Лаборатория гидрологии речных бассейнов: направления исследований и основные результаты 2016 года

Содержание

Об основных направлениях научной деятельности

Наиболее значимые результаты 2016 года по направлениям

1. Развитие методов математического моделирования гидрологических процессов
2. Моделирование гидрологических последствий изменения климата и антропогенной деятельности
3. Модернизация методов гидрологических расчетов и прогнозов
4. Анализ гидрологических систем

Публикации, цитируемость

Участие в международных научных проектах

Участие в международных конференциях с докладами

Кадры

Основные направления исследований

Развитие методов математического моделирования гидрологических процессов

Моделирование гидрологических последствий изменения климата и антропогенной деятельности

Лаборатория гидрологии речных бассейнов

Модернизация методов гидрологических расчетов и прогнозов

Анализ гидрологических систем

Развитие методов математического моделирования гидрологических процессов

Разработка моделей формирования стока для крупных речных бассейнов (рук. вед.н.с. к.г.н. Ю.Г. Мотовилов; отв. исп. д.г.н. Б.И. Гарцман, к.г.н. А.С. Калугин, к.г.н. В.М. Морейдо)

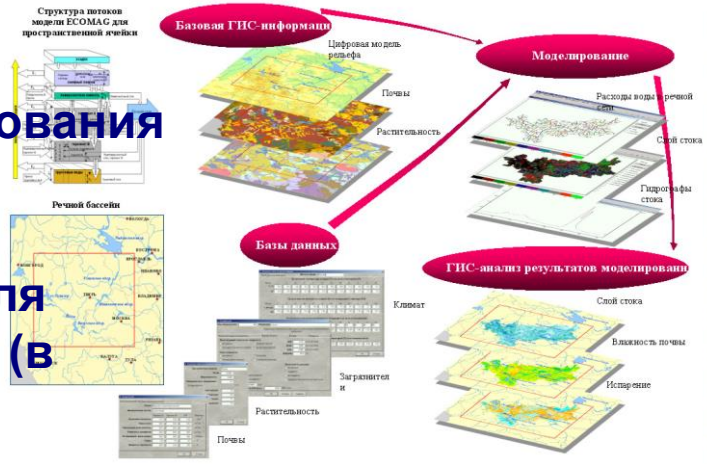
Развитие гидродинамических моделей открытых потоков (рук. гл.н.с. д.т.н. В.В. Беликов; отв. исп. к.ф.-м.н. А. Алексюк, к.ф.-м.н. Н. Борисова, А. Румянцев)

Разработка моделей формирования качества вод в речном бассейне (рук. вед.н.с. к.г.н. Ю.Г. Мотовилов, ст.н.с. к.г.н. Т.Б. Фащевская)

Развитие технологического и информационного обеспечения гидрологических моделей
(рук. н.с. к.г.н. В.М. Морейдо, отв.исп. А.Н. Амербаев)

Основные результаты 2016 года

ECOMAG (Motovilov et al., 1999)



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2013610703

ECOMAG

Правообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Российской академии наук (RU)*

Автор(ы): *Мотовилов Юрий Георгиевич (RU)*

Заявка № 2012660119
Дата поступления 22 ноября 2012 г.
Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 9 января 2013 г.

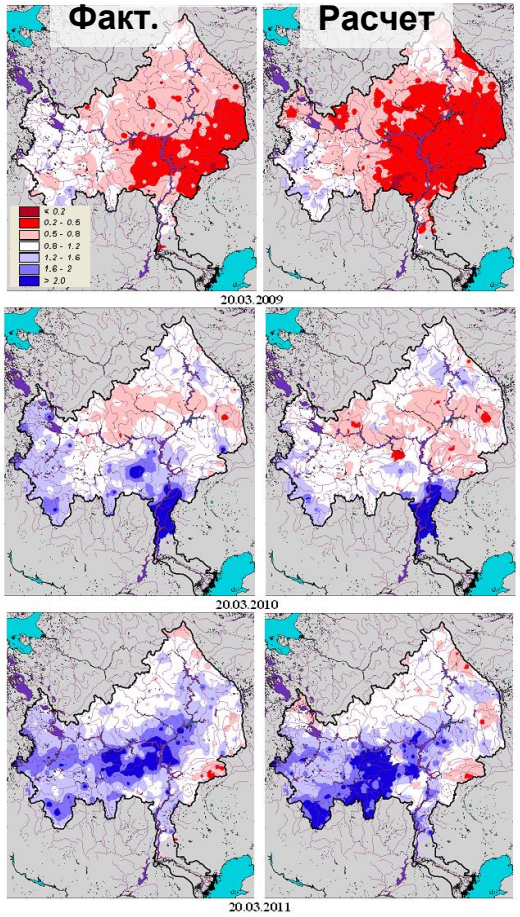
Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности Б.П. Симонов

1. Разработана методика моделирования и впервые построены карты пространственных полей гидрологических характеристик для бассейнов Волги, Лены, Маккензи (в рамках гранта РФФИ, рук. Ю.Г. Мотовилов)
2. Разработана физико-математическая модель формирования стока в бассейне р. Селенга (в рамках договора с Географическим факультетом МГУ)
3. Разработана физико-математическая модель формирования стока в бассейне р.Уссури (в рамках гранта РНФ, рук. Б.И. Гарцман)
4. Завершена работа по созданию модели формирования стока для всего бассейна Амура. По модели и ее приложениям успешно защищена кандидатская диссертация А.С. Калугина

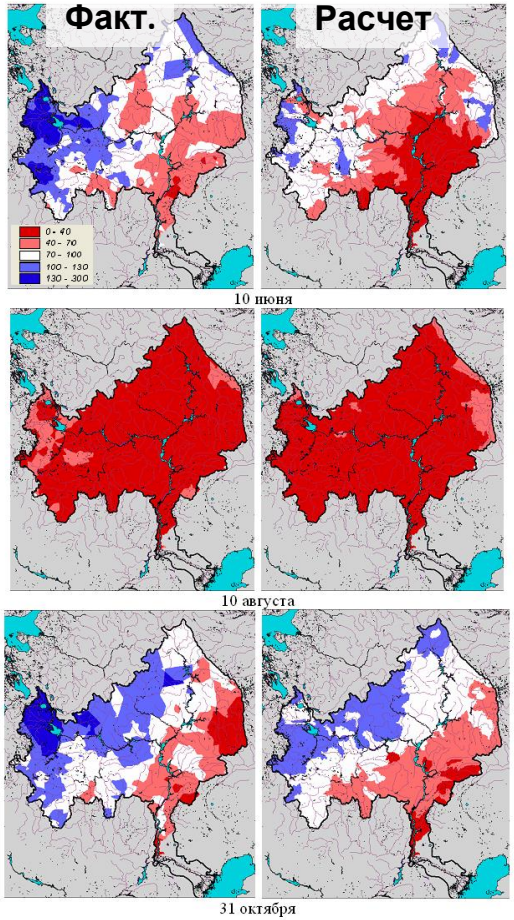
1. Моделирование полей гидрологических переменных

Волга

Снегозапасы

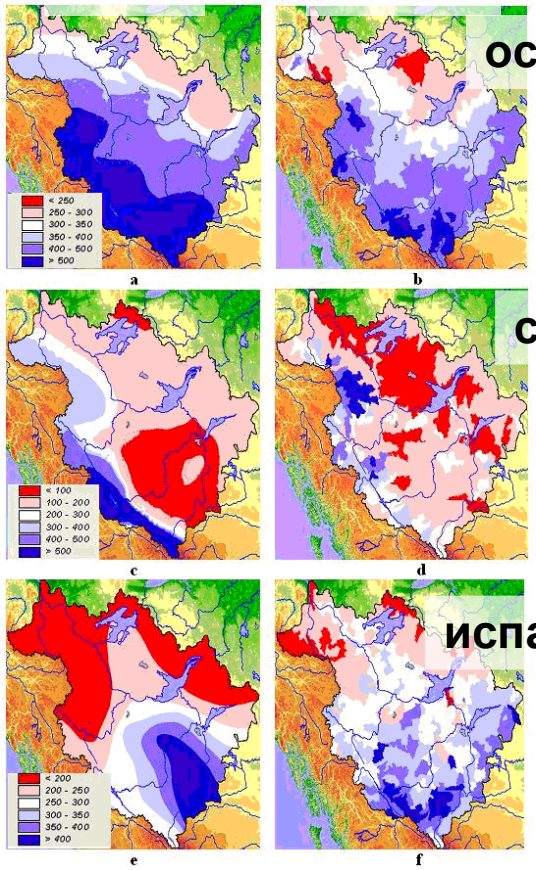


Влажность почвы



Маккензи

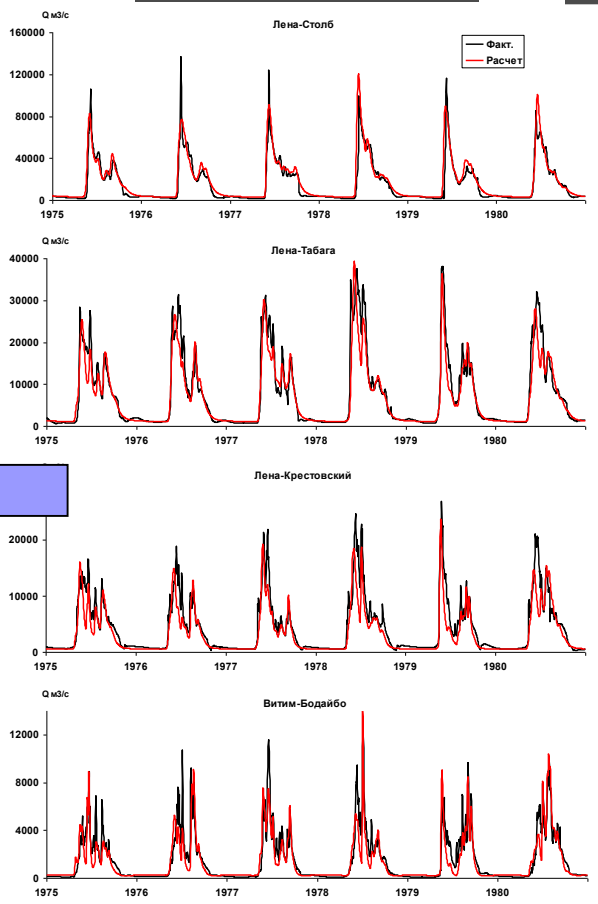
Среднемноголетние поля



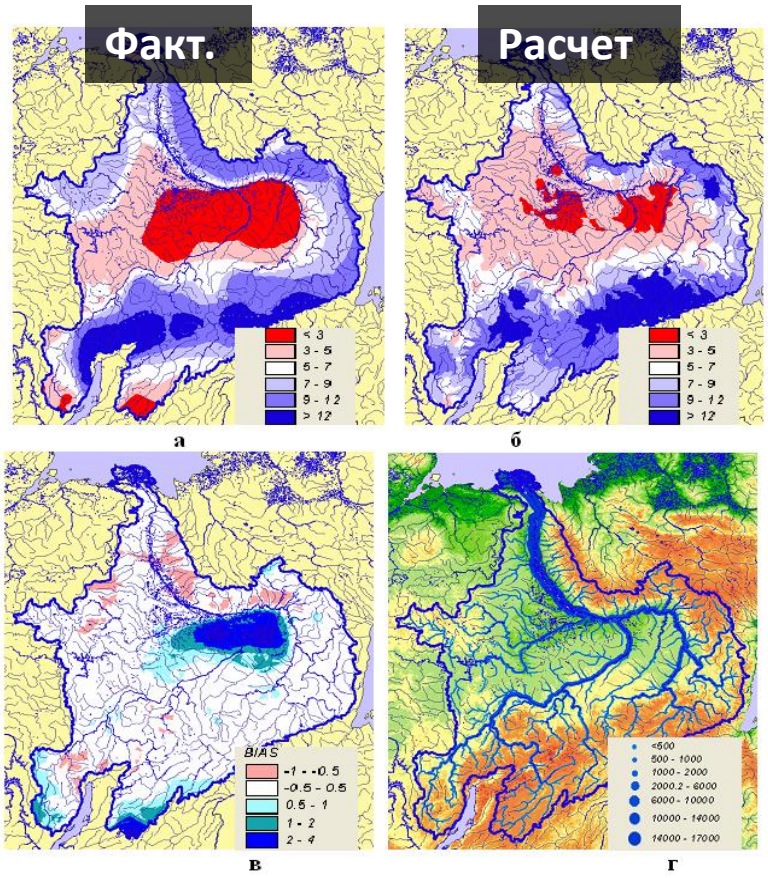
Лаборатория гидрологии речных бассейнов. Основные результаты научно-исследовательских работ в 2016 году

1. Моделирование полей гидрологических переменных

Гидрографы



Среднемноголетний модуль стока



Лаборатория гидрологии речных бассейнов. Основные результаты научно-исследовательских работ в 2016 году

1. Моделирование полей гидрологических переменных

Мотовилов Ю.Г. **Гидрологическое моделирование речных бассейнов в различных пространственных масштабах: 1. алгоритмы генерализации и осреднения // Водные ресурсы, 2016, 43(3), с. 243-253.**

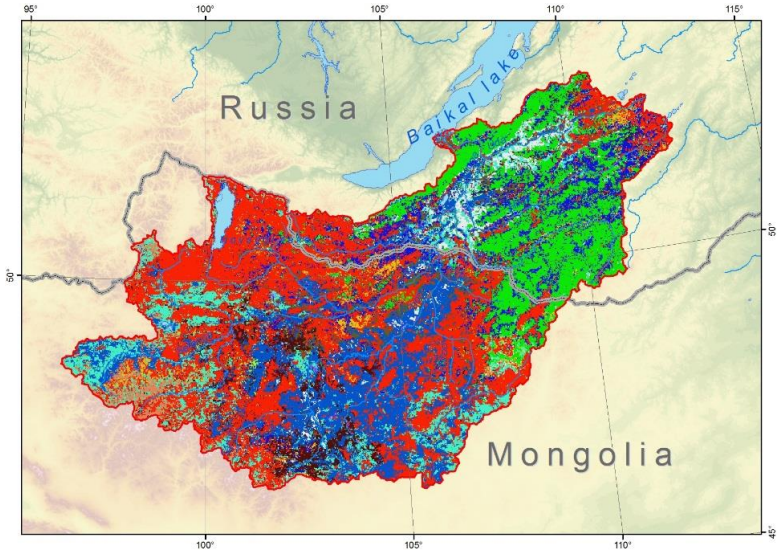
Мотовилов Ю.Г. **Гидрологическое моделирование речных бассейнов в различных пространственных масштабах: Части 1, 2 // Водные ресурсы, 2016, 43(3), 43(5)**

Подготовлена статья в Hydrology and Earth System Sciences (HESS)

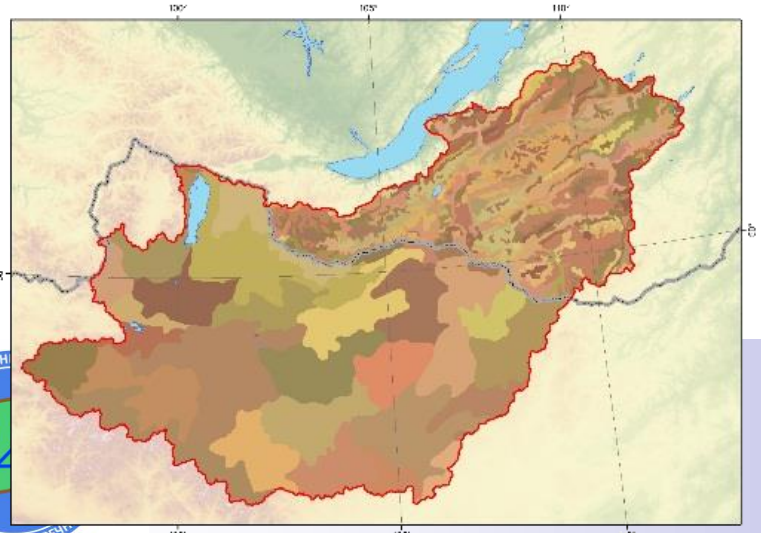
2. Модель формирования стока в бассейне р. Селенга (отв. исп. В.М. Морейдо, А.С. Калугин, Т.Д. Миллионщикова)

DEM: USGS Hydrosheds 30'' -> 1x1 km^2

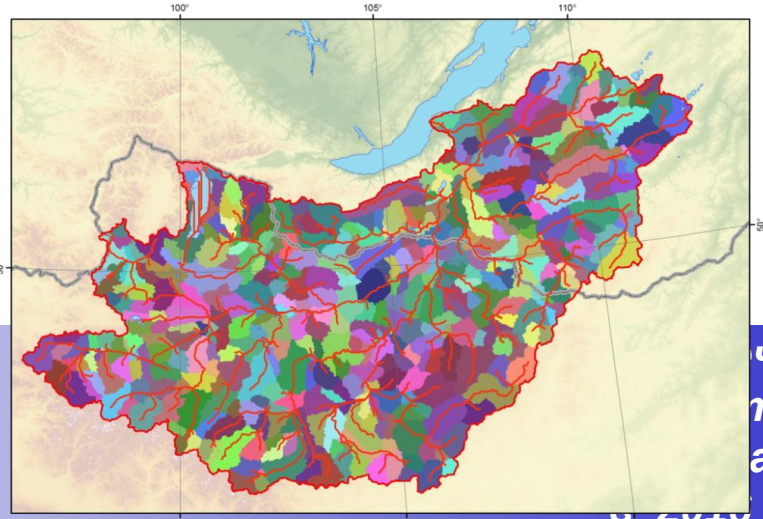
USGS Global land cover characteristics (GLCC, 1994)



HWSD gridded database (FAO/IIASA, 2012)



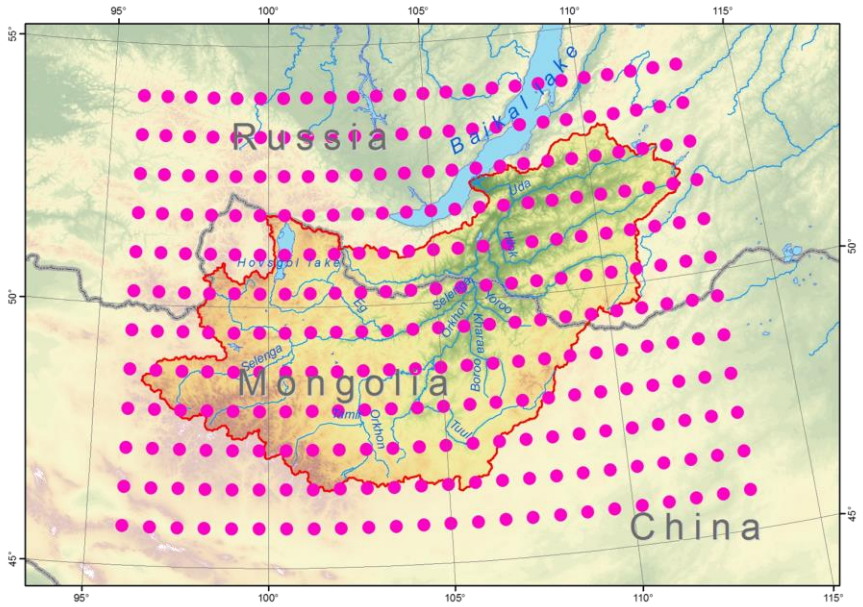
Calculated watershed and stream network



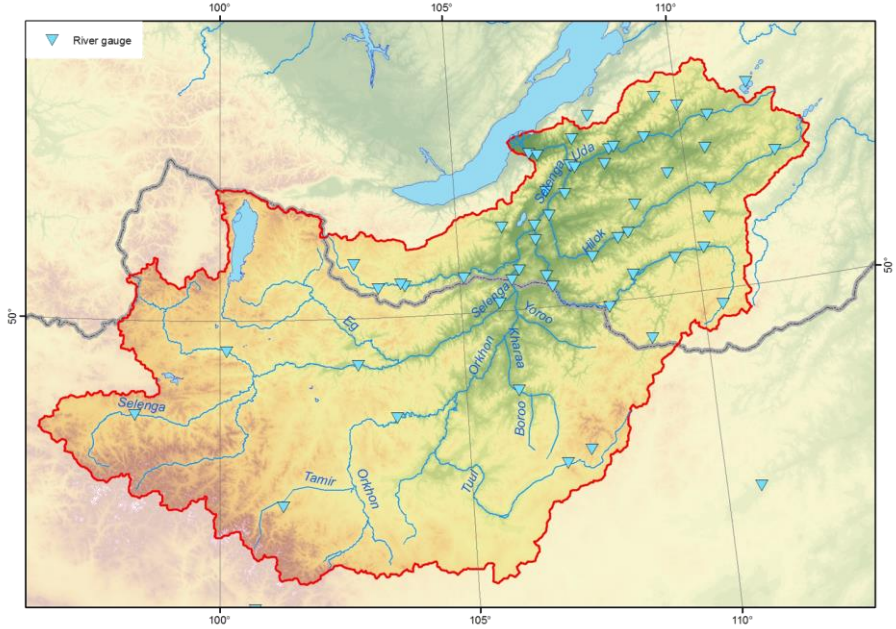
чных
паты
абот
2010 году

2. Модель формирования стока в бассейне р. Селенга (отв. исп. В.М. Морейдо, А.С. Калугин, Т.Д. Миллионщикова)

