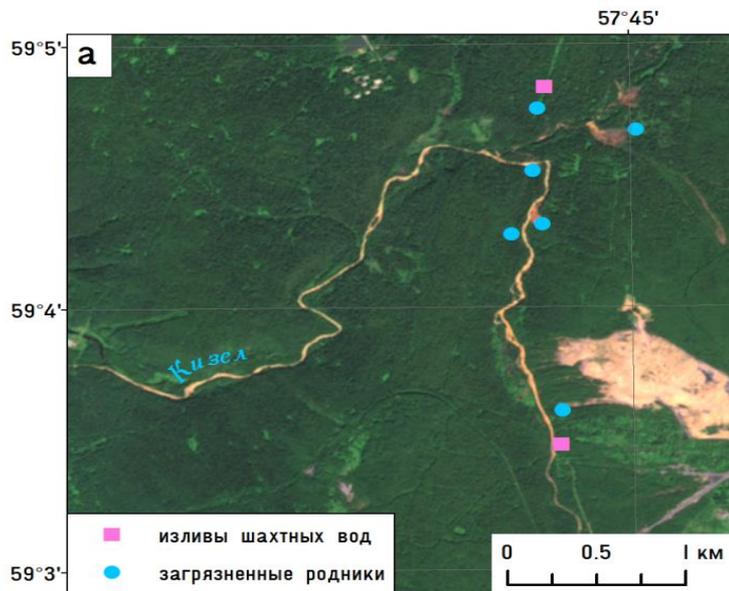
Долина р.Вязцер

## Исходные материалы:

- **спутниковые снимки** Landsat TM, ETM+ и OLI (за 1987–2017 гг.), а также Sentinel-2 MSI (за 2016–2017 гг.)
- результаты **гидрохимического мониторинга** за 2006–2017 гг., предоставленные Уральским центром социально-экологического мониторинга углепромышленных территорий. Отбор проб производился по 4–6 раз в год в течение теплого периода



Значения КСЯ водных объектов на территории Кизеловского угольного бассейна, по материалам съемки 18.07.2017 г. спутником Sentinel-2 MSI: а) – р. Яйва выше устья р. Сев. Вильва; б) – р. Сев. Вильва вблизи впадения в р. Яйву; в) – р. Яйва ниже впадения р. Сев. Вильва; г) – р. Яйва у пос. Усть-Игум; д) – р. Косьва выше г. Губаха; е) – р. Косьва ниже г. Губаха



## Загрязнение рек кислыми шахтными водами на территории Кизеловского угольного бассейна

(по снимку Sentinel-2 за 18.07.2017 г. в естественных цветах):

- а) – поступление загрязненных вод в р. Кизел; б) – место впадения р. Северной Вильвы в р. Яйву
- в) – поступление загрязняющих веществ в р. Косьву в черте г. Губаха
- г) – поступление загрязненной воды в Косьвинский залив Камского водохранилища

Для оценки степени загрязнения поверхностных вод производился расчет индекса, характеризующего спектральные свойства кислых шахтных вод (**Acid Mine Water Index, AMWI**) по формуле:

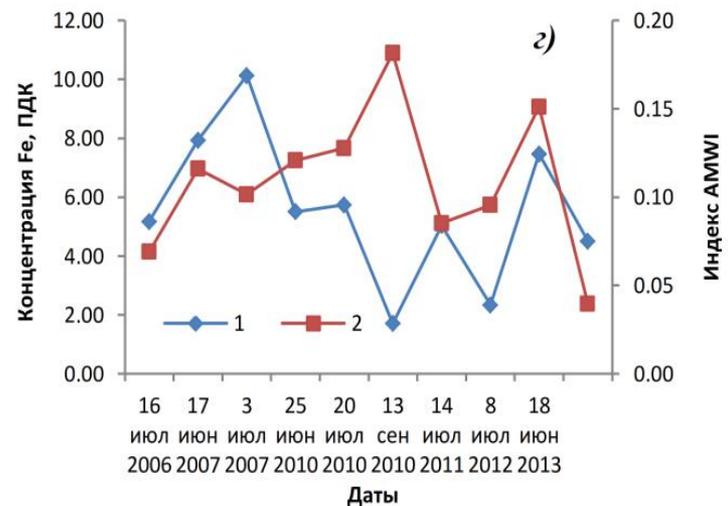
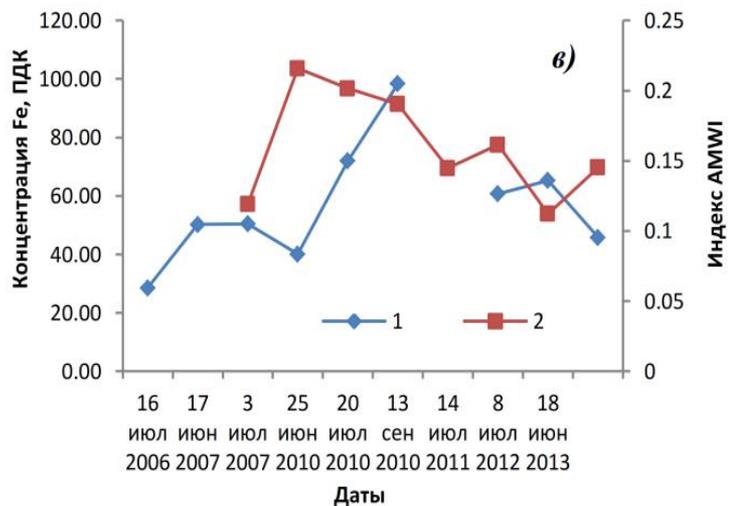
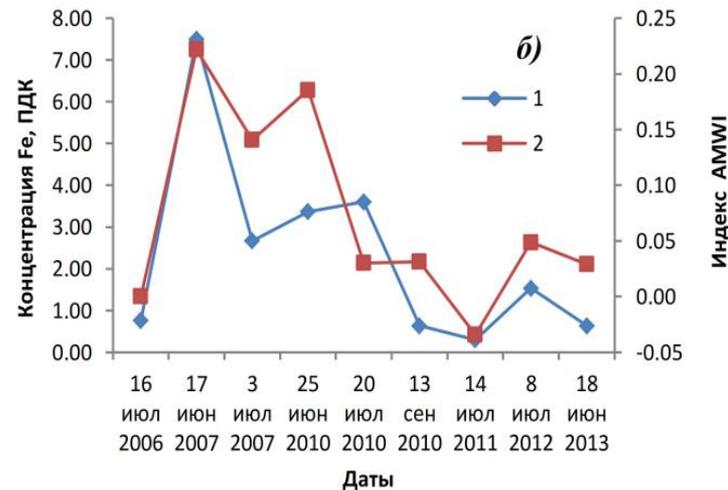
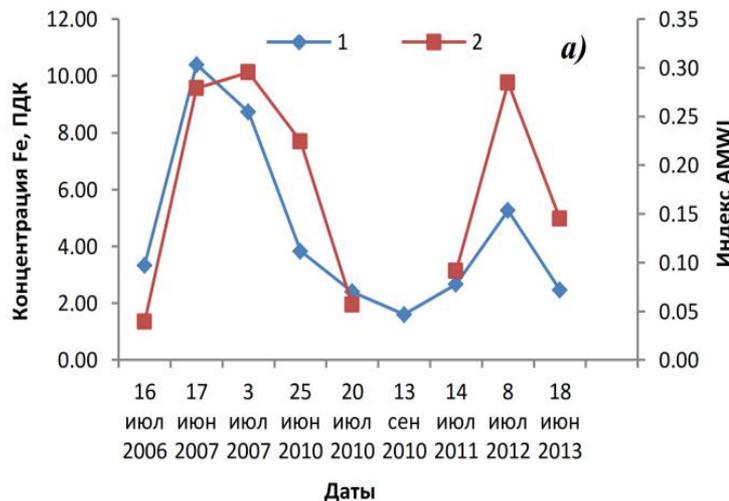
$$AMWI = \frac{Red - Blue}{Red + Blue}$$