Входная метеорологическая информация



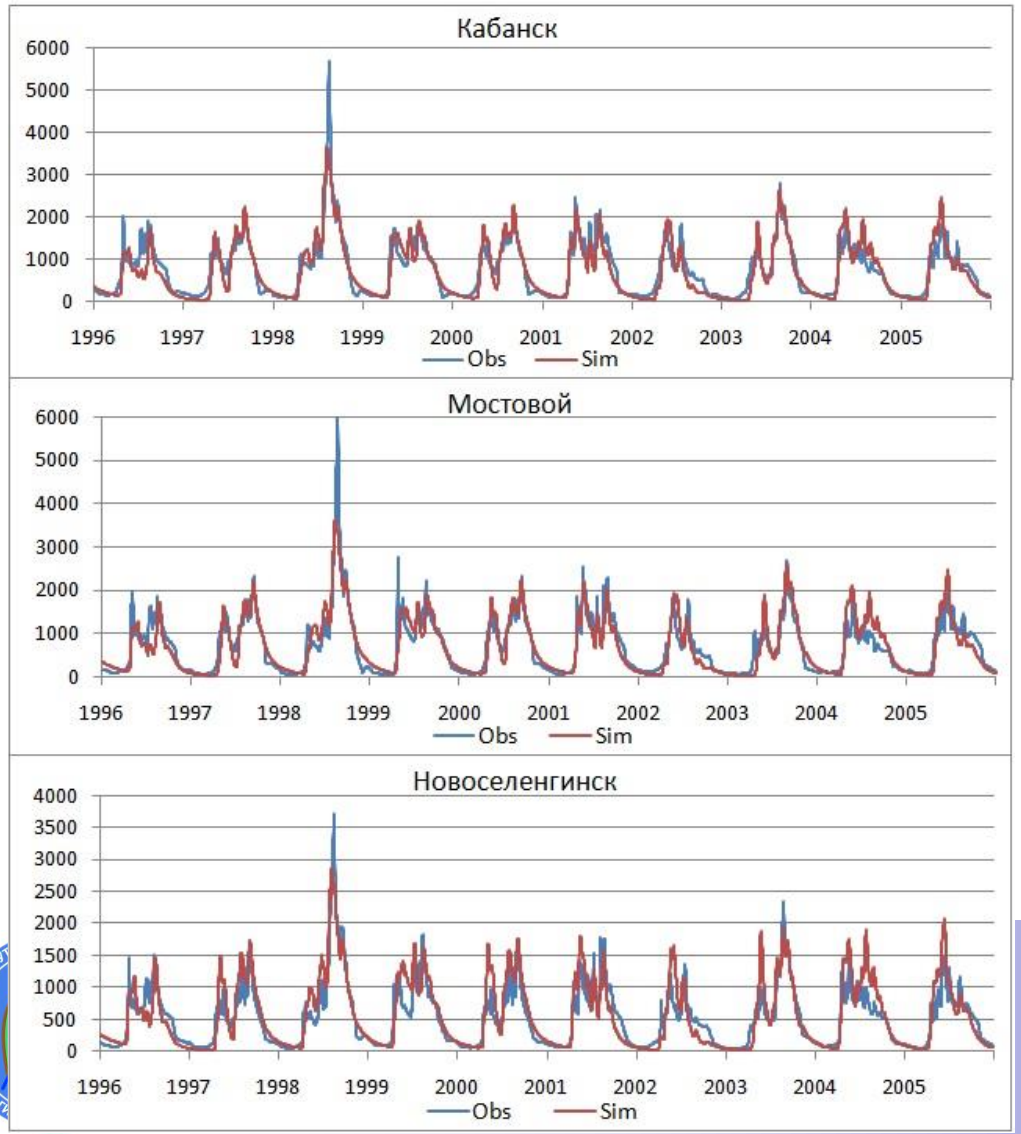
Гидрометрические створы

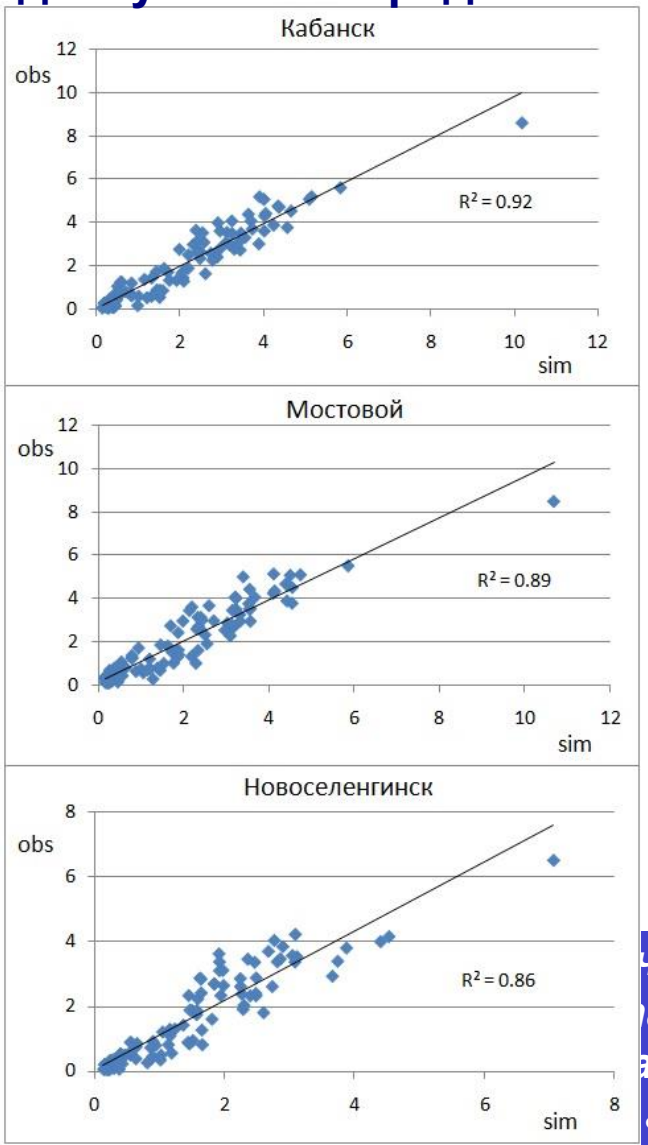


Weather driving: ERA-Interim reanalysis dataset

2. Модель формирования стока в бассейне р. Селенга (отв. исп. В.М. Морейдо, А.С. Калугин, Т.Д. Миллионщикова)

Фактические и рассчитанные расходы воды (среднесуточные и среднемесячные





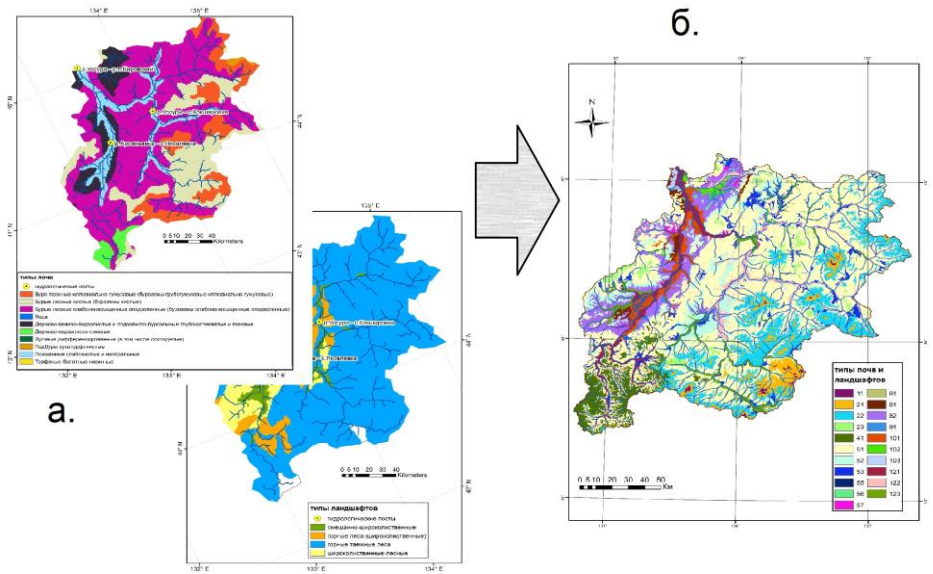
2. Модель формирования стока в бассейне р. Селенга (отв. исп. В.М. Морейдо, А.С. Калугин, Т.Д. Миллионщикова)

Две статьи в спецвыпуске журнала «Водные ресурсы» (№2, 2017)

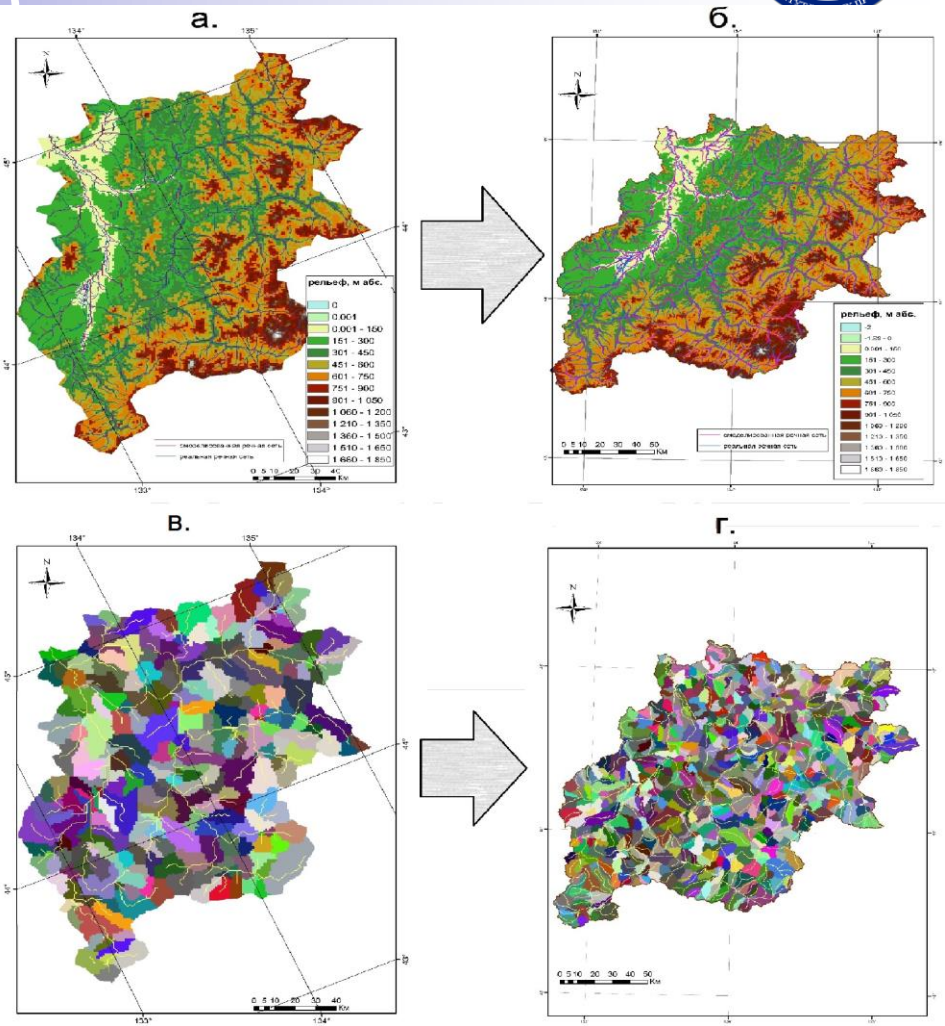
1. Морейдо В.М., Калугин А.С. Оценка возможных изменений водного режима реки Селенги в XXI веке на основе модели формирования стока.

2. Daniel Karthe, Sergey Chalov, Vsevolod Moreido, Vasiliy Efimov, Anna Romanchenko, Gunsmaa Batbayar, Andrei Kalugin, Katja Westphal, Marcus Malsy, Martina Flörke. Assessment of Runoff, Water and Sediment Quality in the Selenga River Basin aided by a Web-Based Geoservice

3. Модель формирования стока р.Уссури (отв. исп. А.С. Калугин, В.М Морейдо, Е. Фингерт (МГУ), З. Сучилина (МГУ)

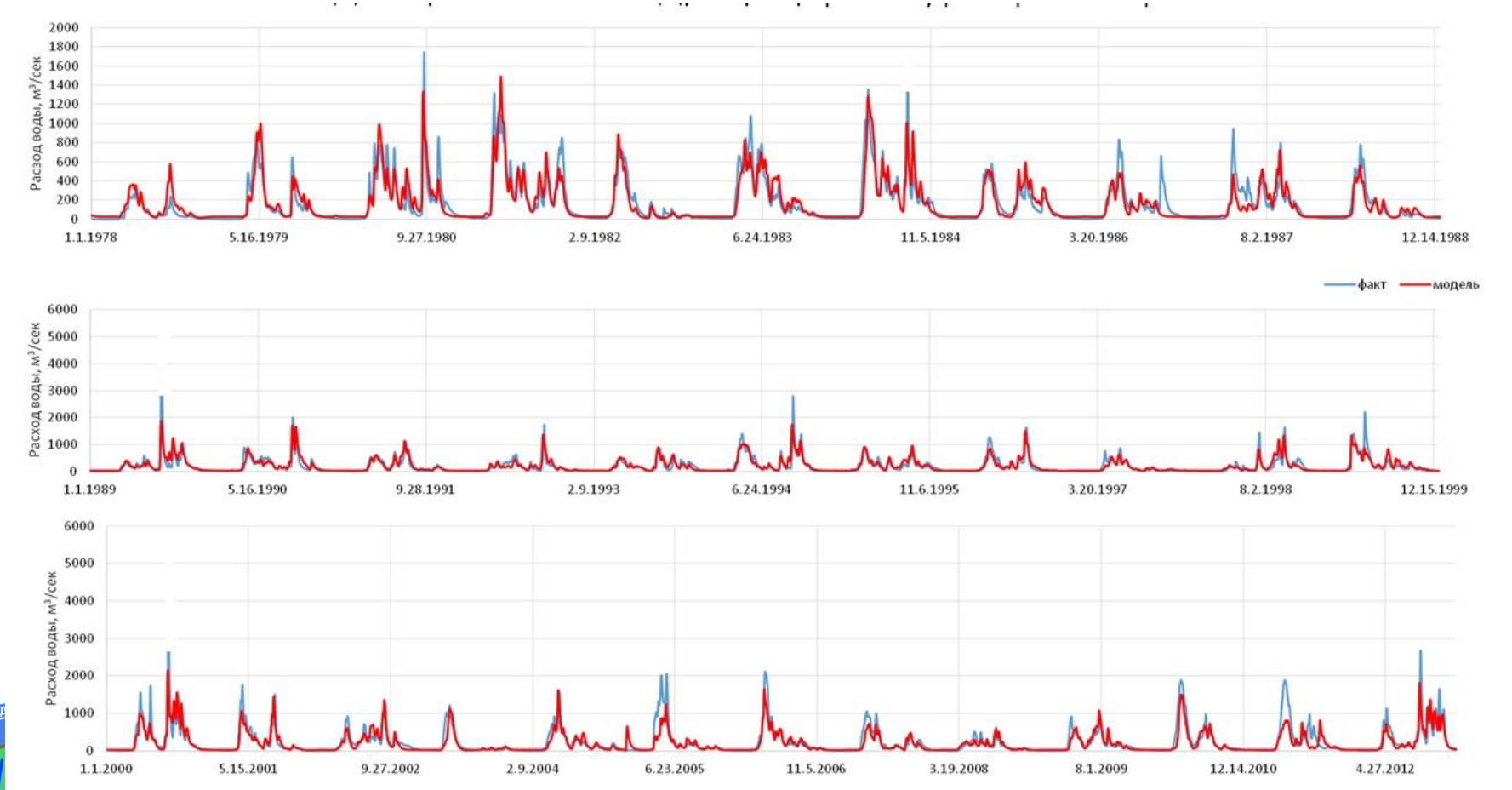


Параметризация почвенного и растительного покрова по картам м-ба 1:2,500,000 и 1:300,000.
Параметризация речной сети и частных водосборов по ЦМР разрешением 1 км и 80 м.



3. Модель формирования стока р.Уссури (отв. исп. А.С. Калугин, В.М Морейдо, Е. Фингерт (МГУ), З. Сучилина (МГУ)

Численные прогоны модели ECOMAG, бассейн р.Уссури-п.Кировский. Исследование влияния детальности описания подстилающей поверхности и насыщенности данными об осадках



научно-исследовательских работ
в 2016 году

Развитие гидродинамических моделей открытых потоков (рук. гл.н.с. д.т.н. В.В. Беликов)

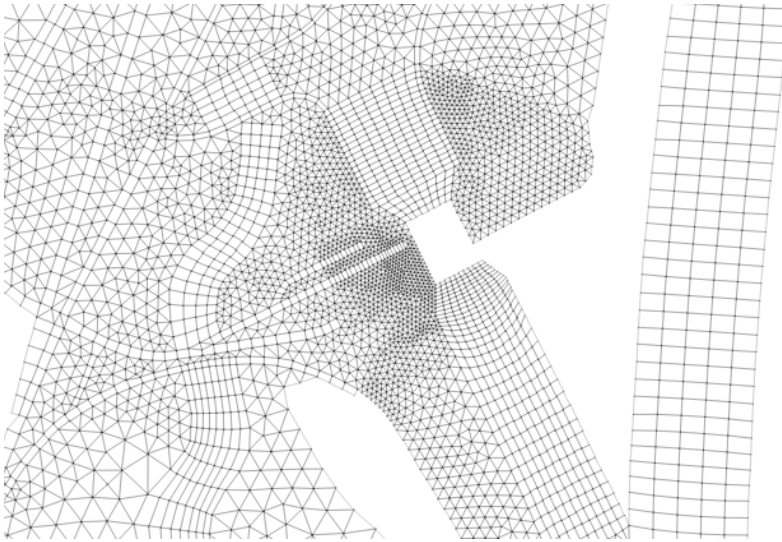
Гидродинамическая модель STREAM2D

В основе программы - двумерная нестационарная система уравнений мелкой воды (уравнения Сен-Венана), описывающая плоские движения жидкости в горизонтальной плоскости:

$$h_t + (\vec{\nabla} \cdot \vec{w})h = 0$$

$$(h\vec{w})_t + (\vec{\nabla} \cdot \vec{w})h\vec{w} + gh\vec{\nabla}(h+z) = \vec{f}$$

В качестве расчётной сетки используются нерегулярные гибридные треугольно-четырёхугольные сетки.



Основные результаты 2016 года

1. **Совершенствование методов решения уравнений мелкой воды для расчета течений с резкими перепадами отметок дна (в рамках Госзадания)**
2. **Обоснование условий гидрологической безопасности селитебных территорий на основе двумерной гидродинамической модели (на примере г. Ярославль) - в рамках договора с ЗАО «Атрус»**

Основные граничные условия:
уровень, расход, Q(h)

Начальные условия:
Отметки дна, уровень воды, коэффициент шероховатости

Дополнительные модули:
Расчёт транспорта наносов, гидротермический модуль

в 2016 году

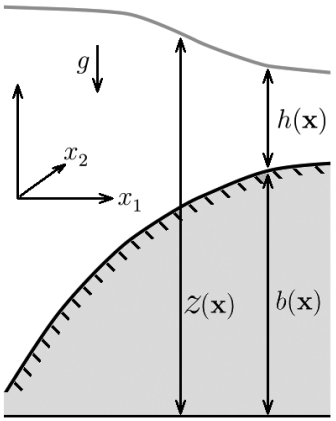
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА И МЕТОД ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ

Рассматриваются двумерные течения мелкой воды, описываемые уравнениями Сен-Венана.

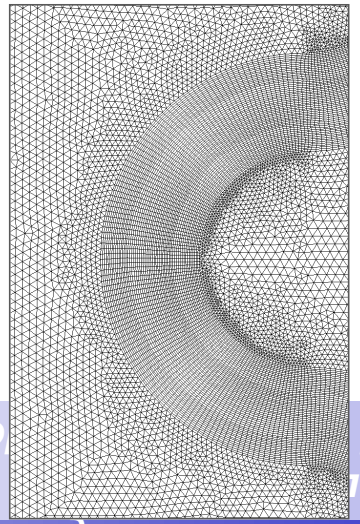
$$\mathbf{U}_{,t} + \mathbf{F}_{i,i} = \mathbf{S}$$

$$\mathbf{U} = (h, hu_1, hu_2)^T,\ \mathbf{F}_i = (hu_i, hu_1u_i + \frac{1}{2}gh^2\delta_{1i}, hu_2u_i + \frac{1}{2}gh^2\delta_{2i})^T,$$

$$\mathbf{S} = \mathbf{S}_b + \mathbf{S}_f,\ \mathbf{S}_b = (0, -ghb_{,1}, -ghb_{,2})^T,\ \mathbf{S}_f = (0, -\frac{1}{2}\lambda u_1 |\mathbf{v}|, -\frac{1}{2}\lambda u_2 |\mathbf{v}|)^T.$$



- Уравнения решаются на неструктурированных треугольно-четырехугольных сетках численным методом типа Годунова второго порядка точности.
- Отметки дна задаются в центрах ячеек и доопределяются на ячейке линейной функцией (наклонной плоскостью, проходящей через отметку в центре ячейки).
- Определение потоков через границы ячейки в случае непрерывного дна осуществляется на основе решения задачи Римана о распаде разрыва **[Беликов В.В., Семёнов А.Ю. // ЖВМиМФ. 1997].**



ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСПАДНЫХ ЗНАЧЕНИЙ НАД СКАЧКОМ ДНА

При наличии скачка дна классическое условие на разрыве, вытекающее из закона сохранения импульса, не выполняется из-за наличия разрыва дна.

$$h_L u_L^2 + \frac{1}{2} g h_L^2 = h_R u_R^2 + \frac{1}{2} g h_R^2$$

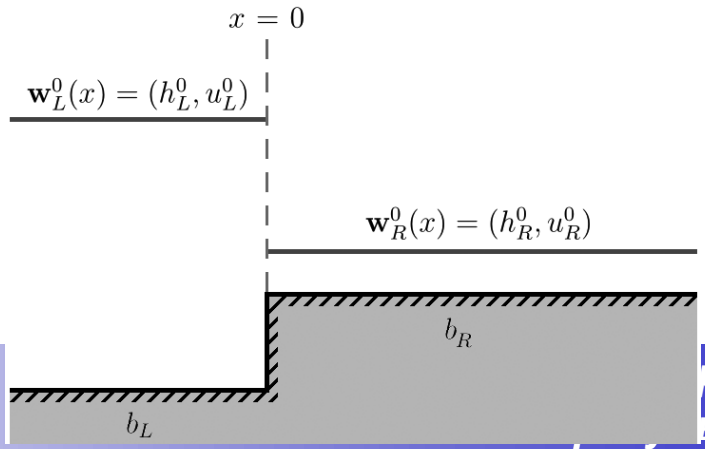
Считается, что при переходе через скачок дна выполняются соотношения, выражающие законы сохранения массы и энергии.

$$\# \qquad q = h_L u_L = h_R u_R,$$
$$\frac{1}{2} u_L^2 + g(b_L + h_L) = \frac{1}{2} u_R^2 + g(b_R + h_R).$$

Предлагается метод построения приближенного решения задачи о распаде разрыва. Метод опирается на решение вспомогательных задач:

1)решение системы (#) по известным значениям глубины и скорости по одну сторону от скачка дна;

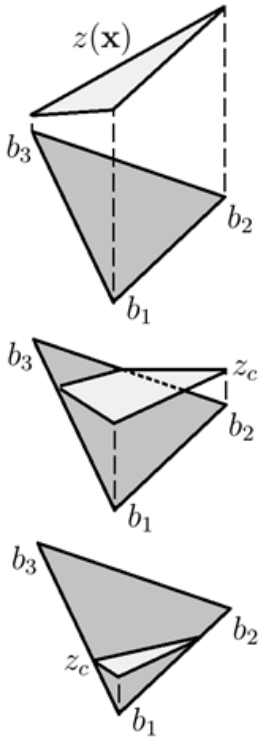
2)решение задачи о распаде разрыва над скачком дна, когда справа от скачка дно в начальный момент времени сухое.



МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ С УЧАСТКАМИ СУХОГО ДНА

Предлагается одна из модификаций упрощенных подходов **[Liang Q., Borthwick A.G. // Comp. Fluids. 2009; Song L. et al. // Int. J. Num. Meth. Fluids. 2011; Huang Y., et al. // Eng. App. Comp. Fluid Mech. 2013]** для моделирования таких течений, в которой допускаются отрицательные глубины в центрах ячеек, точно выполняется закон сохранения массы и выполняется свойство сохранения стационарного решения с $v = 0$.

Свободная поверхность жидкости на полусухих ячейках считается горизонтальной. Взаимно-однозначное соответствие между уровнем z_c в центре ячейки и объемом жидкости V в ячейке при $V \geq 0$ и $z_c \geq b_1$ обеспечивается строго возрастающей функцией.

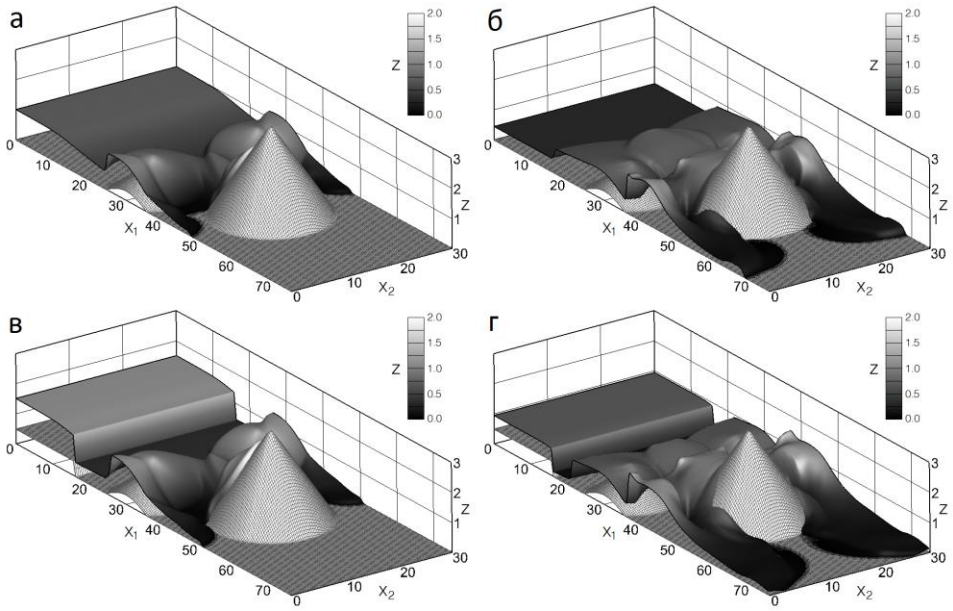


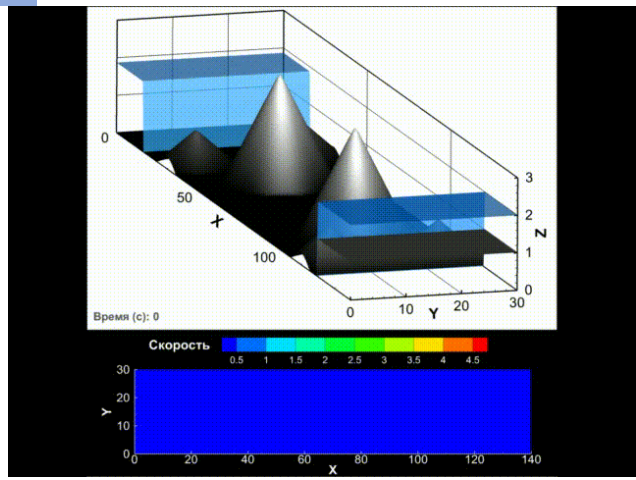
$$*\quad V(z_c) = \begin{cases} \sigma(z_c - b_c), & \text{при } b_3 \leqslant z_c, \\ \sigma(z_c - b_c) + \dfrac{\sigma(b_3 - z_c)^3}{3(b_3 - b_1)(b_3 - b_2)}, & \text{при } b_2 \leqslant z_c < b_3, \\ \dfrac{\sigma(z_c - b_1)^3}{3(b_2 - b_1)(b_3 - b_1)}, & \text{при } b_1 \leqslant z_c < b_2. \end{cases}$$

1. Совершенствование методов численного решения уравнений мелкой воды (отв. исп. – к.ф.-м.н. А.И. Алексюк)

ДВУМЕРНОЕ ТЕЧЕНИЕ С НЕРОВНЫМ ДНОМ И СУХИМИ УЧАСТКАМИ

Разрушение плотины над ровным дном (а – t=6с, б – t=12с) и над уступом (в – t=6с, г – t=12с) с последующим затоплением области с тремя буграми при t=6с, t=12с.





Алексюк А.И., Беликов В.В. Моделирование течений мелкой воды с областями обмеления и разрывами дна. «ЖВМиМФ», 2017

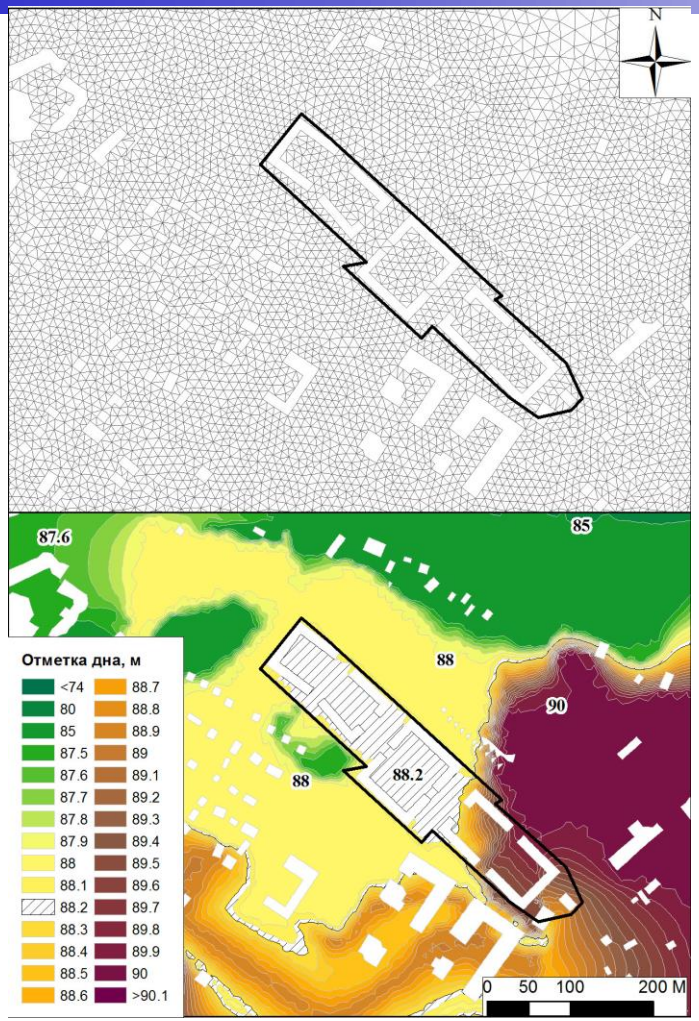
Результаты согласуются с данными

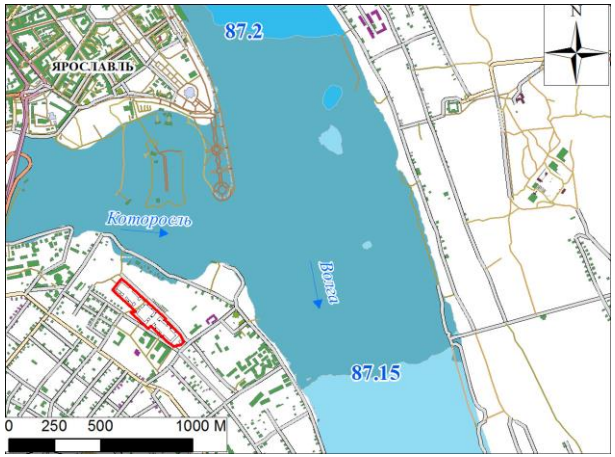
[Liang Q., Borthwick A.G. // Computers and Fluids. 2009]

[Song L., Zhou J., Li Q., Yang X., Zhang Y.n// International Journal for Numerical Methods in Fluids. 2011]

[Huang Y., Zhang N., Pei Y. // Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. 2013]

2. Управление риском затопления селитебной территории (на примере района Ярославля) – отв. исп. Н.М. Борисова, С.В. Норин

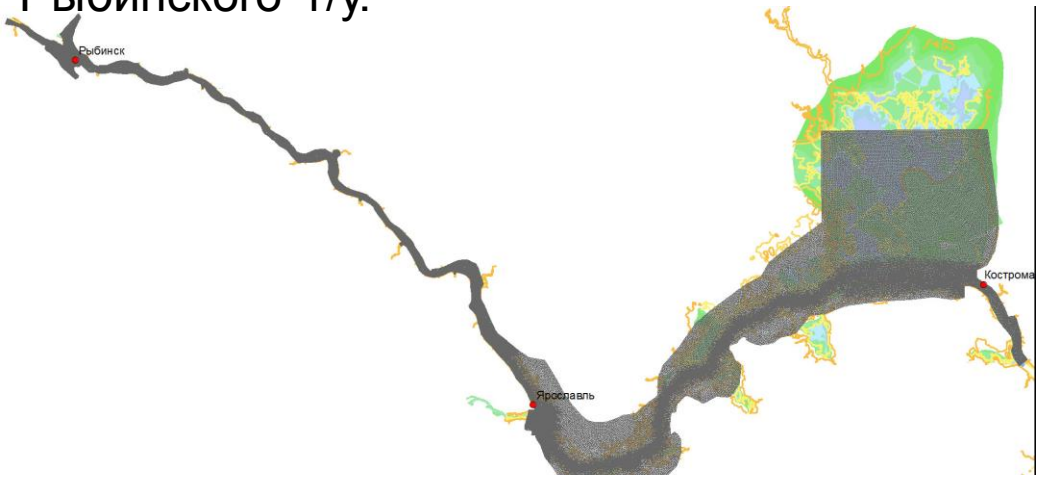




Участок, расположенный во Фрунзенском районе г. Ярославля на ул. Кирпичная, планируемый под жилую застройку , который в соответствии с существующими нормами не должен подвергаться затоплению при прохождении половодья обеспеченностью 1%, а при прохождении волны прорыва напорного фронта вышележащего Рыбинского гидроузла максимальная глубина затопления территории не должна превышать 1.5 м, при условии, что скорости течения не приведут к разрушению зданий и сооружений

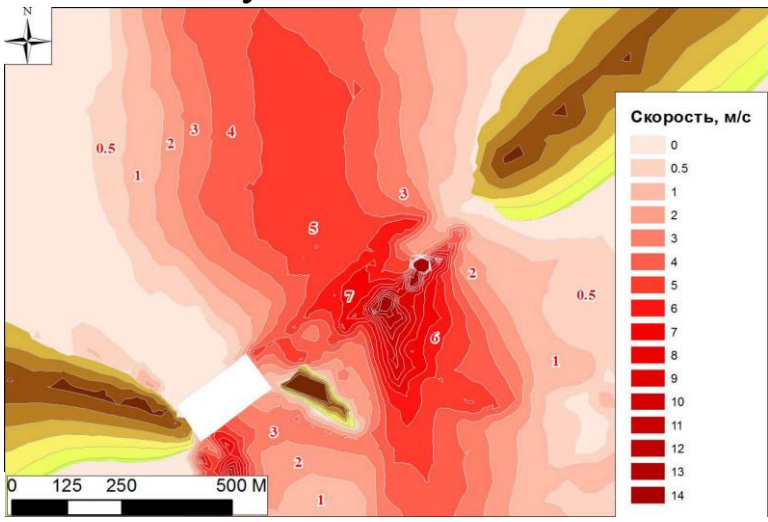
2. Управление риском затопления селитебной территории (на примере района Ярославля) – отв. исп. Н.М. Борисова, С.В. Норин

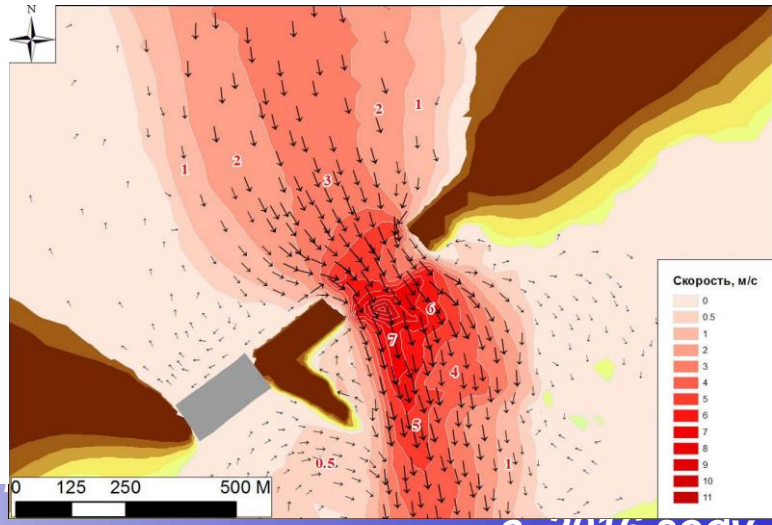
Расчетная сетка для моделирования паводка обеспеченностью 1% и волны прорыва Рыбинского г/у.



Построена расчетная сетка, включающая Рыбинское водохранилище и участок нижнего бьефа Рыбинского гидроузла до г. Ярославля, которая содержит около 85200 ячеек (с длинами сторон от 30 м до 2600 м). На этой сетке рассчитывался наиболее вероятный сценарий аварии Рыбинского гидроузла, а именно развитие прорана в грунтовой русловой плотине Шекснинского створа..

Максимальные скорости течения при проране в Шекснинском створе Рыбинского г/у.