где **Red** – КСЯ в красном канале (длина волны для данных Landsat – от 0,63 от 0,69 мкм, для данных Sentinel-2 – от 0,645 до 0,683 мкм),

**Blue** – КСЯ в синем канале (для данных Landsat – от 0,45 от 0,52 мкм, для данных Sentinel-2 – от 0,448 до 0,545 мкм).

## Результаты расчета разности индекса AMWI между загрязненным и условно чистым водным объектом по данным Landsat и Sentinel-2 за 1987–2017 гг.

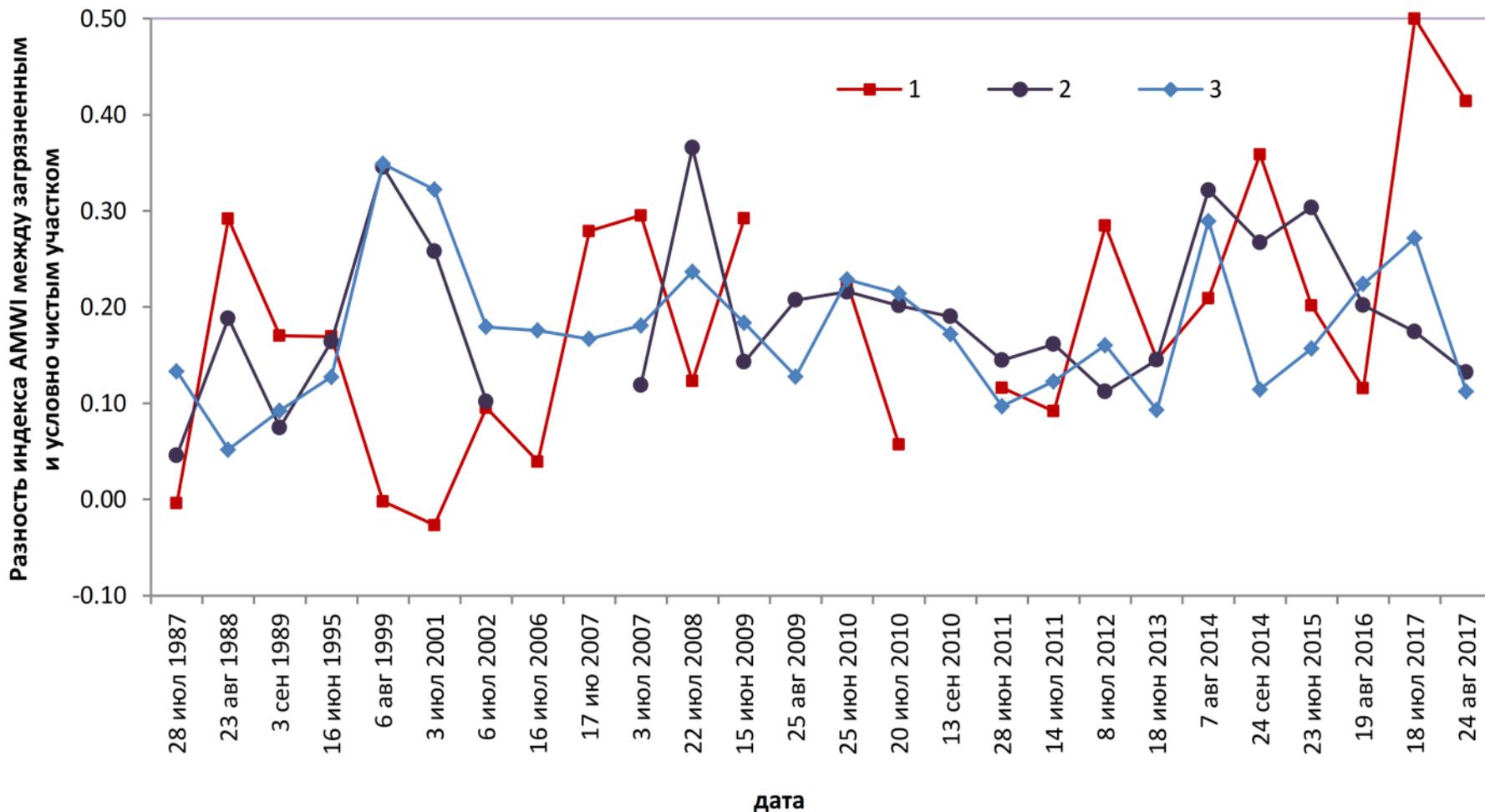
Название участка акватории	Средняя, медианная и максимальная концентрация Fe в воде (в долях от ПДК) за 2006–2013 гг.	Разность индекса AMWI между загрязненной и условно чистой акваторией			
		Количество снимков (объем выборки)	Среднее/медиана	Максимум (дата)	Минимум (дата)
Залив р. Косьвы	Нет данных	22	0.03/0.04	0.12 (06.08.1999)	-0.05 (23.08.1988)
р. Яйва ниже впадения р. Вильвы	5.6/3.6/18.2	24	0.19/0.17	0.50 (18.07.2017)	-0.03 (03.07.2001)
р. Яйва вблизи устья	2.9/1.7/10.3	23	0.08/0.06	0.22 (17.06.2007)	-0.03 (14.07.2011)
р. Косьва вблизи г. Губахи	58.6/50.4/123.4	24	0.19/0.18	0.37 (22.07.2008)	0.05 (28.07.1987)
р. Косьва вблизи с. Перемское	9.4/9.5/15.2	26	0.18/0.17	0.35 (06.08.1999)	0.05 (23.08.1988)
р. Косьва вблизи устья	6.5/6.6/13.9	26	0.13/0.13	0.28 (18.07.2017)	0.00 (23.08.1988)



Сопоставление результатов измерений концентрации Fe в воде (1) с рассчитанными по снимкам Landsat значениями индекса AMWI за 2006–2013 гг (2):

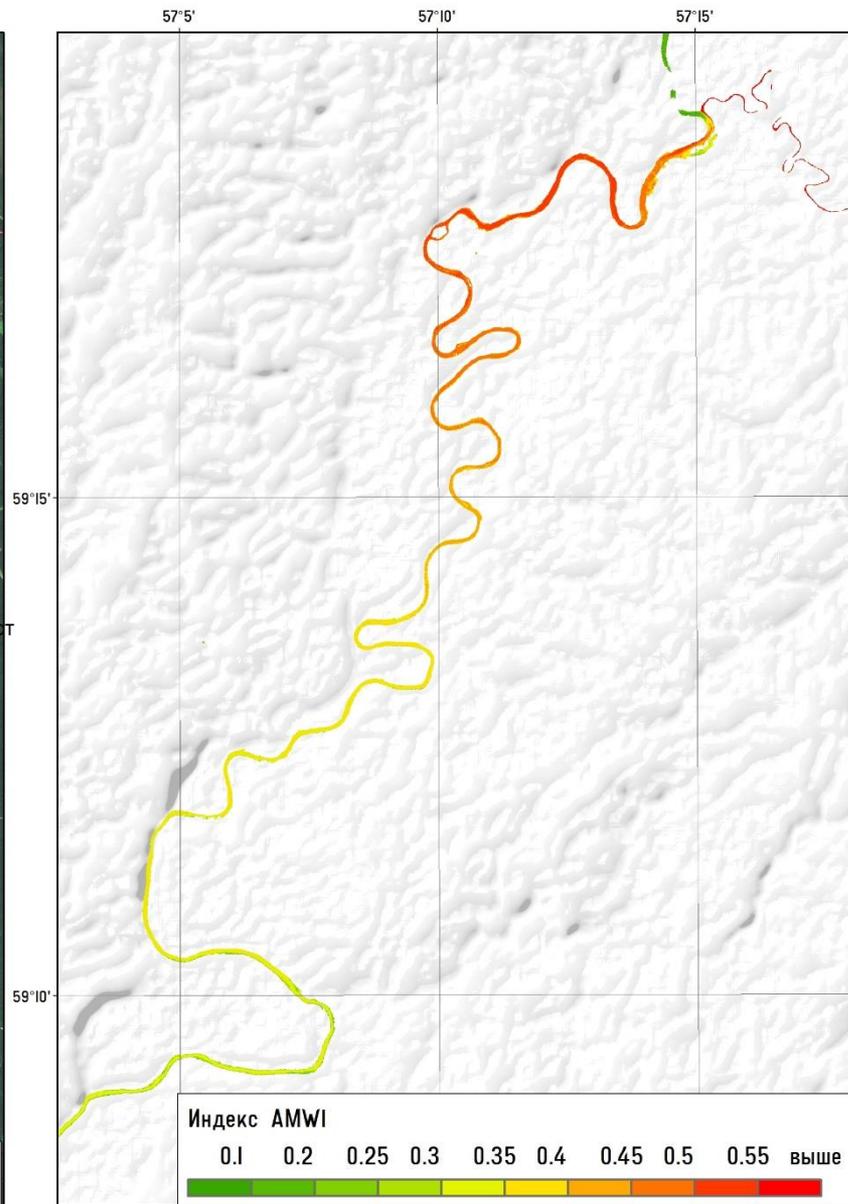
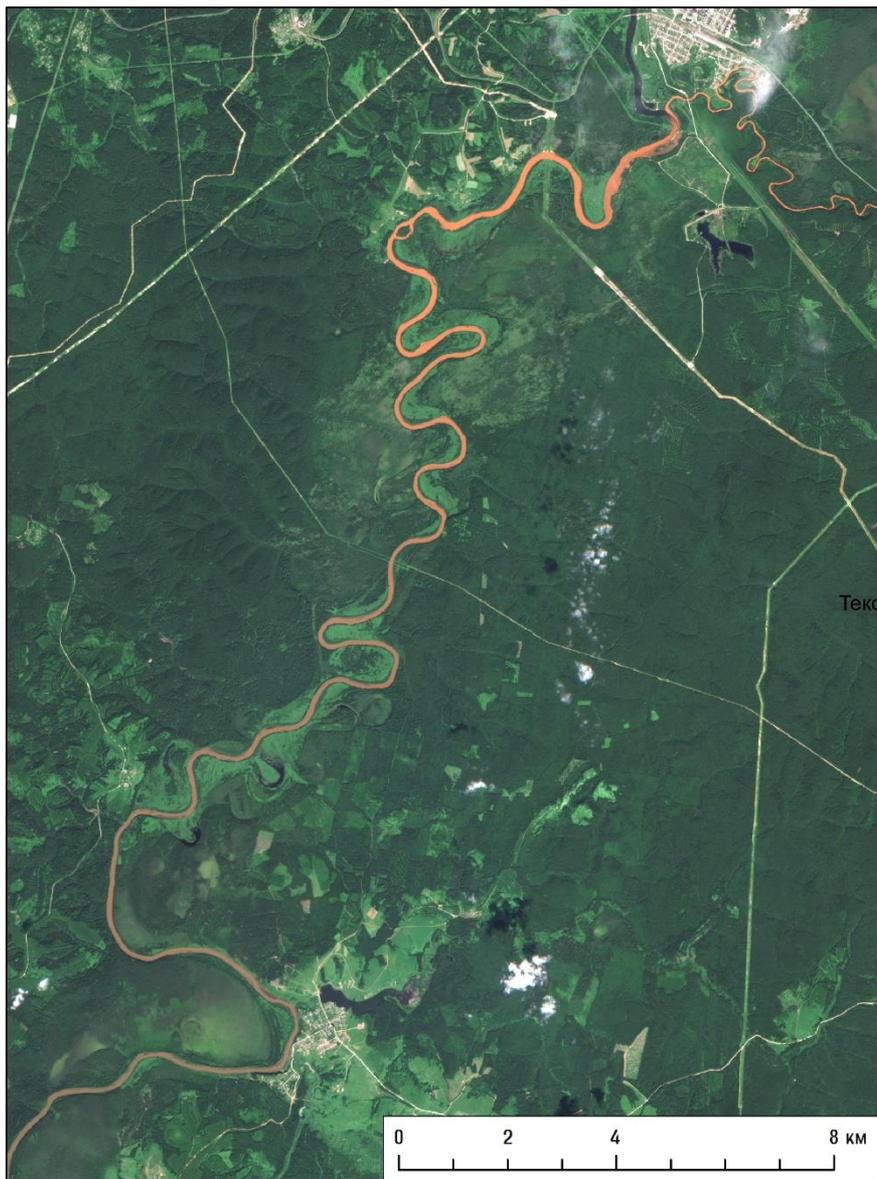
а) – р. Яйва ниже впадения р. Вильвы; б) – р. Яйва вблизи устья; в) – р. Косьва у г. Губахи;