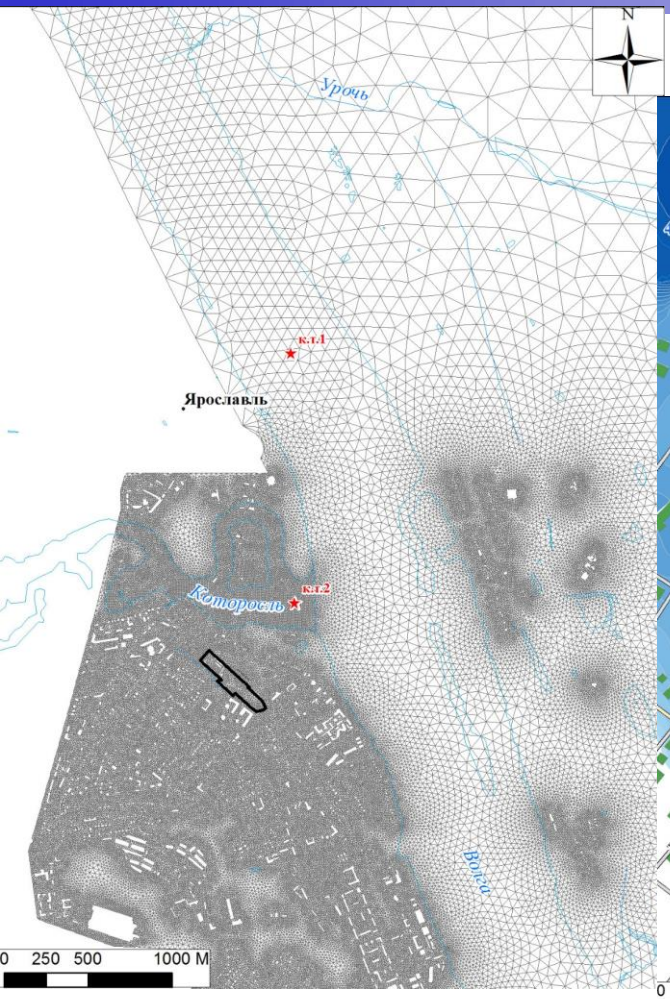


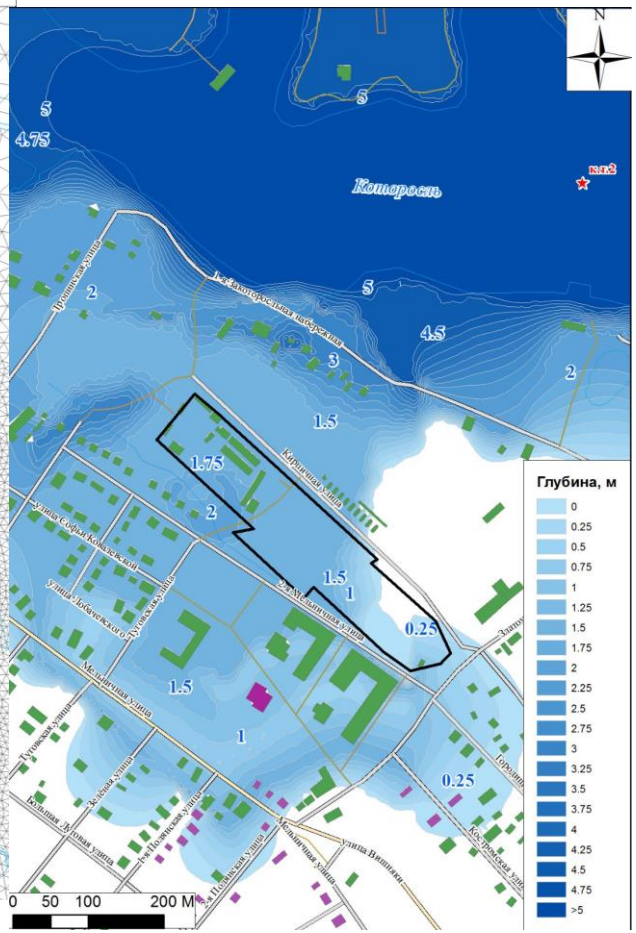


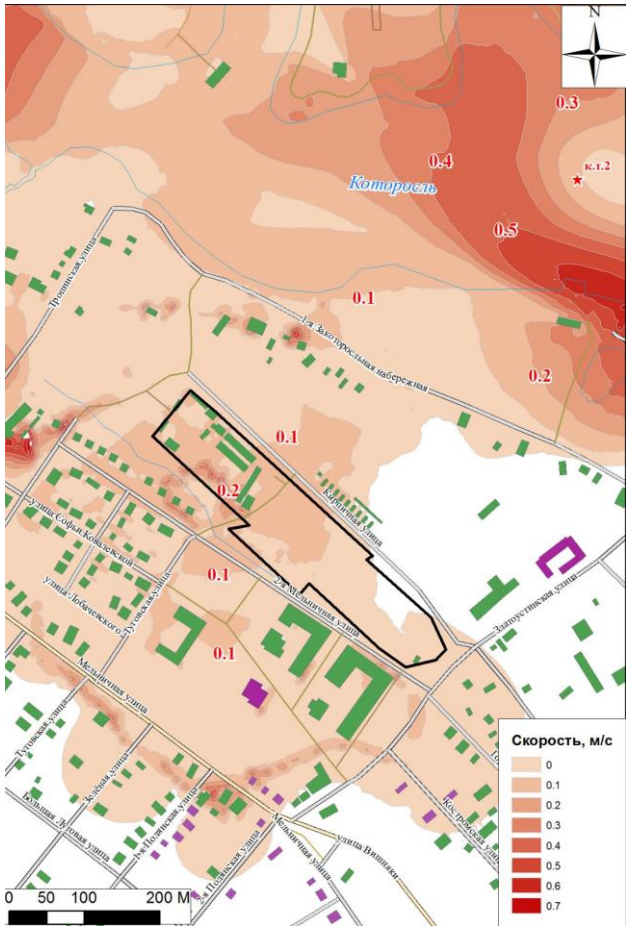
в 2016 году

2. Управление риском затопления селитебной территории (на примере района Ярославля) – отв. исп. Н.М. Борисова, С.В. Норин

Глубины и скорости течения в районе застройки при развитии прорана



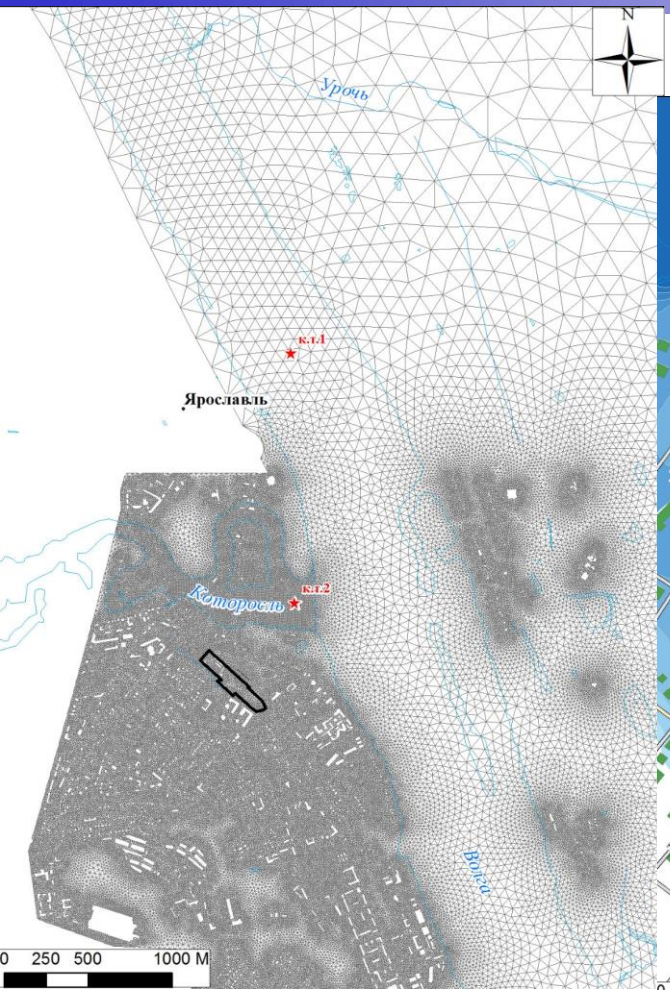


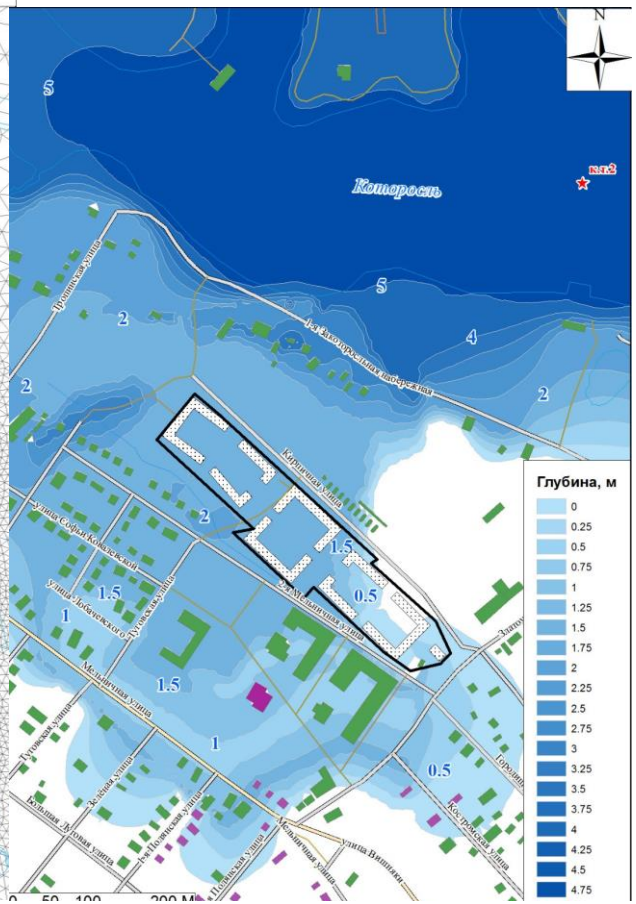


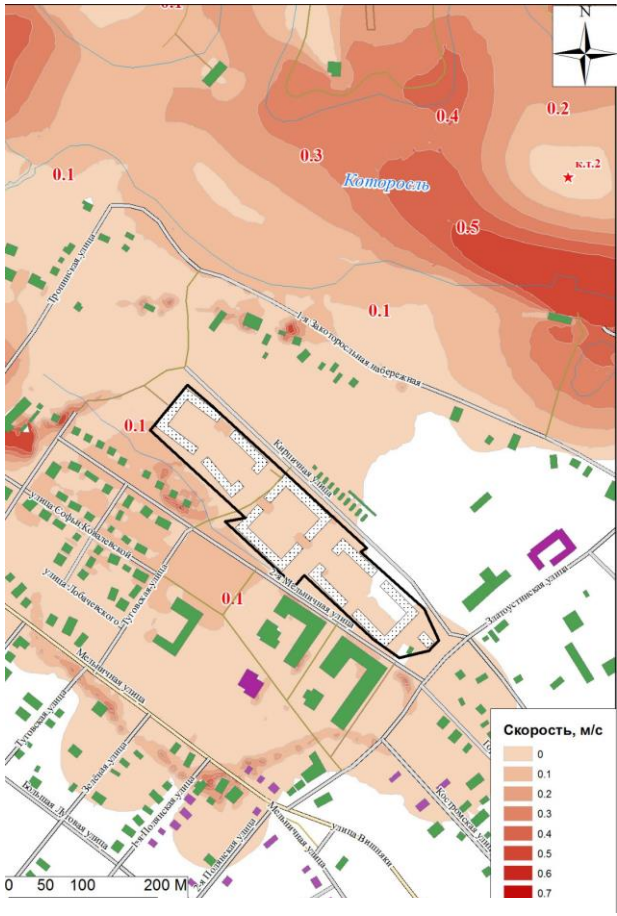
Лаборатория гидрологии речных бассейнов. Основные результаты научно-исследовательских работ в 2016 году

2. Управление риском затопления селитебной территории (на примере района Ярославля) – отв. исп. Н.М. Борисова, С.В. Норин

То же, с учетом подсыпки территории

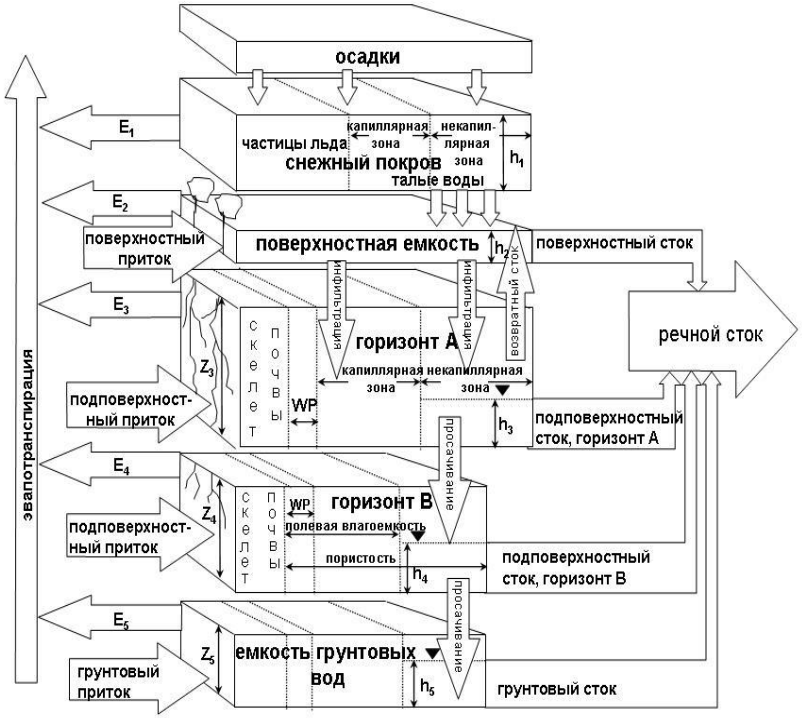


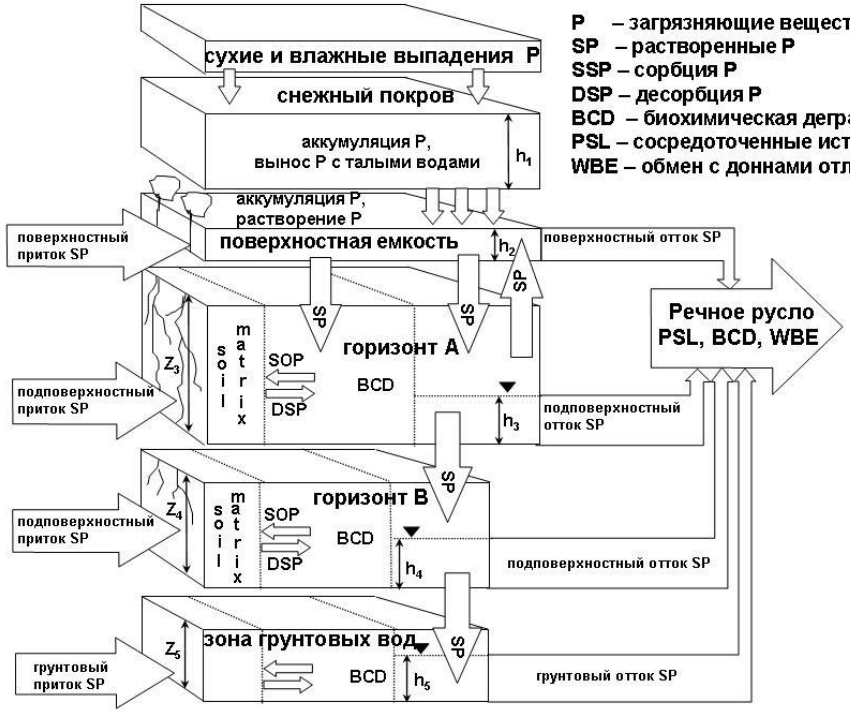




В. В. Беликов, Н. М. Борисова, С. В. Норин «Обоснование условий гидрологической безопасности селитебных территорий с применением численного гидродинамического моделирования» Водные ресурсы (на рецензии)

Разработка моделей формирования качества вод в речном бассейне (отв. исп. к.г.н. Т.Б. Фащевская)



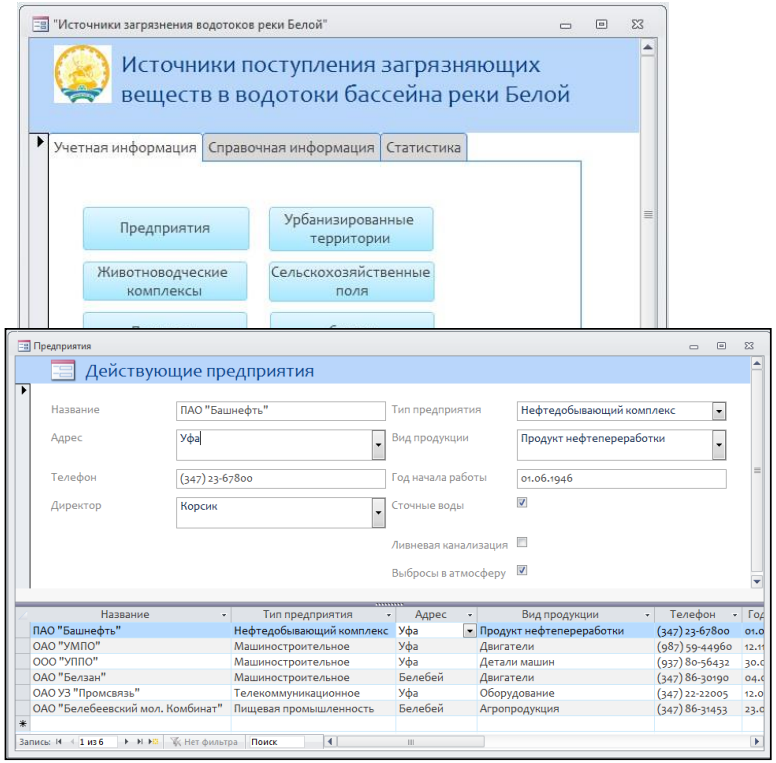


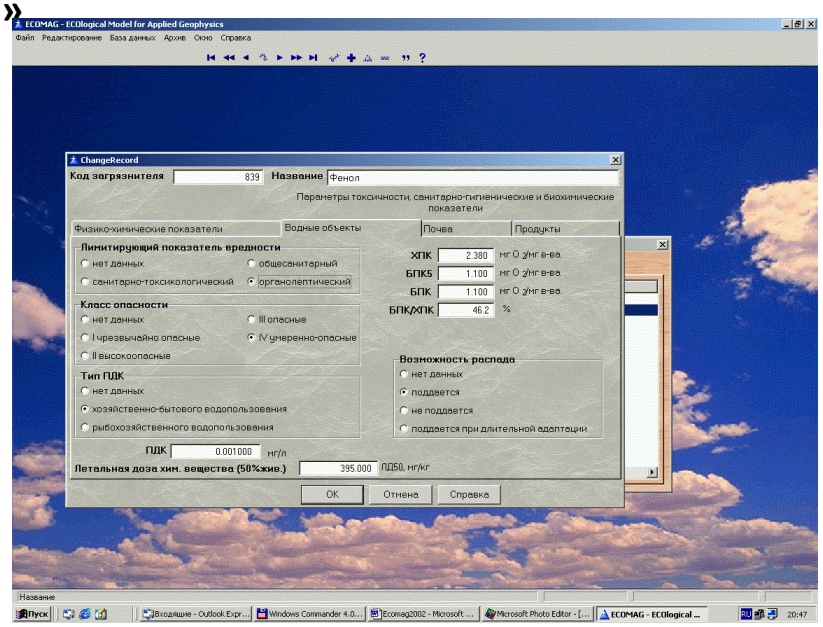
Разработаны блоки модели формирования качества воды в речном бассейне ECOMAG. На примере бассейна р. Белой подготовлены базы данных гидрохимического и водохозяйственного мониторинга

Лаборатория гидрологии речных бассейнов. Основные результаты научно-исследовательских работ в 2016 году

Разработка моделей формирования качества вод в речном бассейне (отв. исп. к.г.н. Т.Б. Фащевская)

База данных для ЭВМ «Источники поступления загрязняющих веществ в водотоки бассейна р. Белой»



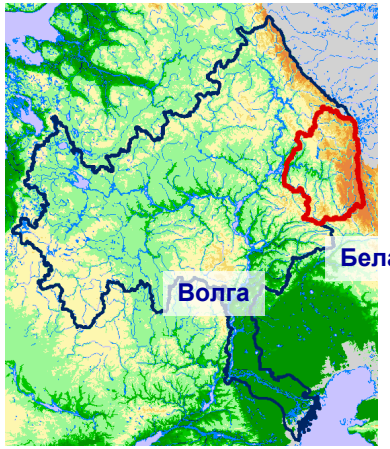


Вид окна базы данных «Загрязнитель» модели ECOMAG

Фащевская Т.Б., Елизарьев А.Н., Ганцева Е.М. Количественные и качественные характеристики источников загрязняющих веществ на водосборе р. Белой // Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2016620174. Дата гос. регистрации 05 февраля 2016 г.