г) – р. Косьва вблизи устья

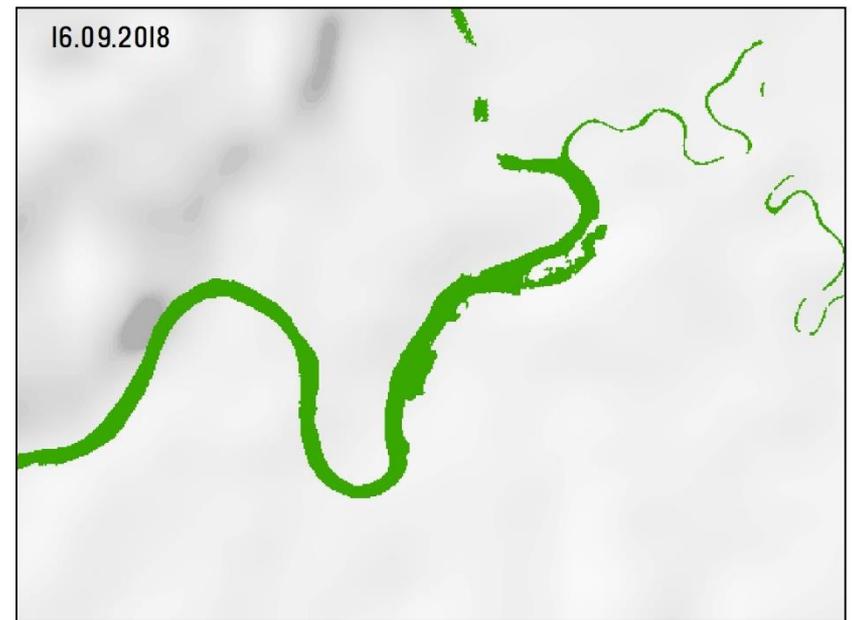
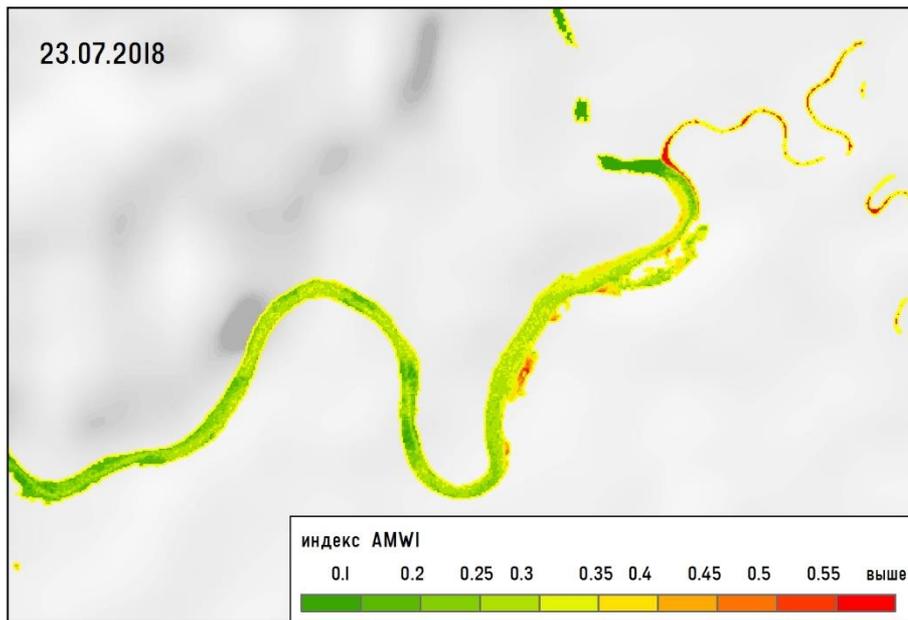
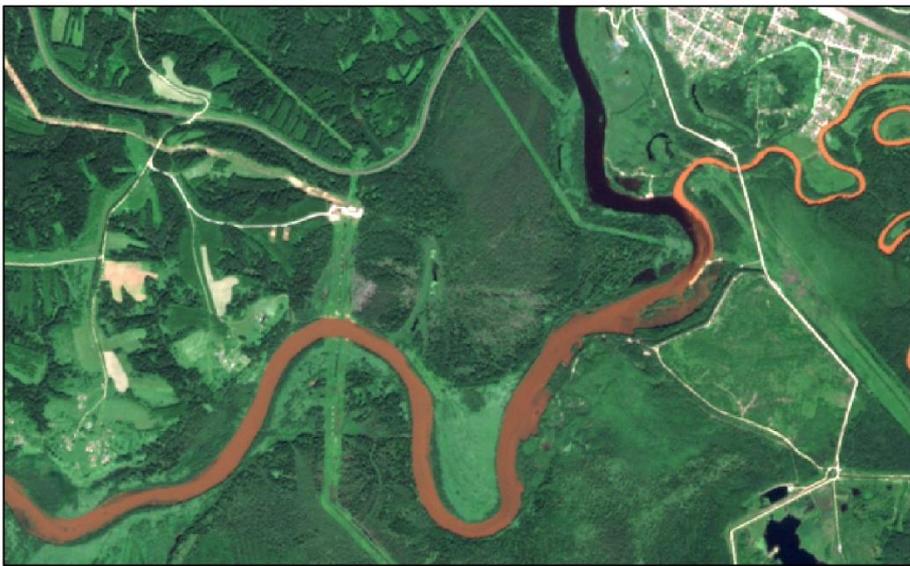


Динамика индекса AMWI, рассчитанного по снимкам Landsat за период 1987–2017 гг. для трех участков р. Яйвы и р. Косьвы

1 — р. Яйва ниже впадения р. Вильва; 2 — р. Косьва вблизи г. Губаха;  
3 — р. Косьва у с. Перемское



Изменение индекса AMWI по длине р. Яйвы за 18.07.2017 г.



Изменение индекса AMWI по длине р. Яйвы за 23.07.2017 г. и 16.09.2018 г.

# Выводы

1. Многолетние ряды спутниковых данных могут рассматриваться как элемент системы экологического мониторинга в угледобывающих районах
2. Наиболее информативными для оценки загрязнения поверхностных вод является разность яркости в синем и красном диапазонах спектра – индекс AMWI
3. Выявленные изменения значений индекса соответствуют имеющимся данным об интенсивности поступления шахтных вод в реки в 1990-е и 2000-е гг.
4. Сравнение значений индекса с результатами измерения концентрации Fe было проведено на ограниченной выборке данных. Несмотря на это, при отсутствии влияния искажающих факторов оно показывает наличие статистически значимой корреляции
5. подтвержден факт отсутствия корреляции между значениями AMWI на реках Яйве и Косьве, что обусловлено существенными различиями в режиме поступления шахтных вод в эти реки в течение исследуемого периода
6. К ограничениям использованной методики оценки загрязнения воды по спутниковым данным можно отнести низкое пространственное разрешение снимков Landsat (30 м)

# ГИС Кизеловский угольный бассейн: опыт создания открытых информационных ресурсов

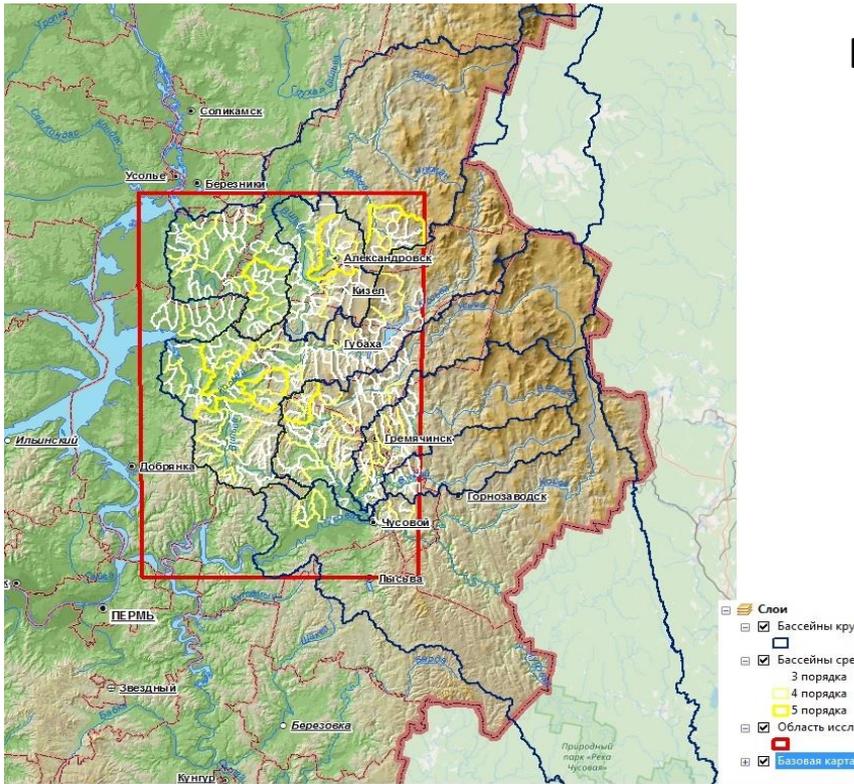
**Цель:** создание типового открытого WEB-картографического сервиса (геопортала) на базе бассейновой ГИС для комплексной оценки состояния окружающей среды в угледобывающих районах РФ с высокой антропогенной нагрузки (на примере Кизеловского угольного бассейна)

## **Задачи:**

- Инвентаризация источников негативного воздействия, включая изливы шахтных вод, породные отвалы, выходы загрязненных подземных вод.
- Выявление закономерностей пространственно-временной динамики объемов поступления, концентраций загрязняющих веществ, трансформации их в природной среде (разбавления, осаждения). Расчет объемов загрязненных донных отложений и их пространственного распределения.
- Оценка вклада вторичного загрязнения в формирование экологической ситуации в настоящее время и в перспективе.
- Интегральная количественная оценка и картографирование экологического состояния территории на основе разработанных критериев комплексной оценки районов с критической техногенной нагрузкой.
- Прогноз состояния природных комплексов в пределах Кизеловского угольного бассейна. Выявление участков, подверженных критическому загрязнению, на основе тематического дешифрирования данных космической съемки.
- Планирование мероприятий по улучшению экологического состояния окружающей среды, в частности выбор наиболее эффективных методов рекультивации и участков для их реализации.

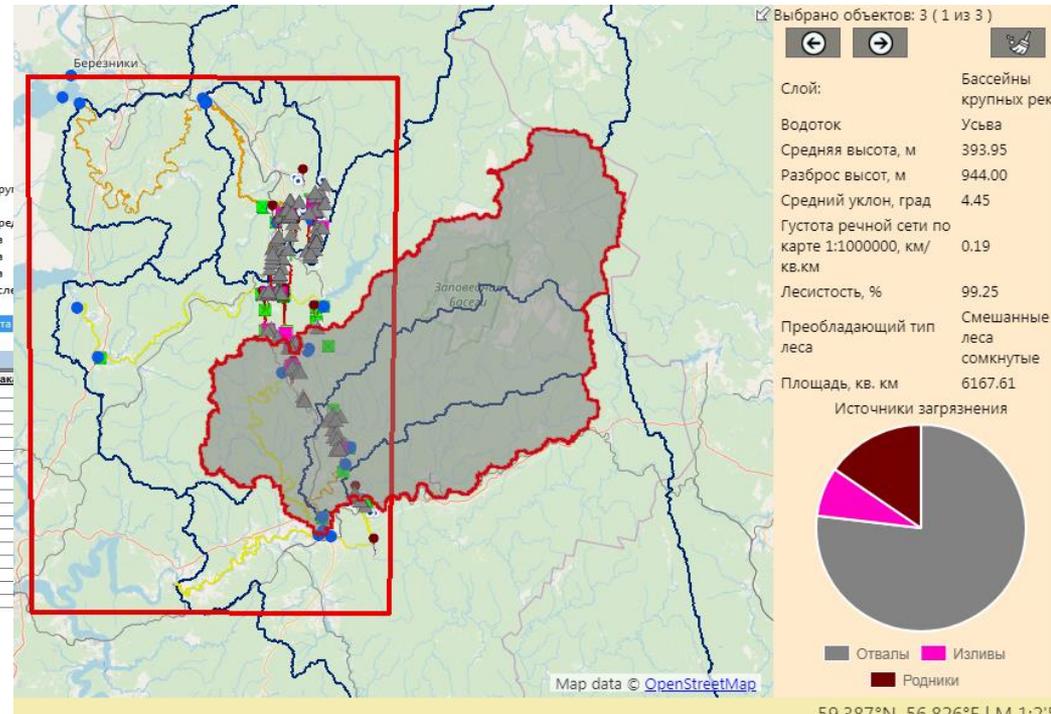
# Модель водосборного деления территории исследования

Выделено 233 водосбора средних и малых рек, а также 7 бассейнов крупных рек (Чусовой, Яйвы, Косьвы, Усьвы, Вижая, Северной и Южной Вильвы). Определены все основные гидрографические характеристики рек исследуемой территории и их порядки.