Разработка моделей формирования качества вод в речном бассейне (отв. исп. к.г.н. Т.Б. Фащевская)

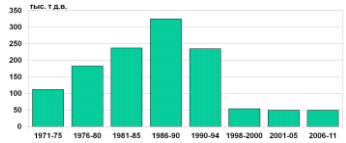
Установлены межгодовые и внутригодовые закономерности и изменения содержания соединений азота, железа, меди и цинка в бассейне р. Белой под влиянием антропогенной деятельности за период 1969-2007 гг.



Внутригодовые изменения

Источники загрязняющих веществ в водных объектах

Использование минеральных удобрений

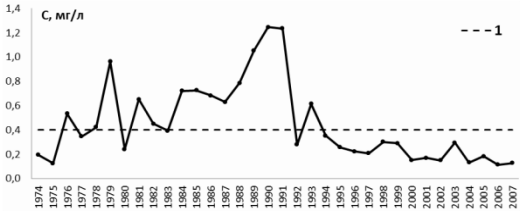


Добыча железной руды

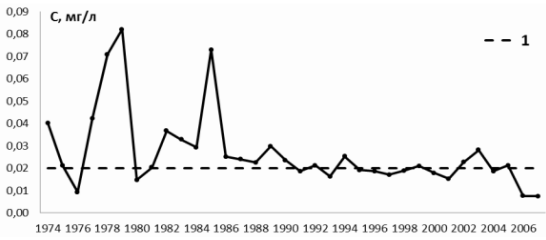
Сброс сточных вод

Межгодовые изменения содержания минеральных форм азота в р. Дема в створе г. Уфа: 1- $ПДК_{рх}$

а) азот аммонийный

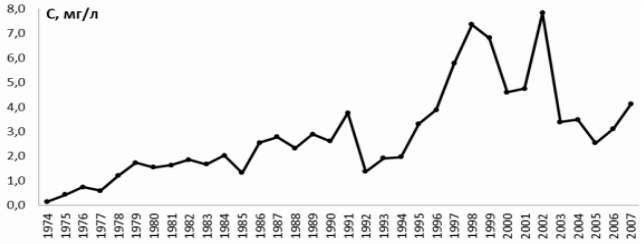


б) азот нитритный



Кривые обеспеченности содержания азота аммонийного в воде р. Большой Авзян в различные фазы водного режима:
- половодье,
- летне-осенний период,
- зимняя межень

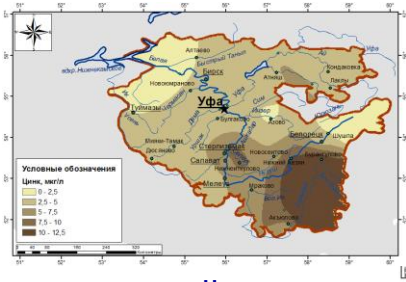
в) азот нитратный



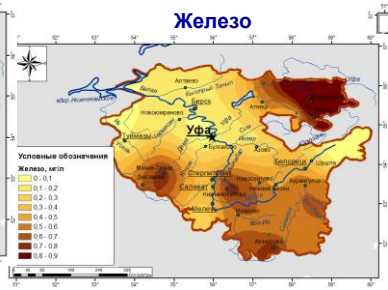
Фащевская Т.Б. Природные и антропогенные факторы содержания железа в водотоках (на примере р. Белой) // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Эволюция биосферы и техногенез»

Разработка моделей формирования качества вод в речном бассейне (отв. исп. к.г.н. Т.Б. Фащевская)

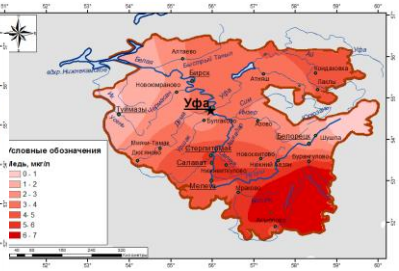
Среднегодовое содержание металлов в водотоках бассейна р. Белой



Цинк



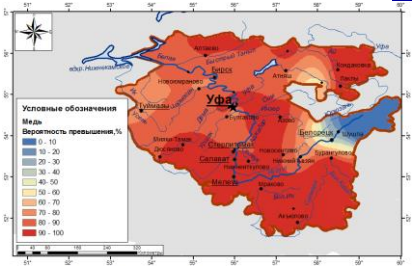
Железо



Медь

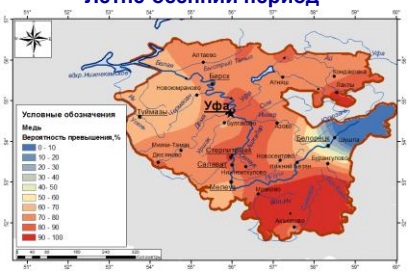
Получены количественные оценки качества речной воды в бассейне р. Белой

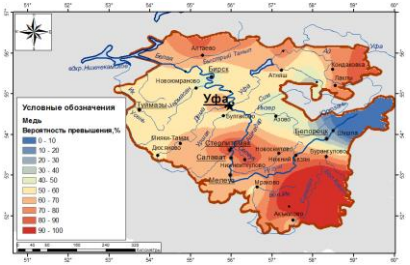
Обеспеченность значений ПДК$_{рх}$ меди в водотоках бассейна р. Белой в различные фазы водного режима



Половодье

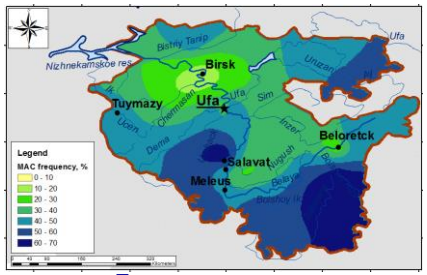
Летне-осенний период





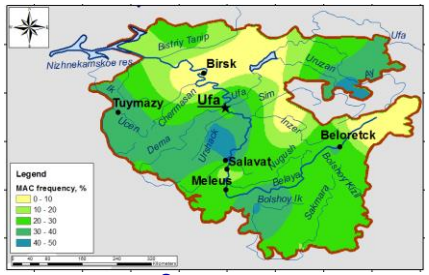
Зимняя межень

Обеспеченность значений ПДК$_{рх}$ азота аммонийного в водотоках бассейна р. Белой в различные фазы водного режима



Половодье

Летне-осенний период



Зимняя межень

Лаборатория гидрологии речных бассейнов. Основные результаты научно-исследовательских работ в 2016 году

Создана база исходной гидрометеорологической информации, включая ежедневные данные о притоке воды в Чебоксарское водохранилище за многолетний период, начиная с года заполнения водохранилища, ежедневные данные метеорологических наблюдений на рассматриваемом водосборе за тот же период, ориентированные на техническую реализацию с использованием свободно распространяемой реляционной СУБД (в рамках договора с Центром развития ВХК)

Структура БД hydromet_cheboksary (на базе PostgreSQL9.3)

meteo_desc

- **Индекс ВМО**
- Название
- Широта, ° с. ш.
- Долгота, ° в. д.
- Административная принадлежность

meteo_var

- **Индекс ВМО**
- **Дата**
- Среднесуточная температура воздуха, °С
- Суточная сумма осадков, мм
- Суточный дефицит влажности воздуха, мБар

meteo_srok

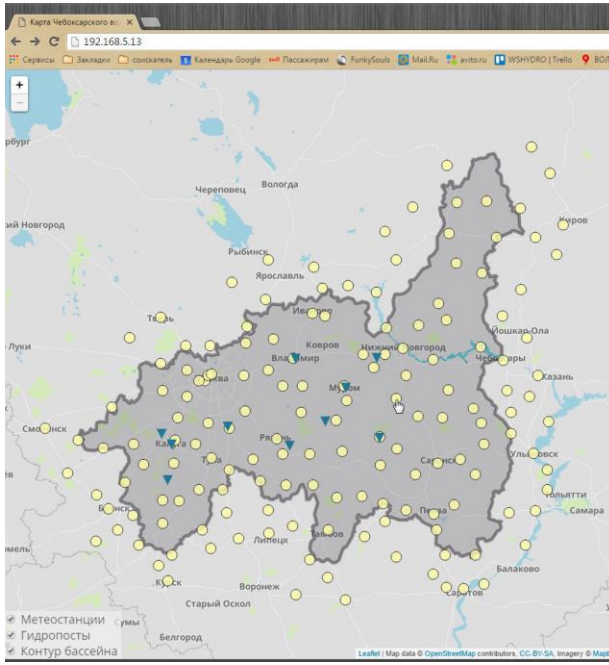
- **Индекс ВМО**
- **Дата**
- Срок наблюдений
- Температура воздуха в срок наблюдения, °С
- 12-часовая сумма осадков за период между сроками, мм

hydro_desc

- **Код поста**
- Полное название
- Название населенного пункта
- Название водного объекта
- Географическая принадлежность
- Широта, ° с.ш.
- Долгота, ° в.д.
- Административная принадлежность
- Площадь водосбора, км^2
- Расстояние от устья, км
- «0» графика поста
- Дата открытия
- Дата закрытия

hydro_var

- **Код поста**
- **Дата**
- Расход воды, м^3



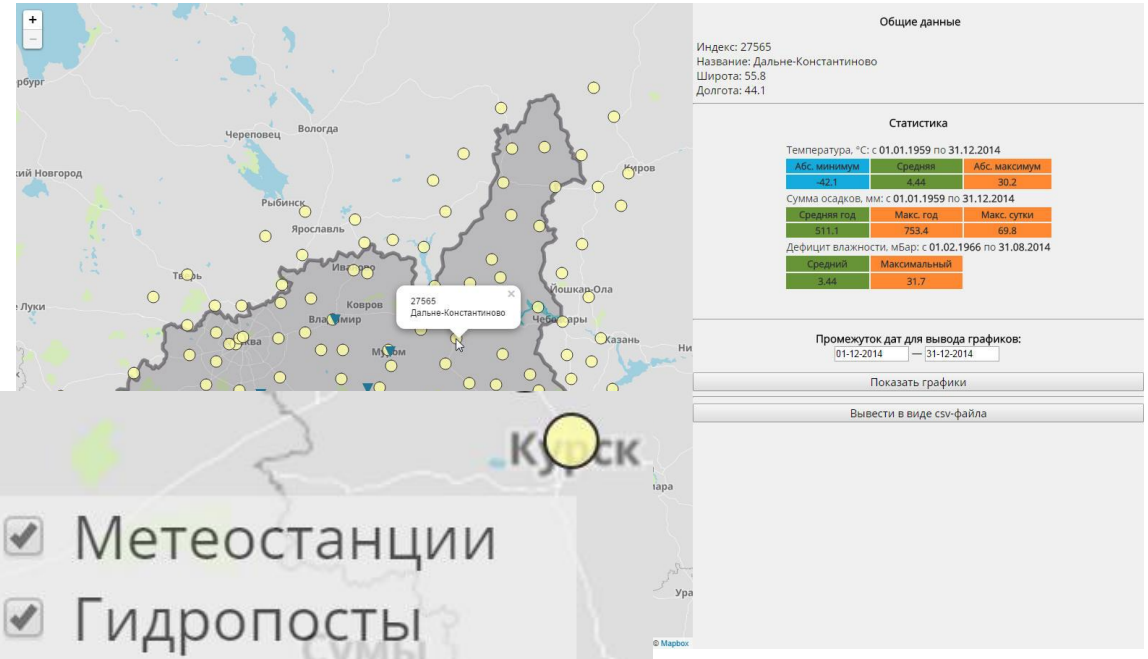
Состав данных

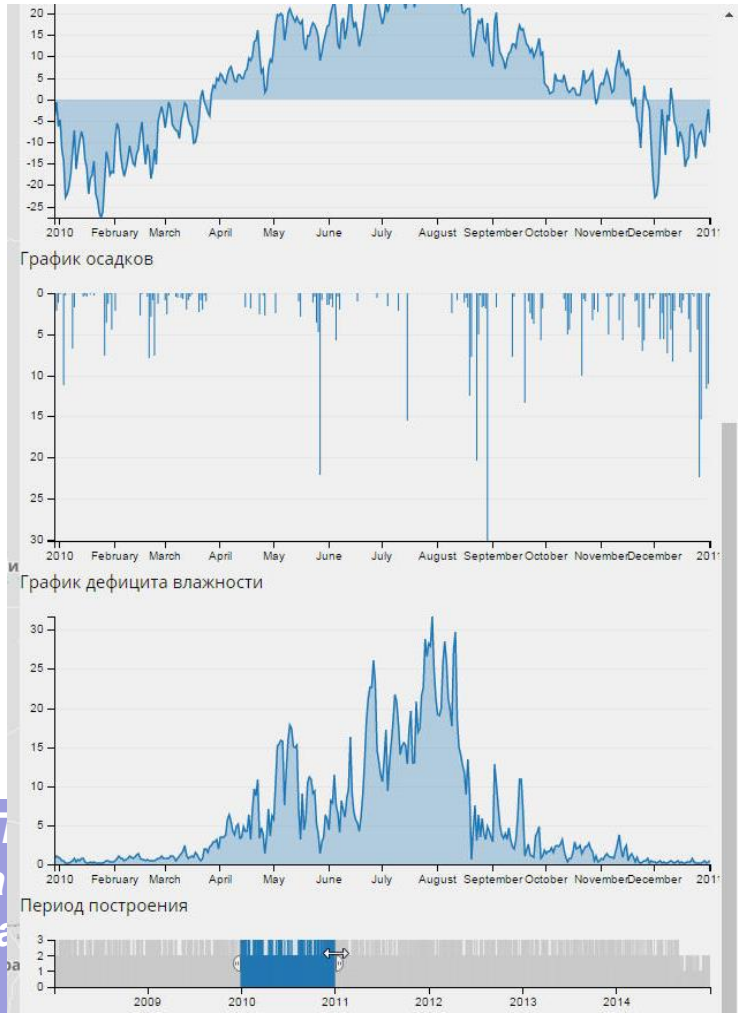
Данные метеорологических измерений (157 станций, период 1.01.1982-31.07.2016)

Данные измерений на гидрометрических постах (10 постов)

Данные о притоке воды в водохранилище (1.01.1982-31.07.2016)

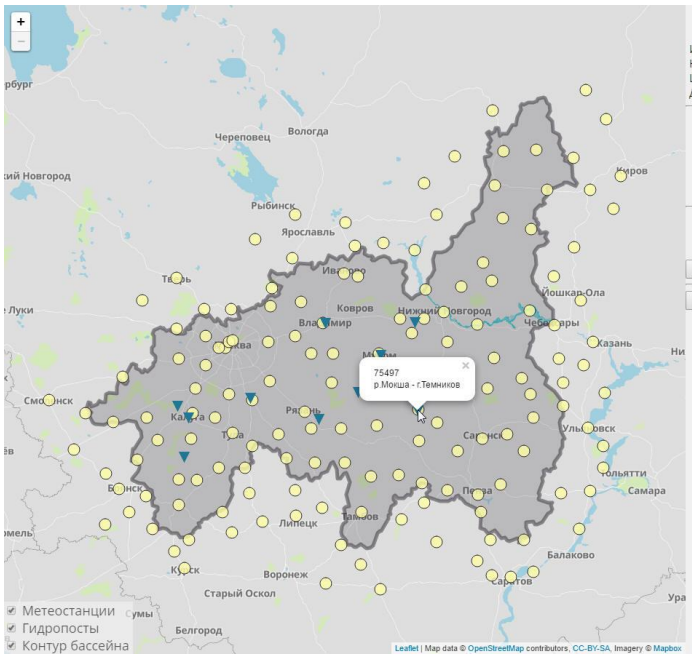
Для облегчения визуального анализа данных исходной гидрометеорологической информации создано веб-приложение, представляющее данные на геоинформационной основе.

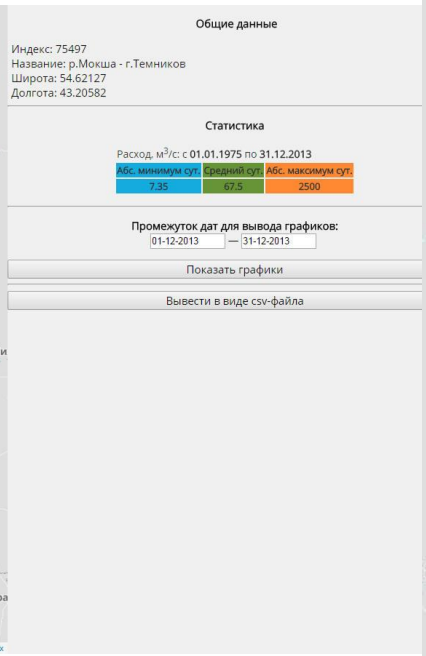


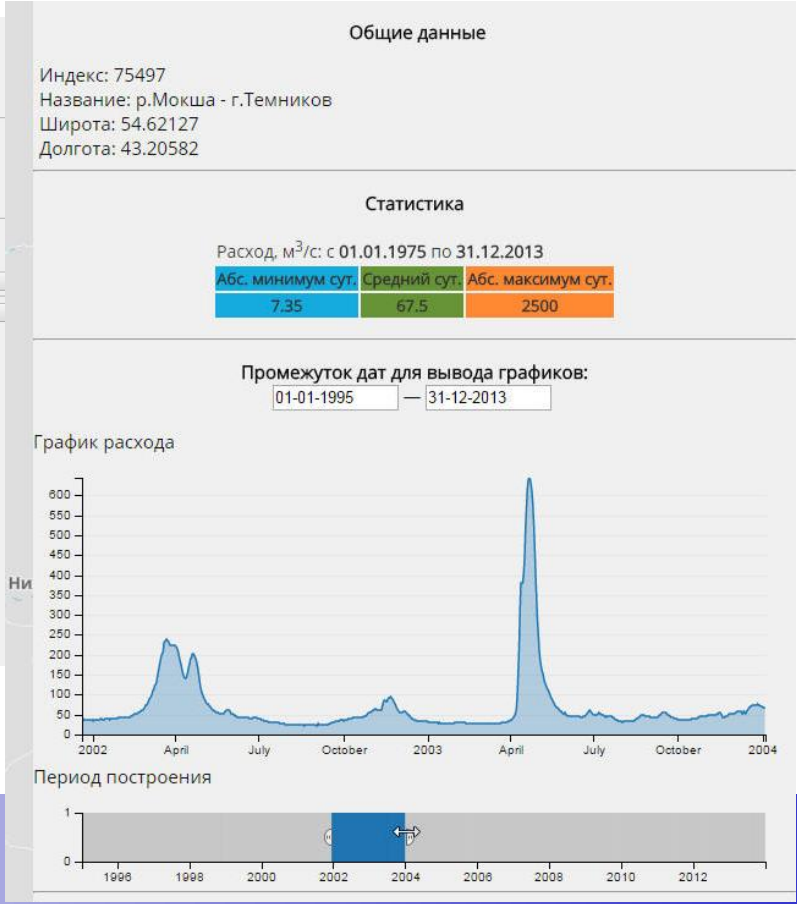


Визуализация данных наблюдений на метеорологических станциях

Для облегчения визуального анализа данных исходной гидрометеорологической информации создано веб-приложение, представляющее данные на геоинформационной основе.