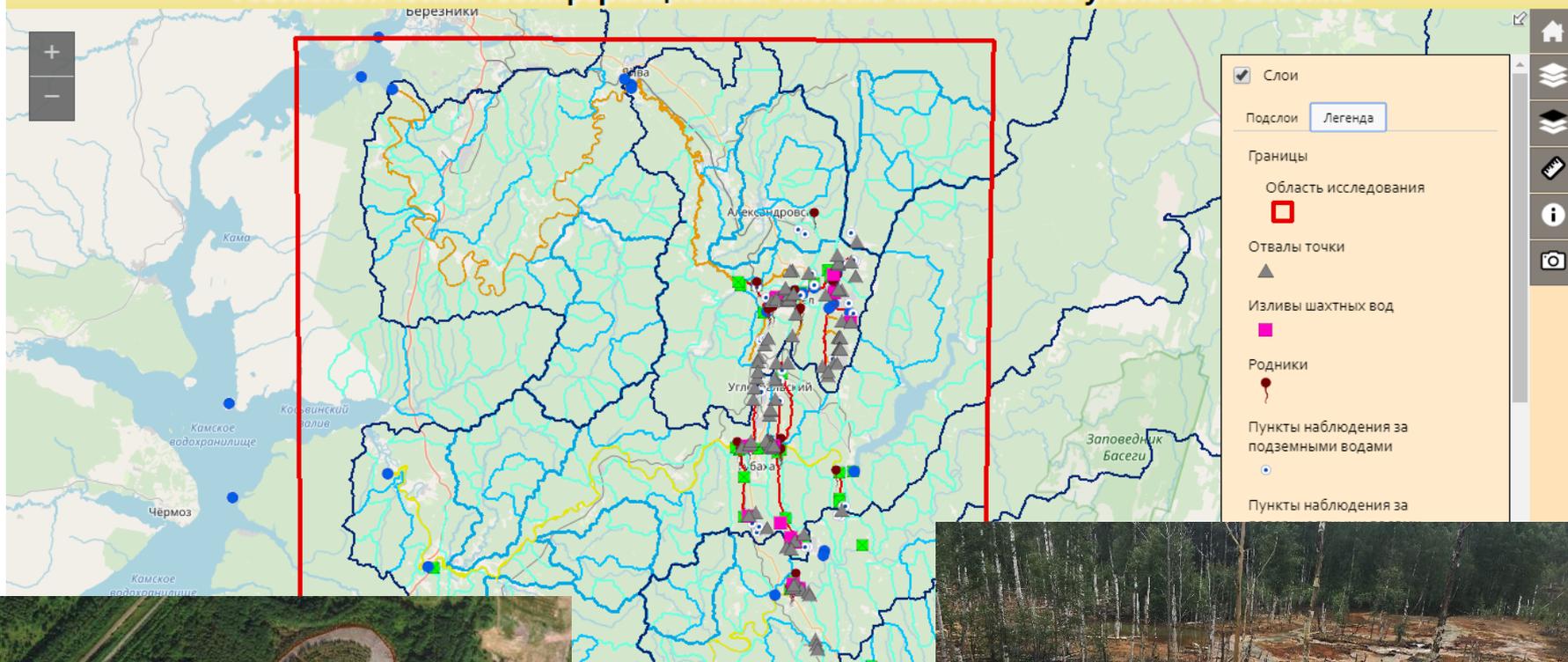
Бассейны средних и малых рек

Наиме	Средняя высота (м)	Разброс высот (м)	Средний уклон (град)	Густота речной сети	Лесистость, %	Озерность, %	Заг
Абла	266,9985	217,1694	5,116937	0,541696	92,41	0	
Адамовский Родник	162,3578	64,5658	2,19481	0,016587	100	0	
Архиповка	256,4836	259,6777	6,626842	0,8724	87,53	0	
Базаниха	135,5747	76,61852	1,654866	0,025169	81,28	0	
Баркос	223,8428	131,5476	3,786586	0,998909	98,57	0	
Безымянная	138,6059	85,40919	1,214193	0,70396	99,53	0,65	
Беля	240,4237	221,4591	8,09651	0,891735	97,91	0	
Березовка	198,0784	106,7214	3,230564	1,267495	99,53	0	
Березовка	183,6203	181,2478	3,034565	0,767549	96,85	0	
Берестянка	334,8422	347,3777	4,563601	0,619864	91,79	0,01	
Блюва	300,7564	215,8106	6,14849	0,585715	96,62	0	
Борбровка	184,3517	164,2474	3,080629	1,027052	99,98	0	
Бол. Березовка	226,8798	221,0242	5,492649	1,143754	100	0	
Бол. Горелка	292,4001	226,2891	8,056403	1,133716	100,06	0	
Бол. Гремляча	340,6334	312,7136	4,78746	0,499152	72,35	0	
Бол. Еремемиха	182,9671	145,1014	3,553342	1,333846	100	0	
Бол. Кизел	347,5443	380,1763	4,184527	0,444443	72,9	0,01	

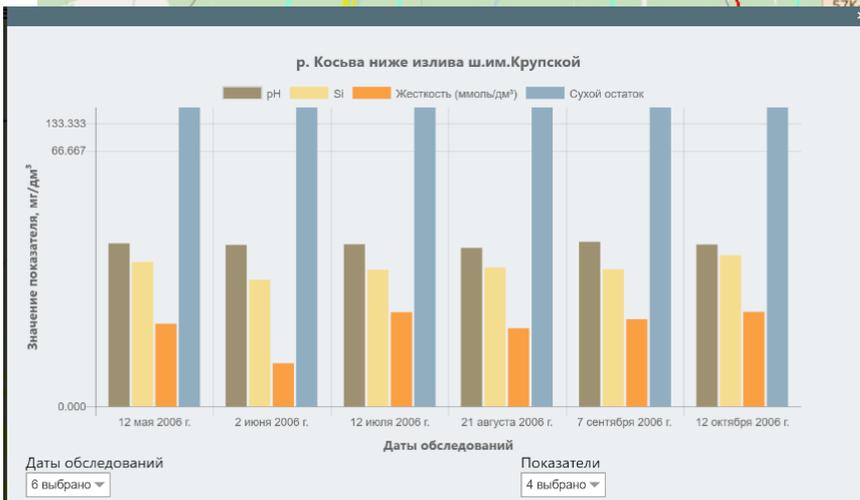
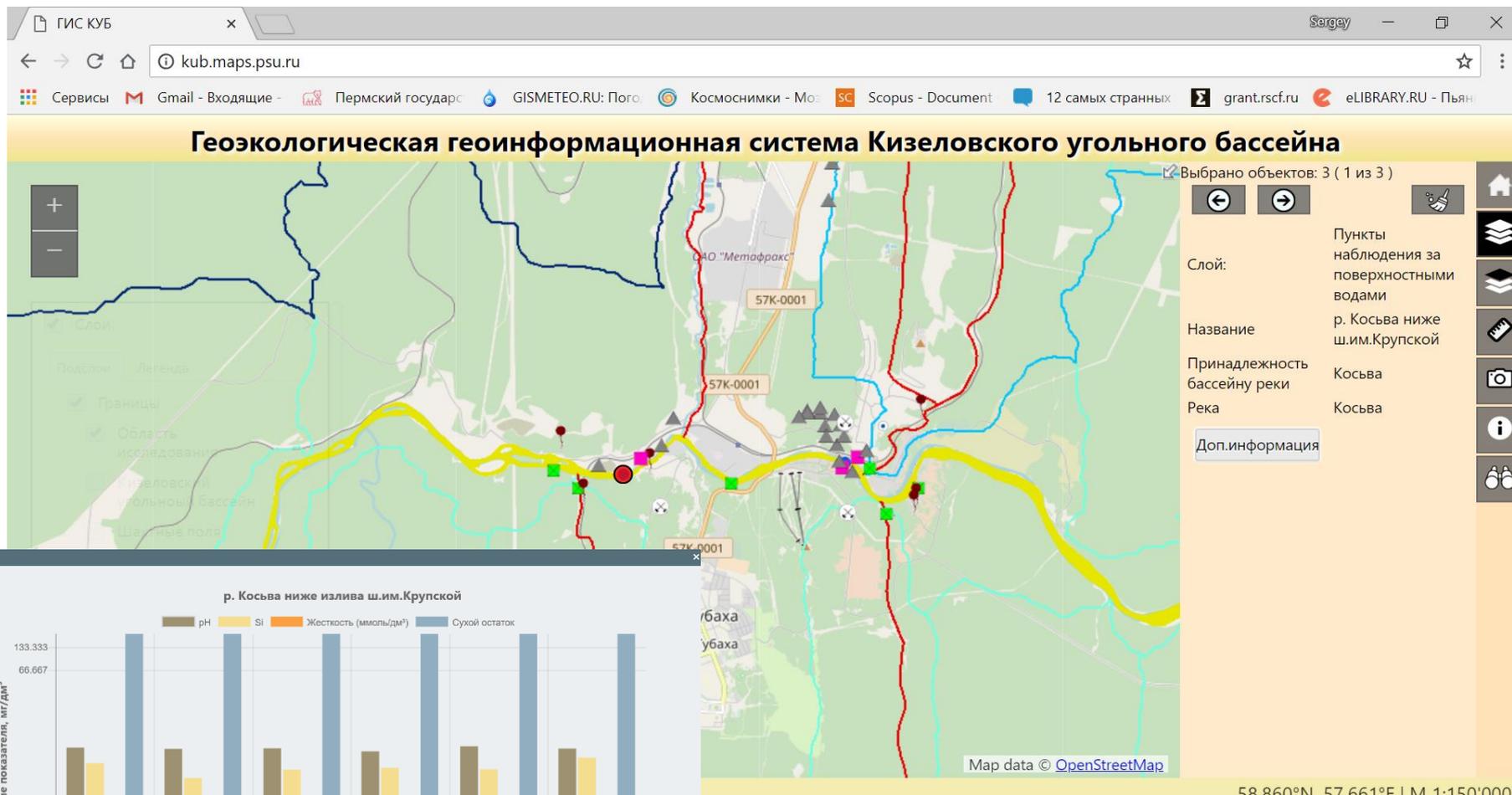