Визуализация данных наблюдений на гидрометрических постах

научно-исследовательских работ в 2016 году

Основные направления исследований

Развитие методов математического моделирования гидрологических процессов

Моделирование гидрологических последствий изменений климата и антропогенной деятельности

Лаборатория гидрологии речных бассейнов

Модернизация методов гидрологических расчетов и прогнозов

Анализ гидрологических систем

Моделирование гидрологических последствий изменений климата и антропогенной деятельности

1. Анализ физических механизмов чувствительности экстремальных гидрологических явлений к изменению климата (рук. д.ф.-м.н. А.Н. Гельфан, отв. исп. к.г.н. И.Н. Крыленко, к.г.н. А.С. Калугин) – в рамках проекта РНФ

2. Исследование неопределенности гидрологических последствий изменения климата в крупных речных бассейнах на основе ансамблевых экспериментов с моделями формирования речного стока и глобальными климатическими моделями (рук. д.ф.-м.н. А.Н. Гельфан, отв. исп. к.г.н. И.Н. Крыленко, к.г.н. А.С. Калугин) – в рамках проекта РФФИ

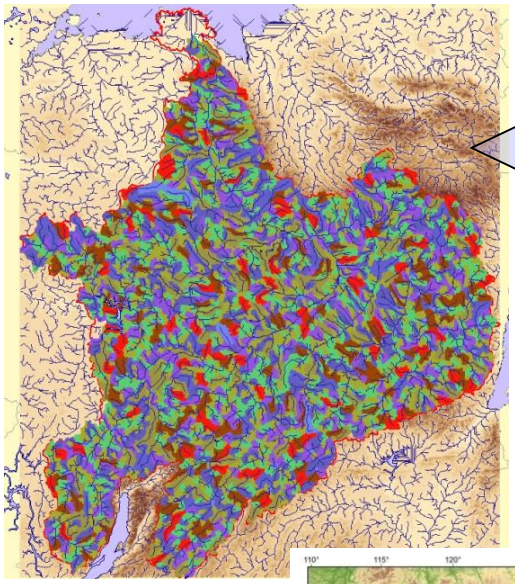
Основные результаты 2016 года

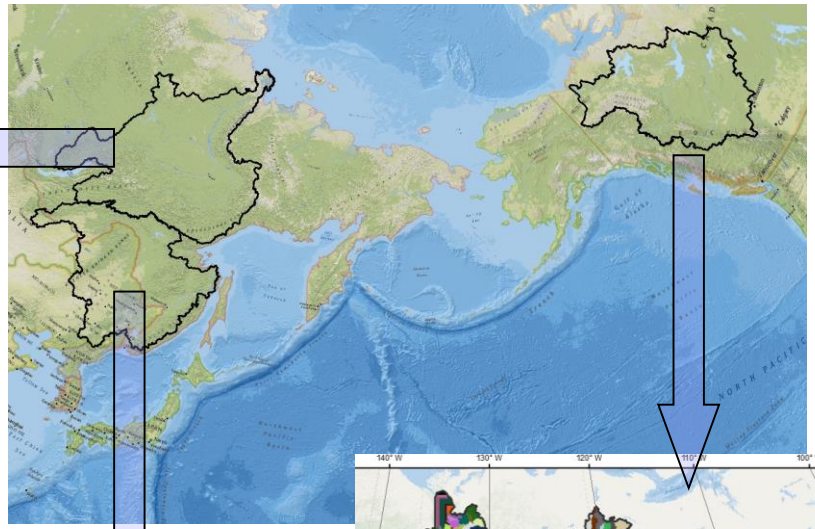
1. **Оценки, на основе гидрологических моделей, чувствительности параметров экстремальных гидрологических явлений к климатическим изменениям условий их формирования**

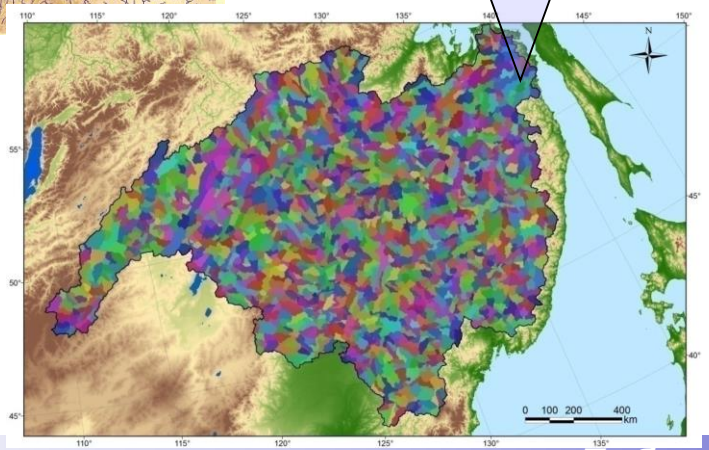
2. **Оценки чувствительности стока весеннего половодья к возможным изменениям условий его формирования в речном бассейне на основе методов динамико-стохастического моделирования и глобального анализа чувствительности**

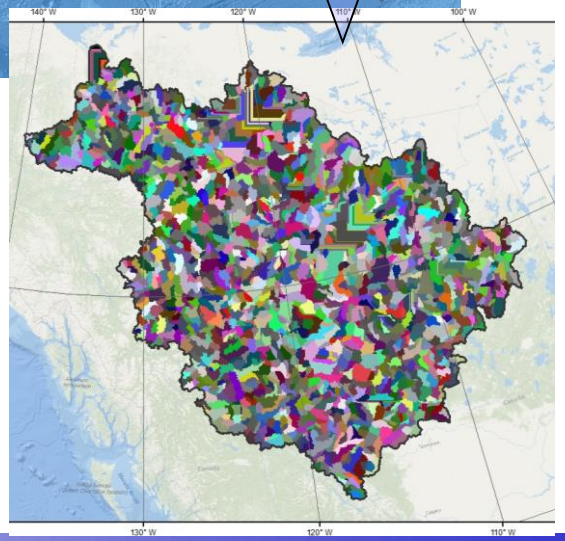
3. **Оценка возможных изменений максимального стока крупных рек на основе численных экспериментов с гидрологической и глобальными климатическими моделями (на примере рек Амур, Лена Маккензи)**

Чувствительность гидрологических характеристик к изменению климата









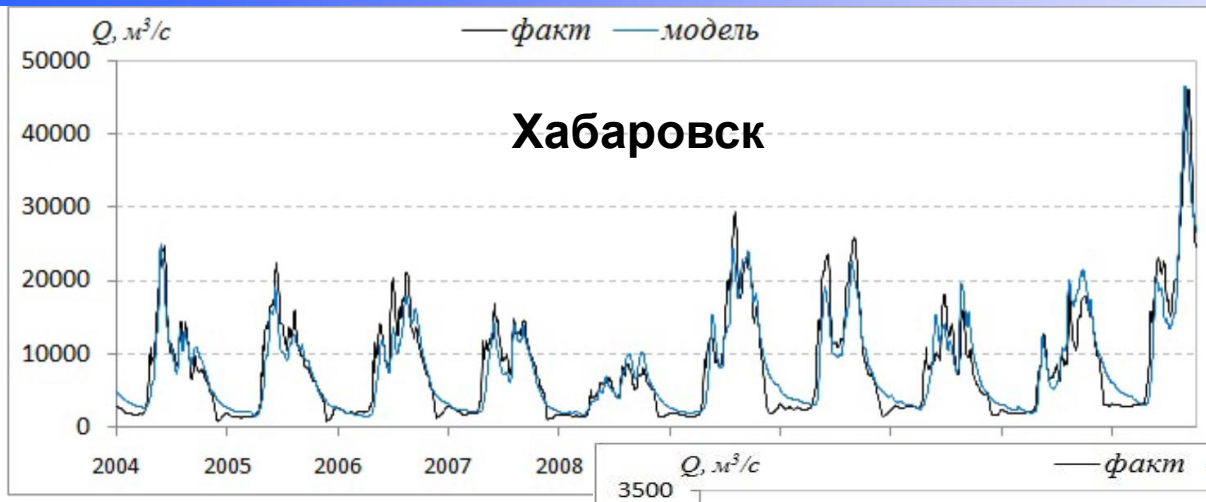
р. Амур - площадь водосбора 1 855 000 km²

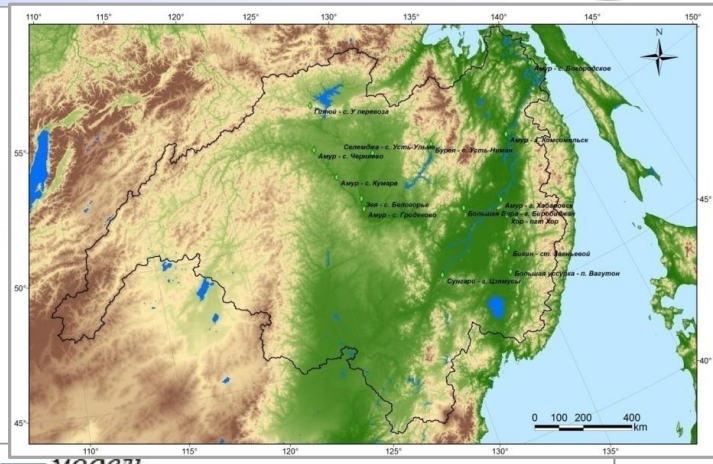
р. Лена - площадь водосбора 2 460 000 km²

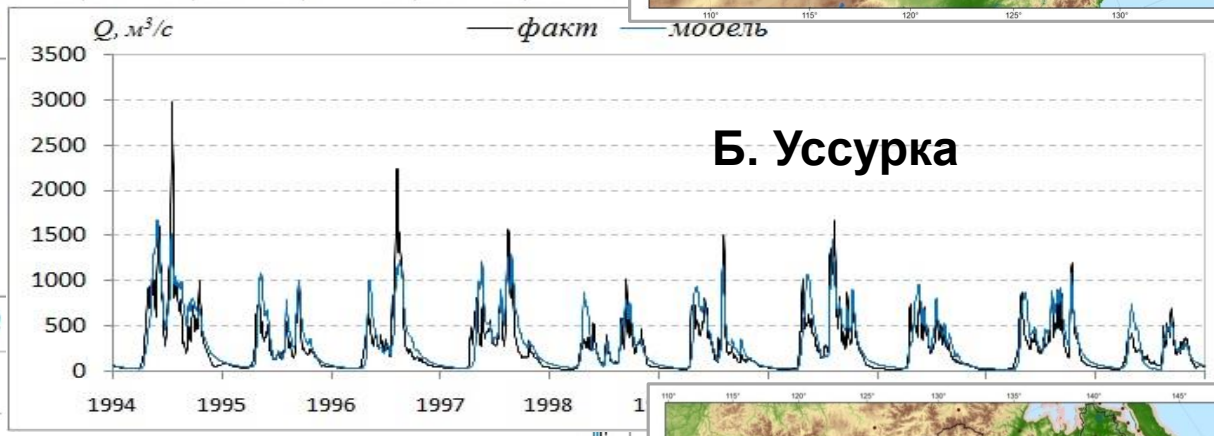
р. Маккензи - площадь водосбора 1 660 000 km²

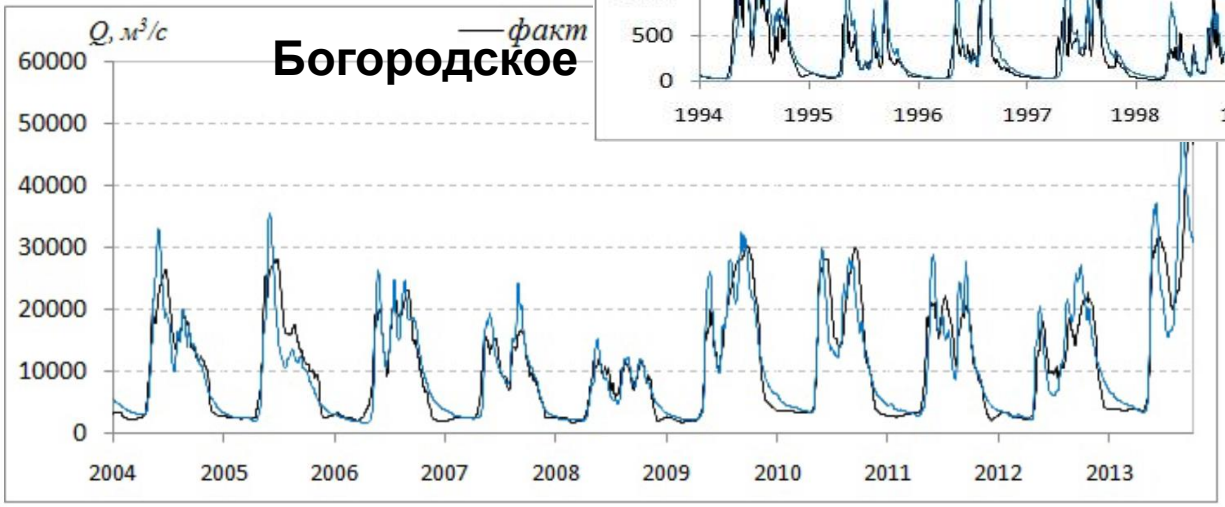
Лаборатория гидрологии речных бассейнов. Основные результаты научно-исследовательских работ в 2016 году

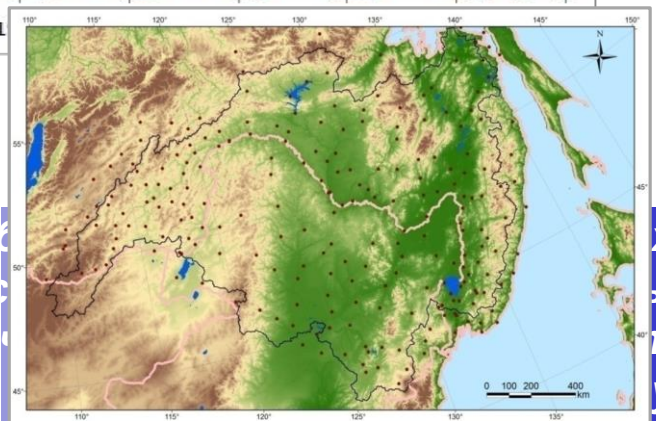
Результаты расчетов стока за период наблюдений (Амур)



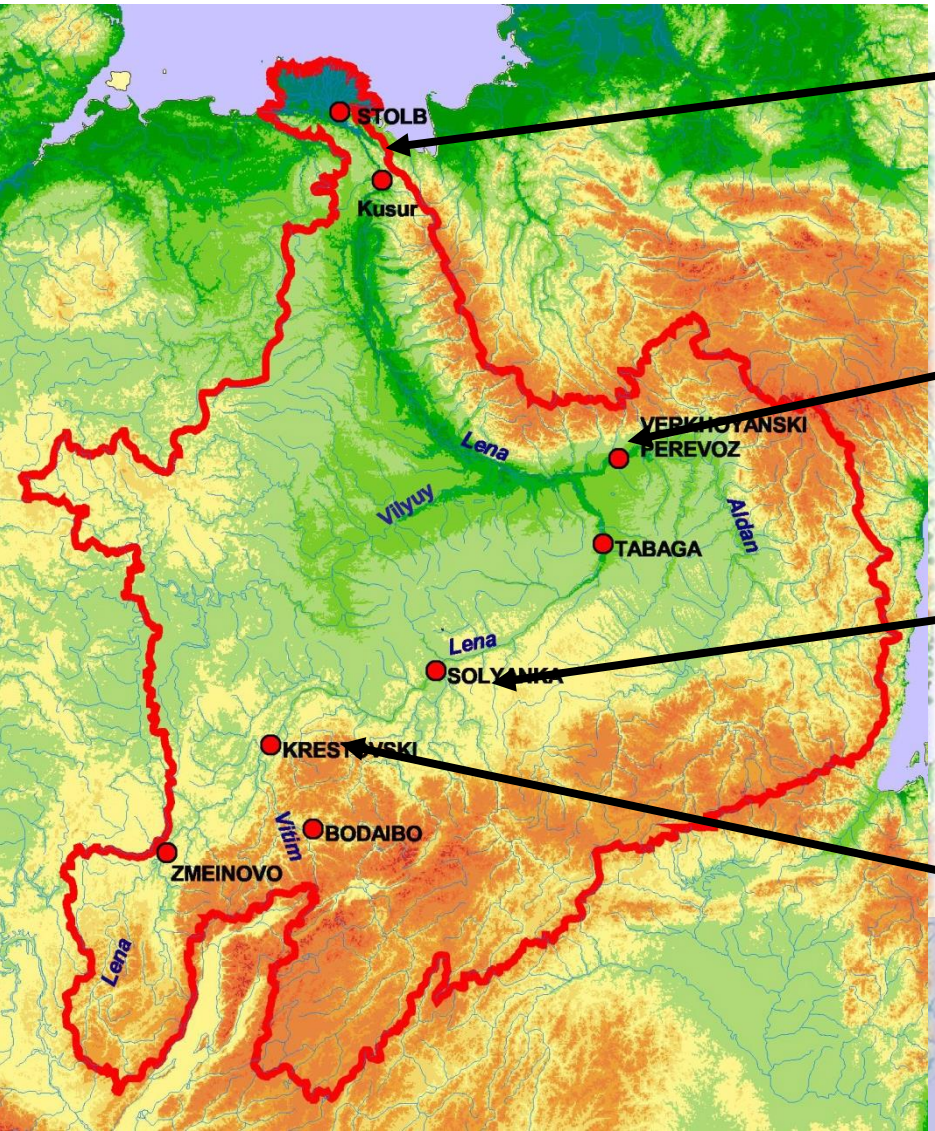


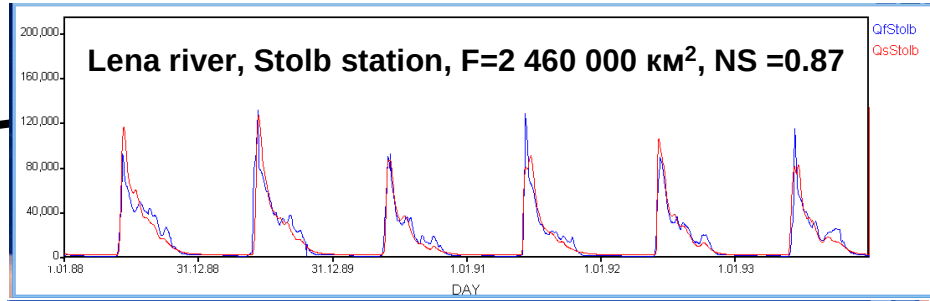


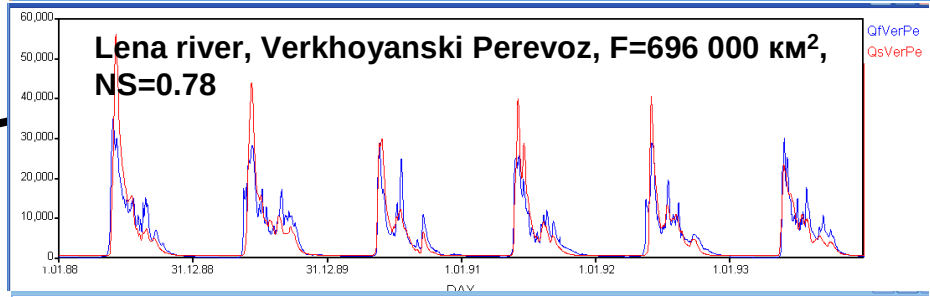


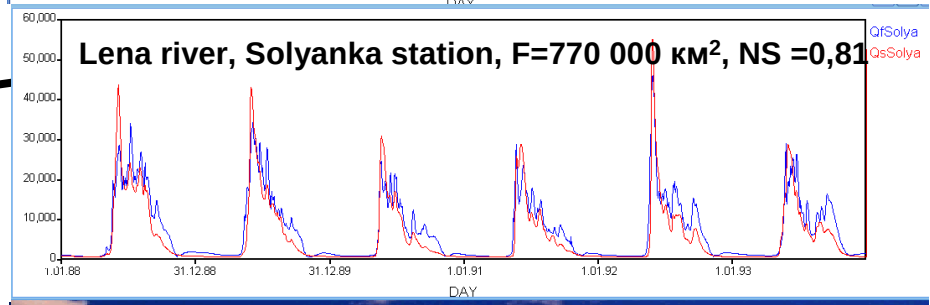


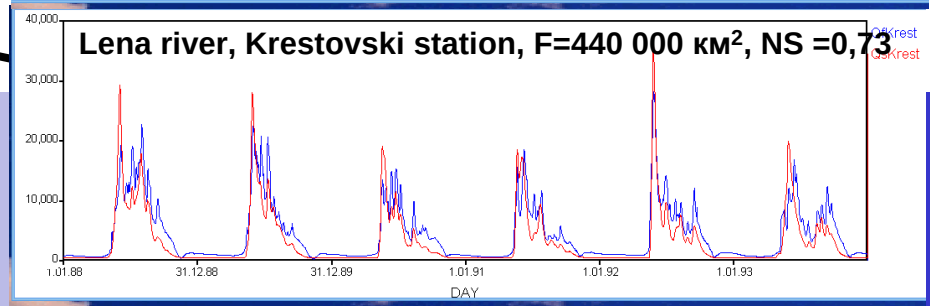
Результаты расчетов стока за период наблюдений (Лена)



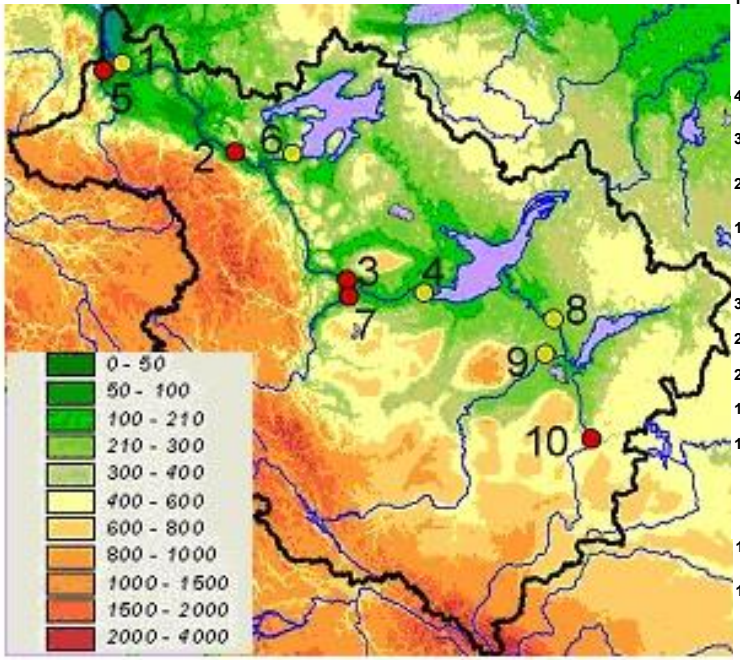


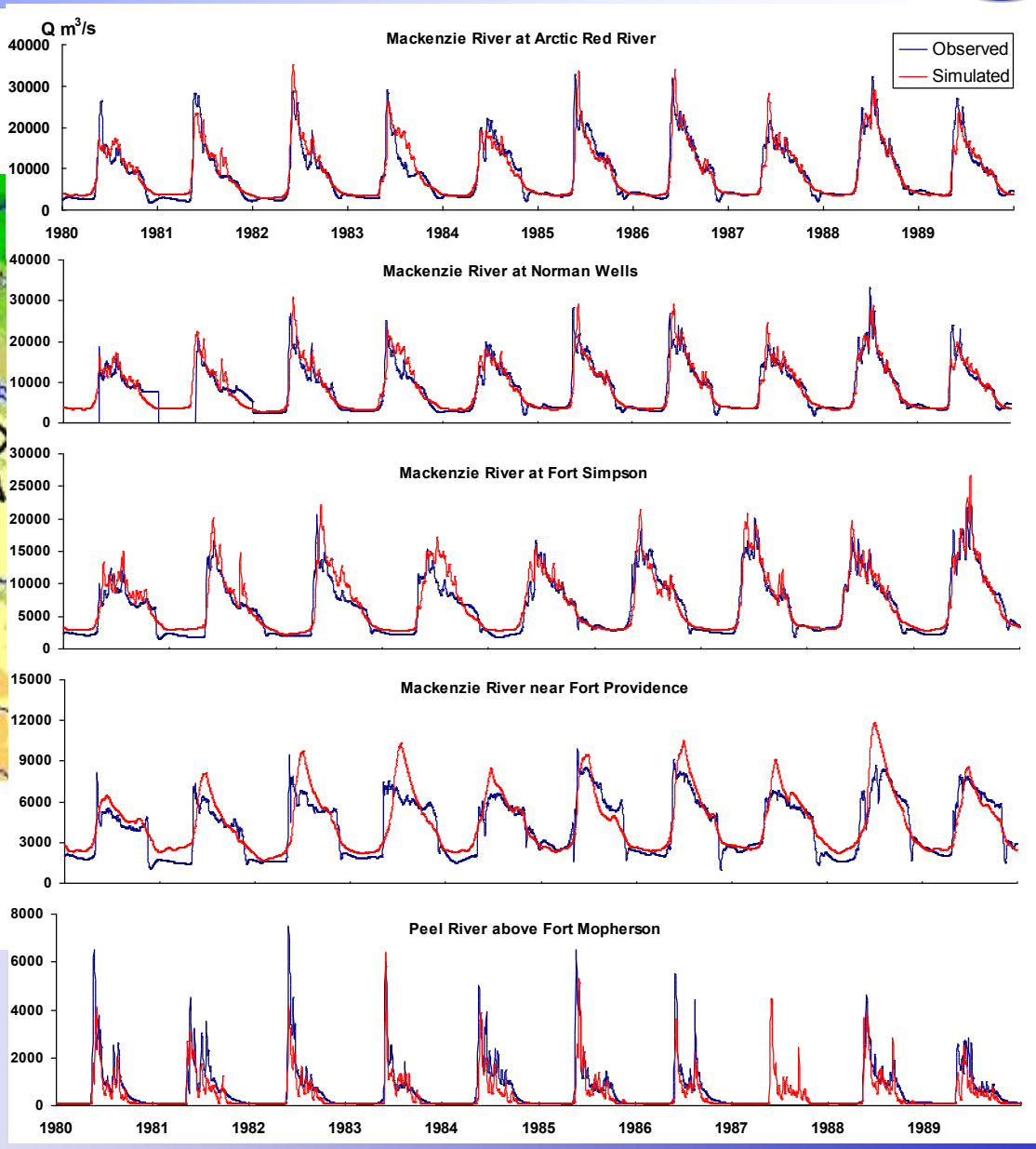






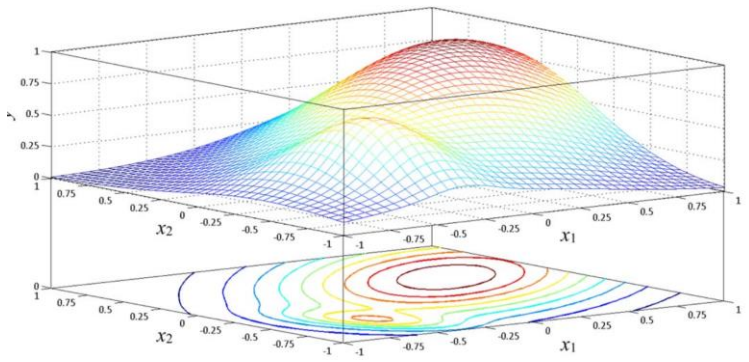
Результаты расчетов стока за период наблюдений (Маккензи)





Чувствительность гидрологических характеристик к изменению климата

Зависимость реакции гидрологической системы от климатических параметров



$$y = f(x_1, \ \ldots, \ x_n)$$

Локальные методы оценки чувствительности к заданному климатическому параметру сводятся к оценке

$$s_i = \left(\frac{\partial y}{\partial x_i}\right)_{(x_1^*, \ \ldots, \ x_n^*)}$$

$$s_{ij} = \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x_j \partial x_i}\right)_{(x_1^*, \ \ldots, \ x_n^*)}$$

$$s_{ijk} = \left(\frac{\partial^3 y}{\partial x_k \partial x_j \partial x_i}\right)_{(x_1^*, \ \ldots, \ x_n^*)}$$

Чувствительность гидрологических характеристик к изменению климата

Изменения (%) среднего объема стока р. Амур с расходами воды Q>Q35%=13000 м3/с, рассчитанные при различных сочетаниях изменений климатических параметров

ΔP, % ΔT, ºC	-5	0	5	10	20
-1	3.0	20.0	37.3	55.3	90.2
-0.5	-9.0	10.6	27.1	44.8	80.1
0	-19.5	0	17.4	34.8	69.7
0.5	-28.6	-11.5	7.3	24.5	59.7
1	-38.4	-21.6	-3.1	14.3	48.8
2	-53.7	-38.8	-23.3	-6.5	27.4

Увеличение средней по бассейну нормы осадков на 10% приводит к интенсивному росту максимального стока р. Амур – на 35-85%, в зависимости от величины порогового расхода. Столь сильная чувствительность характеристик максимального стока р. Амур к изменению осадков обусловлена высокой степенью нелинейности процессов формирования стока в рассматриваемом бассейне.

Чувствительность гидрологических характеристик к изменению климата

Изменения (%) среднего объема стока р. Лены с расходами воды Q>Q35%=16000 м3/с, рассчитанные при различных сочетаниях изменений климатических параметров

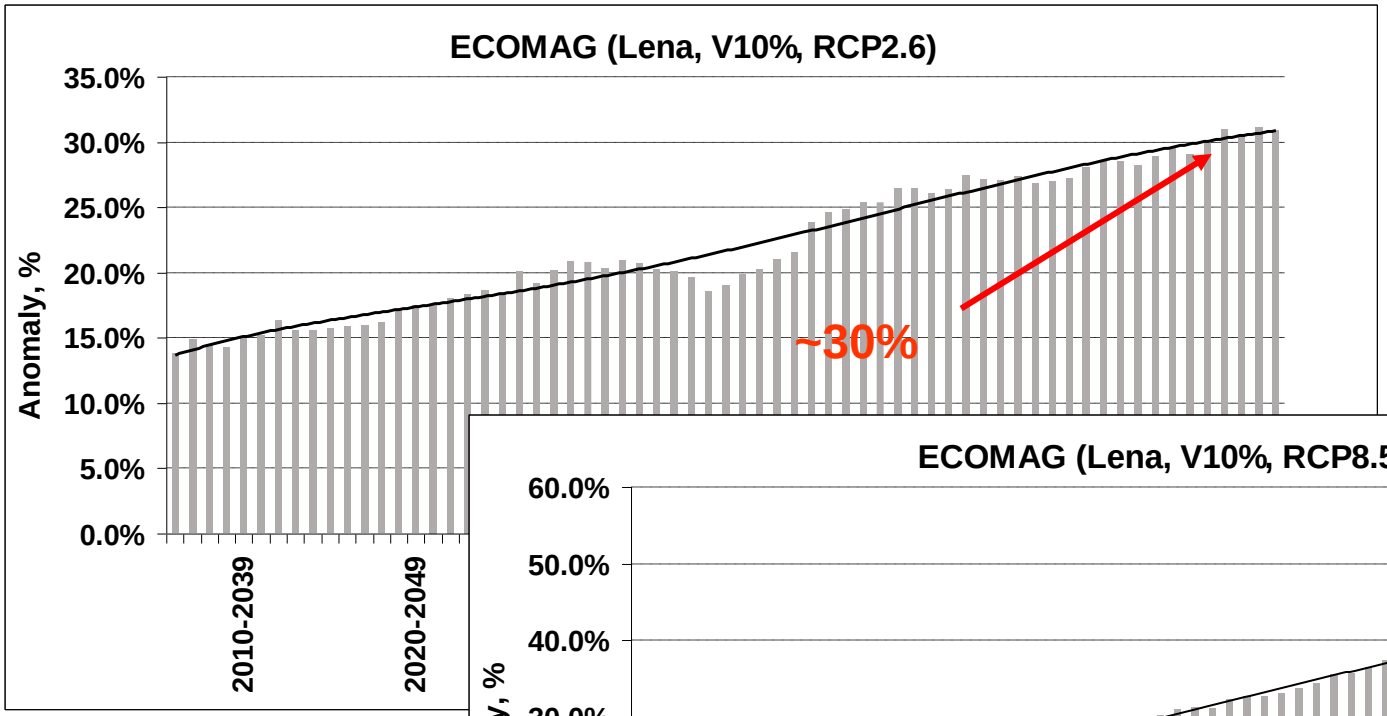
ΔT, °C ΔP, %	0	1	2	-1
0	257 (0%)	227 (-12%)	201 (-22%)	284 (+11%)
10	324 (+26%)	293 (+14%)	264 (+3%)	356 (+38%)
20	397 (+55%)	364 (+42%)	331 (+29%)	431 (+68%)
-10	191 (-26%)	167 (-35%)	145 (-44%)	218 (-15%)

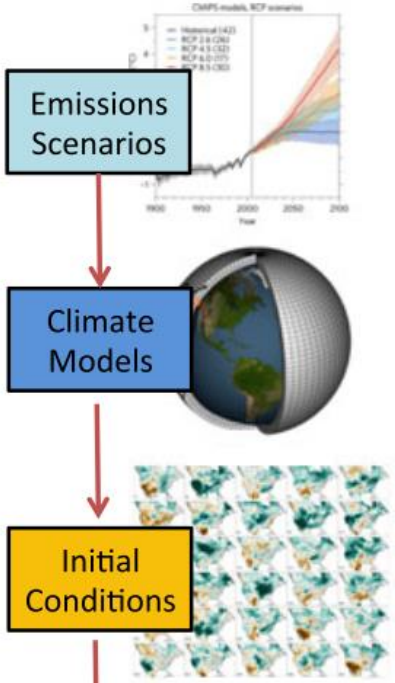
Лена и Маккензи

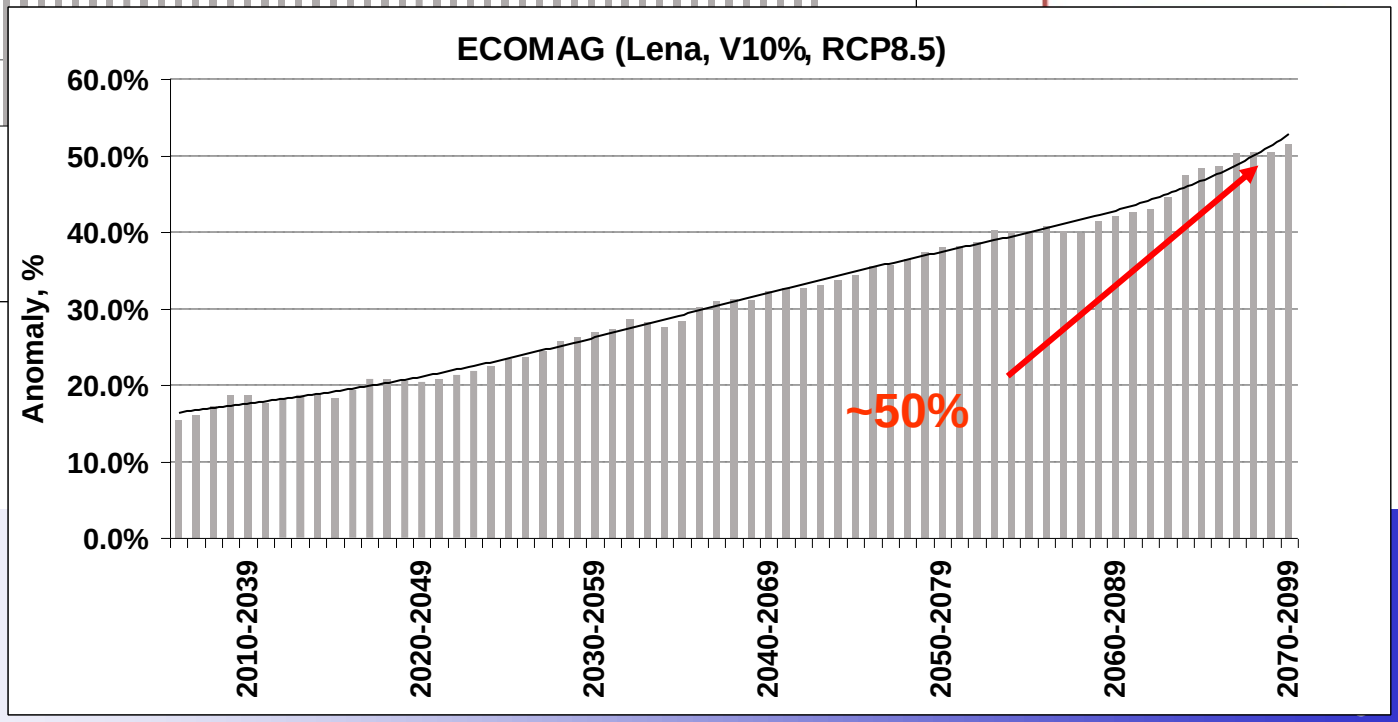
Уменьшение объёма максимального стока р.Лены при увеличении температуры на 1 градус и неизменном количестве осадков составляет порядка 10-25% в зависимости от заданного порога. Чувствительность максимального стока р. Лена к изменению осадков на 10% растет с ростом заданного порога расходов и составляет от 25 до 45%. Чувствительность максимального стока р. Маккензи к изменению температуры воздуха на 1 градус оказалась почти такой же, как для стока р. Лена, при этом реакция максимального стока Макензи на изменение осадков оказалась сильнее

Оценка возможных изменений максимального стока при изменении климата

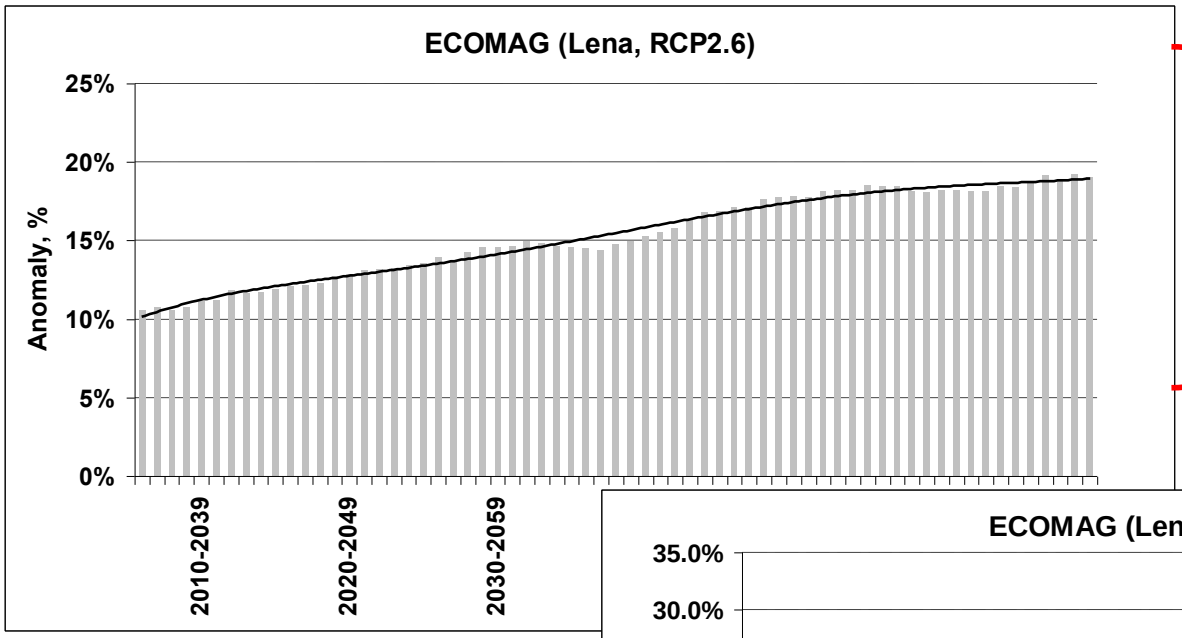
Mean ensemble anomaly (Lena River; V10%)





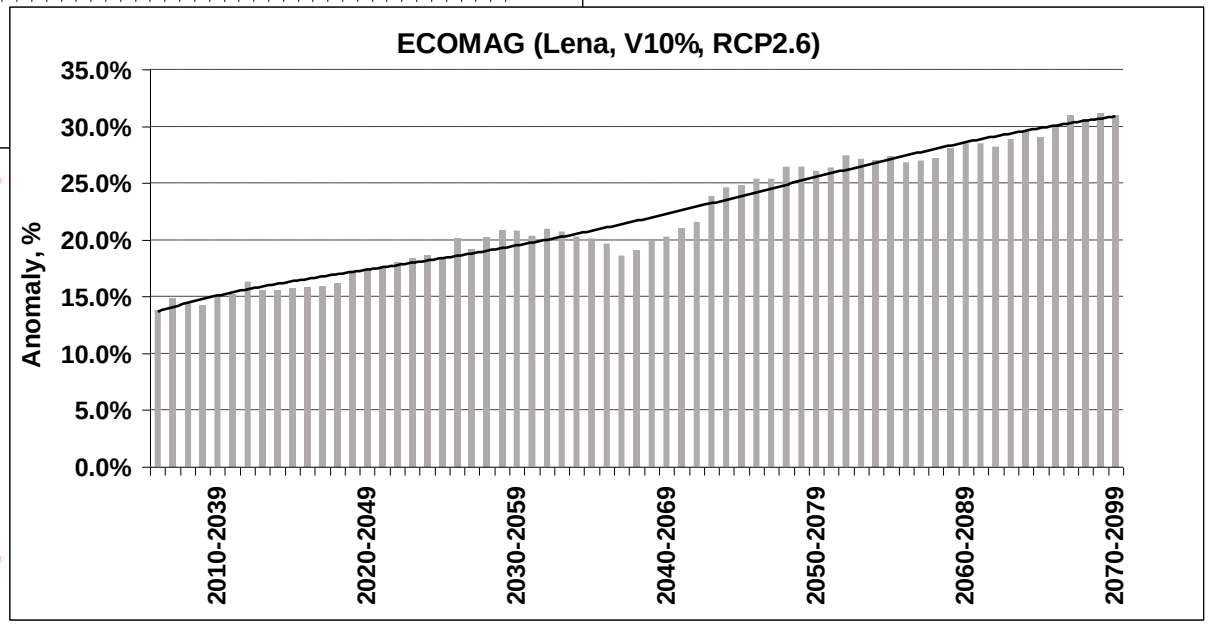


Оценка возможных изменений максимального стока при изменении климата



Growth of annual flow anomalies forced with the mitigation RCP2.6 scenario slows down by the end of the century.