# Инвентаризация основных источников загрязнения

## Геоэкологическая геоинформационная система Кизеловского угольного бассейна

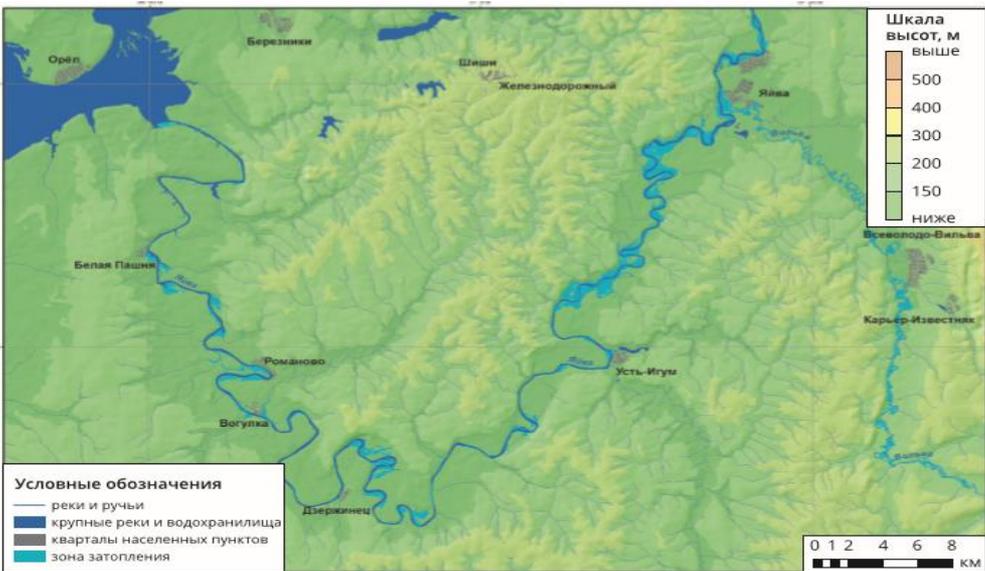


# Открытая база данных всех наблюдений на территории КУБа (2000 – 2017 гг.)

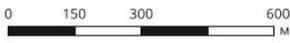


Даты обследований: 6 выбрано  
Показатели: 4 выбрано

# Дешифрирование участков с угнетенной растительностью

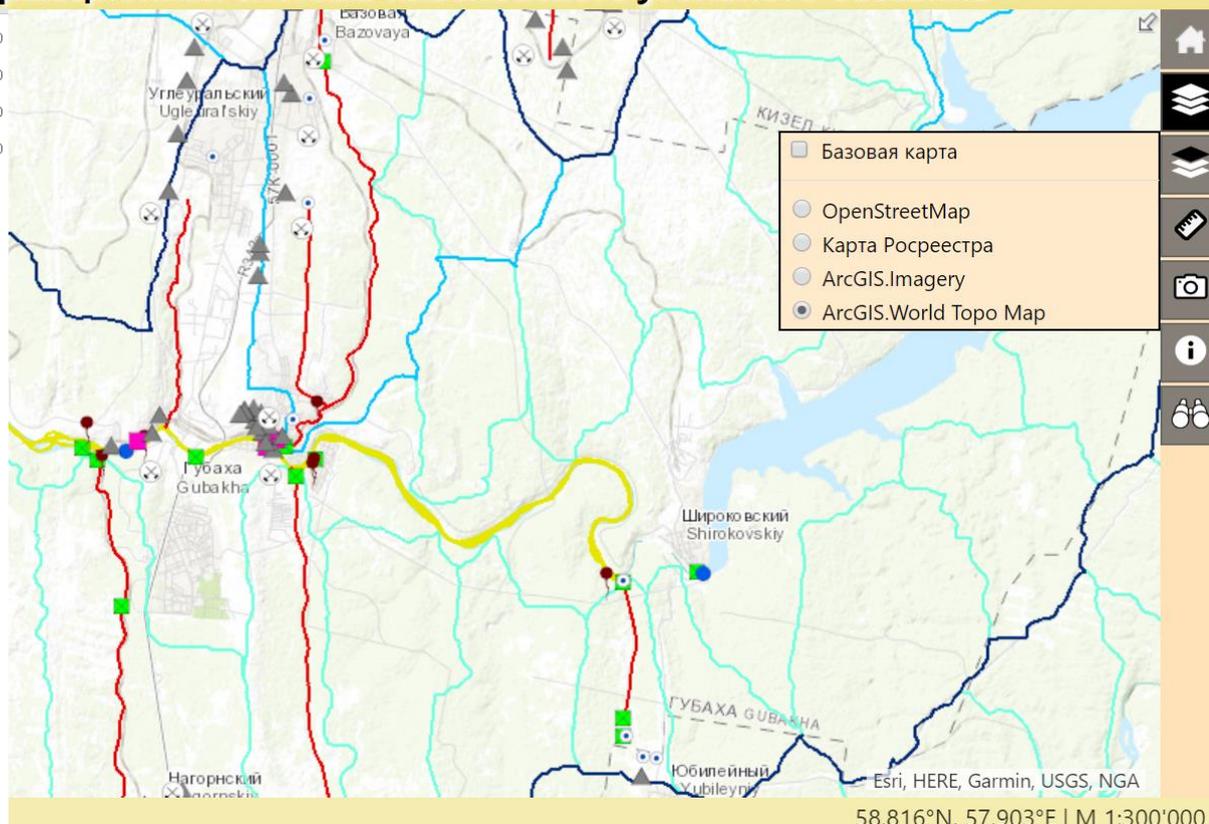
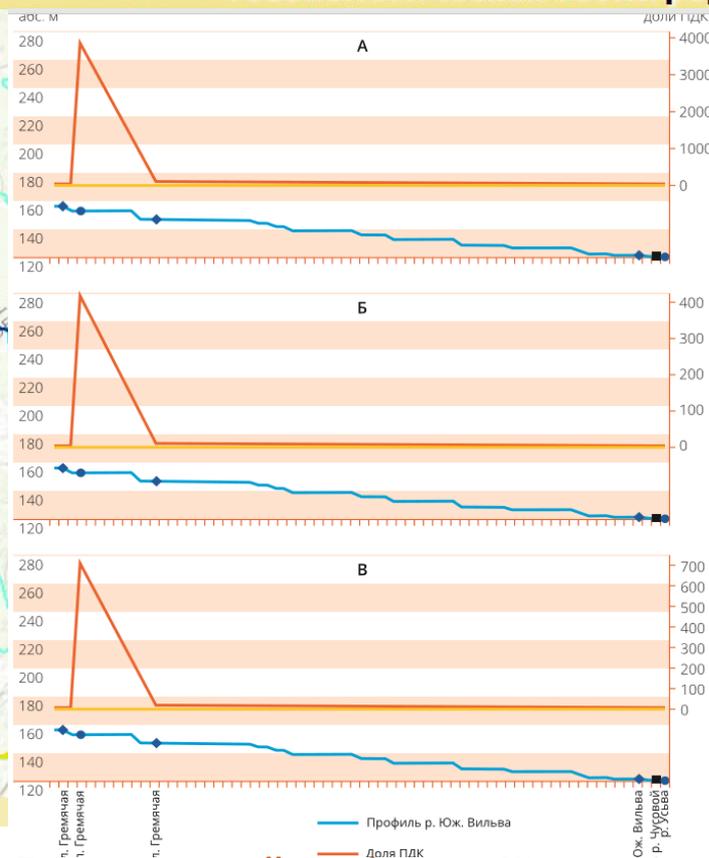


■ загрязненные участки с угнетенной растительностью



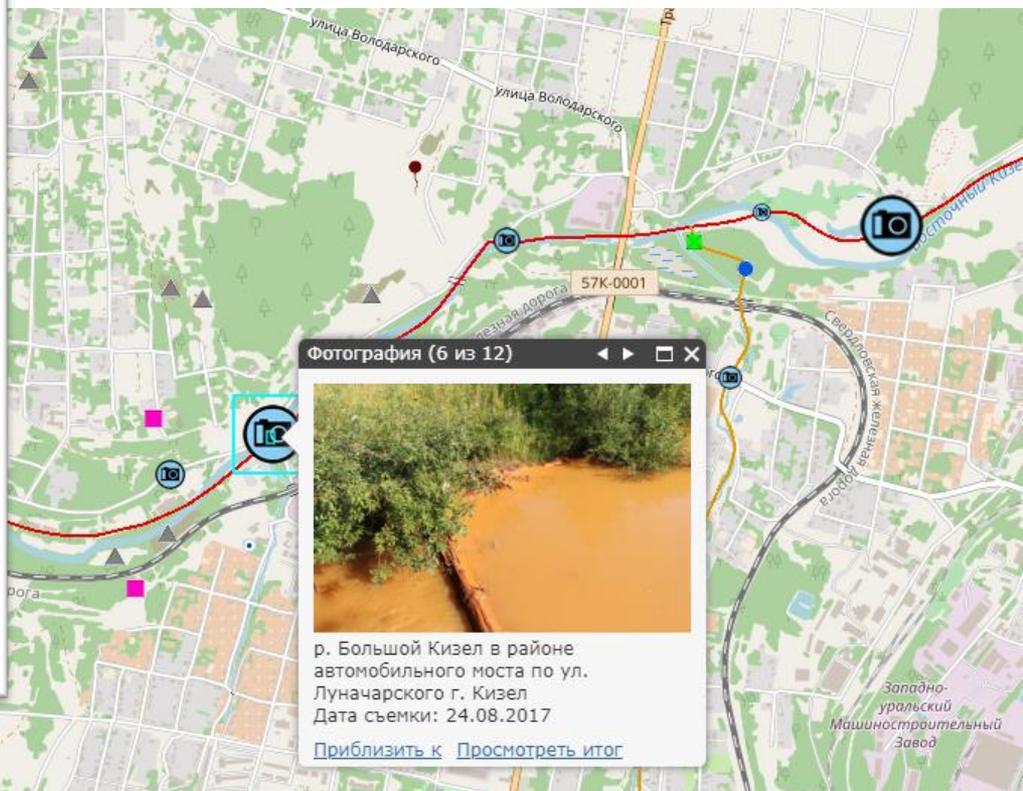
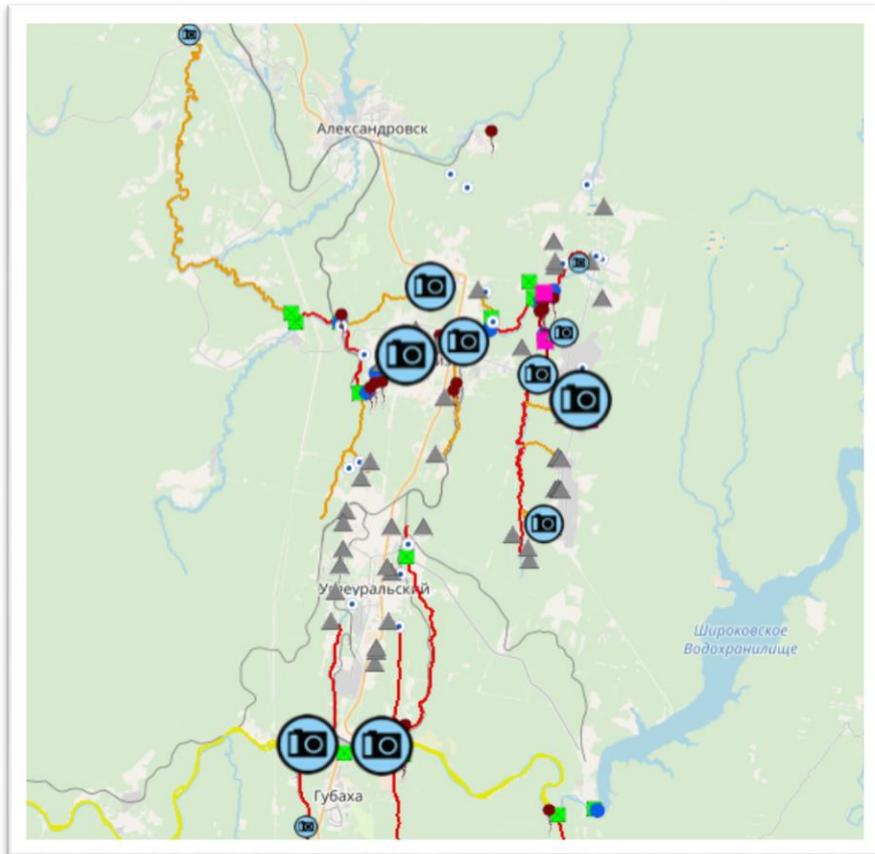
# Топологически корректная гидрологическая сеть

## Геоэкологическая геоинформационная система Кизеловского угольного бассейна



## Геохимический профиль р. Южная Вильва

# Графическая база данных (более 800 разновременных фотоснимков включенных в ГИС)



Ссылка на ресурс: [kub.maps.psu.ru](http://kub.maps.psu.ru)