Extreme flow anomalies turned out insensitive to decline in radiative forcing trajectory of the mitigation RCP2.6 scenario



Основные направления исследований

Развитие методов математического моделирования гидрологических процессов

Моделирование гидрологических последствий изменений климата и антропогенной деятельности

Лаборатория гидрологии речных бассейнов

Модернизация методов гидрологических расчетов и прогнозов

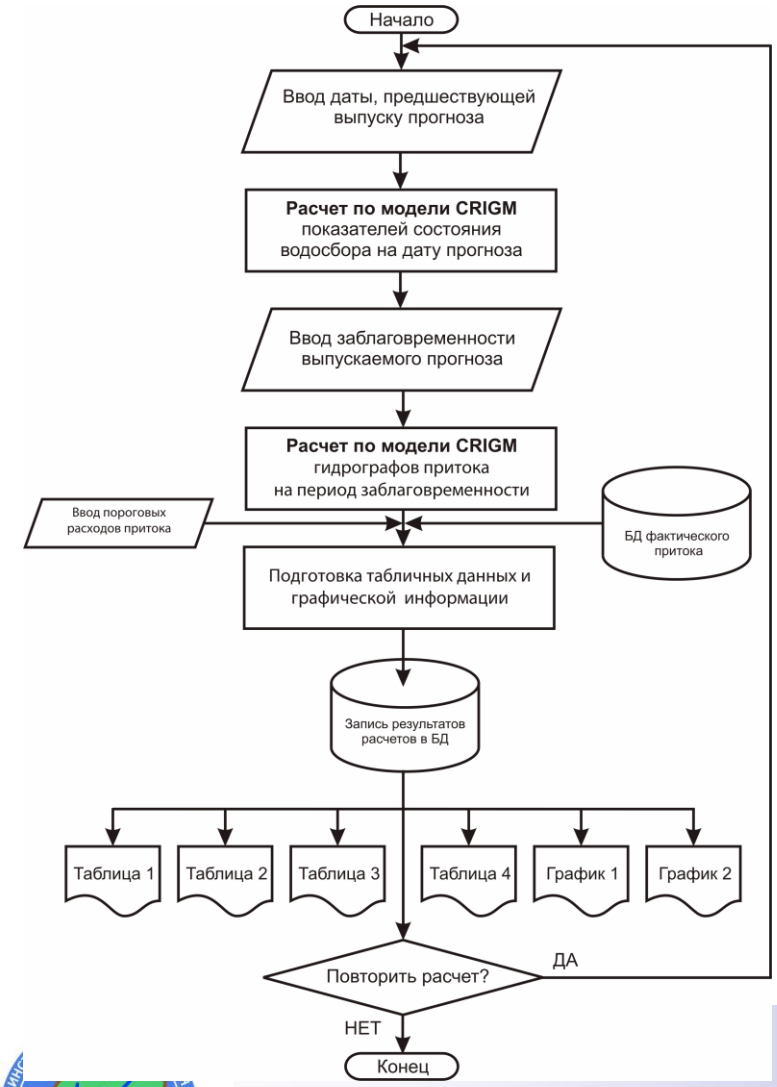
Анализ гидрологических систем

Основные результаты 2016 года

1. Разработка автоматизированной системы для ансамблевого долгосрочного прогноза характеристик незарегулированного весеннего притока воды в Чебоксарское водохранилище на основе модели формирования стока (рук. А.Н. Гельфан, отв. исп. В.М. Морейдо) – в рамках договора с Центром развития ВХК

2. Разработка системы оперативного краткосрочного прогноза притока воды в Бурейское водохранилище (рук. Ю.Г. Мотовилов) – в рамках договора с филиалом ПАО «РусГидро» – «Бурейская ГЭС» , отв. исп. орп

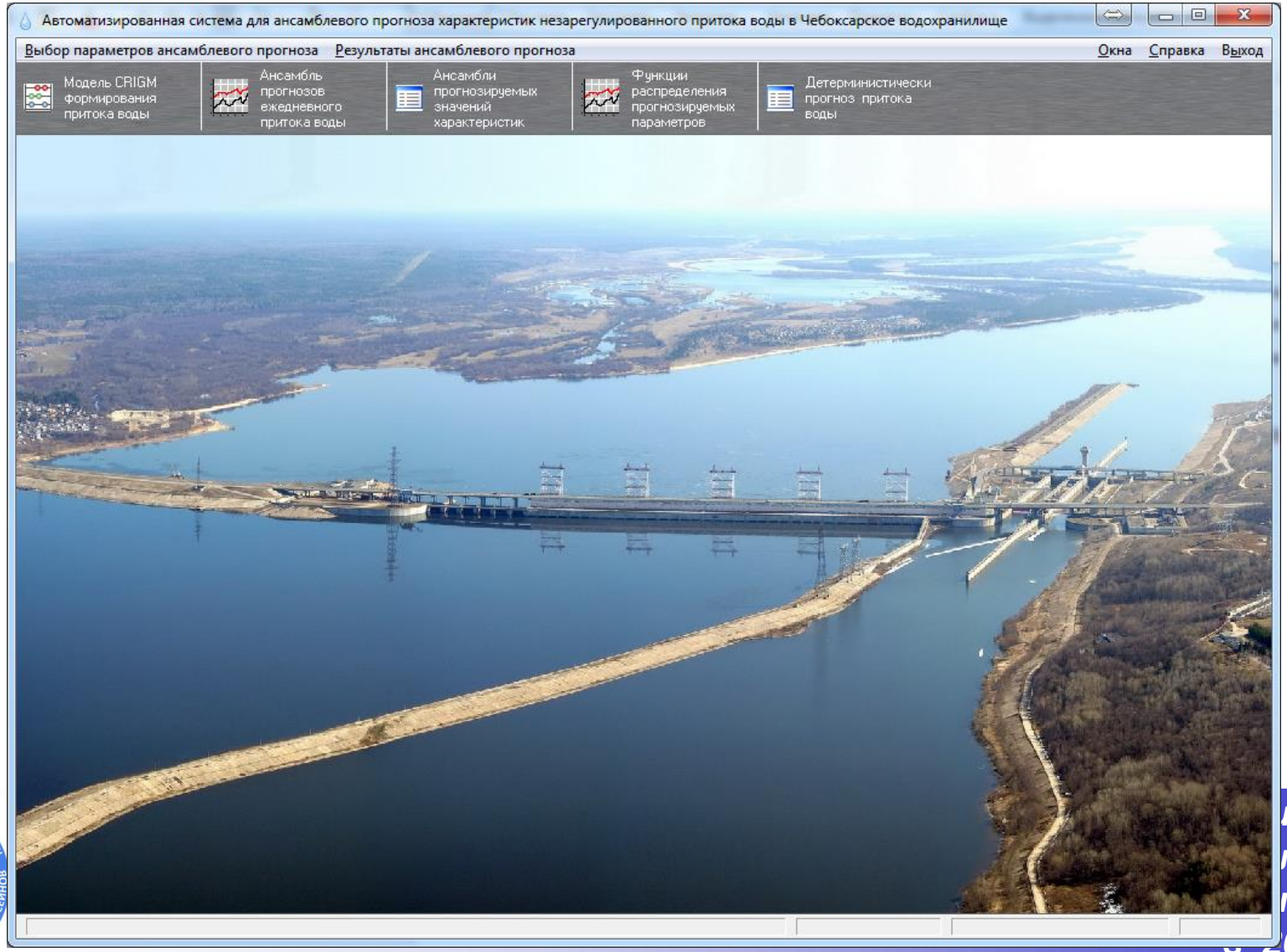
Автоматизированная система для ансамблевого долгосрочного прогноза притока воды в водохранилище



Создан образец первой отечественной автоматизированной системы долгосрочного ансамблевого прогноза притока воды в Чебоксарское водохранилище, основанной на модели формирования речного стока и использующей метеорологические данные для расчета начальных условий и прогнозируемых характеристик притока: объема, максимального расхода, продолжительности периодов с расходом воды выше/ниже заданных значений

Автоматизированная система для ансамблевого долгосрочного прогноза притока воды в водохранилище

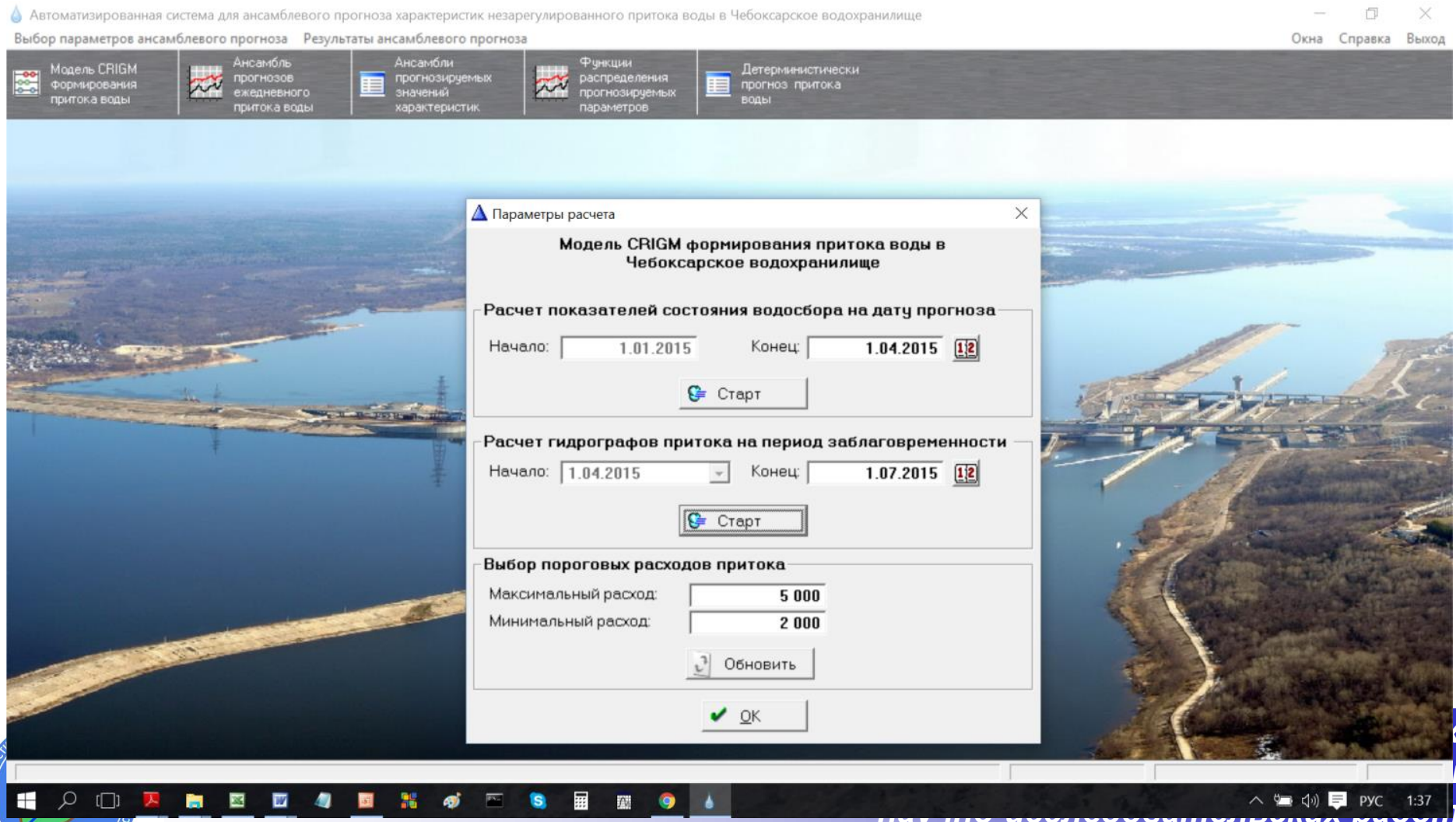
Рабочее окно автоматизированной системы прогноза



речных
льтаты
их работ
2016 году

Автоматизированная система для ансамблевого долгосрочного прогноза притока воды в водохранилище

Управляющее окно «Параметры расчета»



в 2016 году

Автоматизированная система для ансамблевого долгосрочного прогноза притока воды в водохранилище

Окна «Ансамблевый прогноз ежедневных расходов притока» и «Ансамбли прогнозируемых характеристик притока»

Автоматизированная система для ансамблевого прогноза характеристик незарегулированного притока воды в Чебоксарское водохранилище

Выбор параметров ансамблевого прогноза | Результаты ансамблевого прогноза | Окна | Справка | Выход

Модель CRIGM формирования притока воды | Ансамбль прогнозов ежедневного притока воды | Ансамбли прогнозируемых значений характеристик | Функции распределения прогнозируемых параметров | Детерминистически прогноз притока воды

Ансамбль пр

Дата	Средний	Факт.	Meteo 1967	Met
5.04.2015	2 207.86	2 140.00	2 051.98	
6.04.2015	2 273.60	2 280.00	2 034.12	
7.04.2015	2 355.91	2 180.00	2 012.21	
8.04.2015	2 455.41	2 260.00	1 986.37	
9.04.2015	2 571.97	2 020.00	1 957.07	
10.04.2015	2 703.62	1 870.00	1 929.45	
11.04.2015	2 845.53	2 020.00	1 913.62	
12.04.2015	2 995.85	2 100.00	1 918.72	
13.04.2015	3 152.04	2 020.00	1 952.43	
14.04.2015	3 312.71	2 090.00	2 035.02	
15.04.2015	3 472.29	2 390.00	2 182.08	
16.04.2015	3 623.43	2 700.00	2 396.92	
17.04.2015	3 759.28	2 920.00	2 662.99	
18.04.2015	3 877.10	3 150.00	2 958.18	
19.04.2015	3 976.40	3 350.00	3 253.89	
20.04.2015	4 059.04	3 630.00	3 518.93	
21.04.2015	4 127.09	3 870.00	3 735.64	
22.04.2015	4 180.78	4 080.00	3 899.33	
23.04.2015	4 222.18	4 280.00	4 026.03	
24.04.2015	4 251.17	4 360.00	4 173.96	
25.04.2015	4 267.18	4 480.00	4 337.86	
26.04.2015	4 269.17	4 520.00	4 508.27	
27.04.2015	4 257.98	4 510.00	4 661.81	
28.04.2015	4 234.82	4 480.00	4 774.77	
29.04.2015	4 201.07	4 460.00	4 834.72	
30.04.2015	4 159.10	4 440.00	4 840.38	
1.05.2015	4 109.45	4 340.00	4 797.44	
2.05.2015	4 053.19	4 280.00	4 721.29	
3.05.2015	3 990.04	4 200.00	4 614.49	
4.05.2015	3 920.22	4 110.00	4 483.75	

Meteo 1977	Meteo 1978	Meteo
2 145.24	2 054.33	2 0
2 148.36	2 037.73	2 0
2 144.54	2 018.68	2 0
2 133.52	2 001.20	2 0
2 116.06	1 988.75	2 0
2 093.70	1 983.07	2 1
2 068.49	1 988.01	2 1
2 042.37	2 007.64	2 1
2 018.01	2 044.95	2 1
2 017.36	2 095.15	2 2
2 051.94	2 153.15	2 3
2 117.35	2 213.27	2 3
2 211.39	2 270.39	2 4
2 320.73	2 323.67	2 5
2 425.50	2 384.41	2 6
2 509.78	2 489.69	2 6
2 567.23	2 659.33	2 7
2 598.96	2 904.64	2 8
2 615.22	3 223.40	2 8
2 633.54	3 600.24	2 9
2 680.19	4 016.14	3 0
2 789.56	4 432.53	3 0
2 978.58	4 792.13	3 1
3 249.47	5 060.18	3 2
3 578.97	5 230.96	3 3
3 928.37	5 317.60	3 4
4 263.64	5 341.72	3 6
4 549.18	5 337.89	3 7
4 754.74	5 335.96	3 9
4 868.19	5 352.10	4 0

Таблица 2

Ансамбли прогнозируемых значений характеристик притока воды в водохранилище
(1.04.2015 - 30.06.2015)

№ члена ансамбля	Объем, км3	Макс. расход, м3/с	Число дней с расходом	
			больше 5000	меньше 2000
1	20.34	4,840.38	0	34
2	26.25	6,547.94	24	28
3	19.34	4,026.04	0	28
4	22.19	5,862.27	12	33
5	20.09	4,924.67	0	34
6	30.28	5,174.08	11	1
7	15.48	4,285.47	0	51
8	26.95	4,418.84	0	1
9	18.25	4,156.06	0	41
10	21.87	4,277.27	0	15
11	18.42	4,898.48	0	33
12	27.99	5,509.80	19	8
13	19.58	4,678.87	0	29
14	28.48	6,797.18	25	16
15	19.93	5,145.64	6	40
16	14.96	3,549.73	0	47
17	22.81	4,848.89	0	27
18	21.01	5,710.02	13	37
19	21.03	4,433.24	0	23
20	17.57	3,796.67	0	36
21	19.74	4,704.56	0	34
22	21.15	4,595.88	0	35
23	20.01	3,840.92	0	31
24	24.20	5,536.67	15	28
25	19.17	4,725.40	0	41

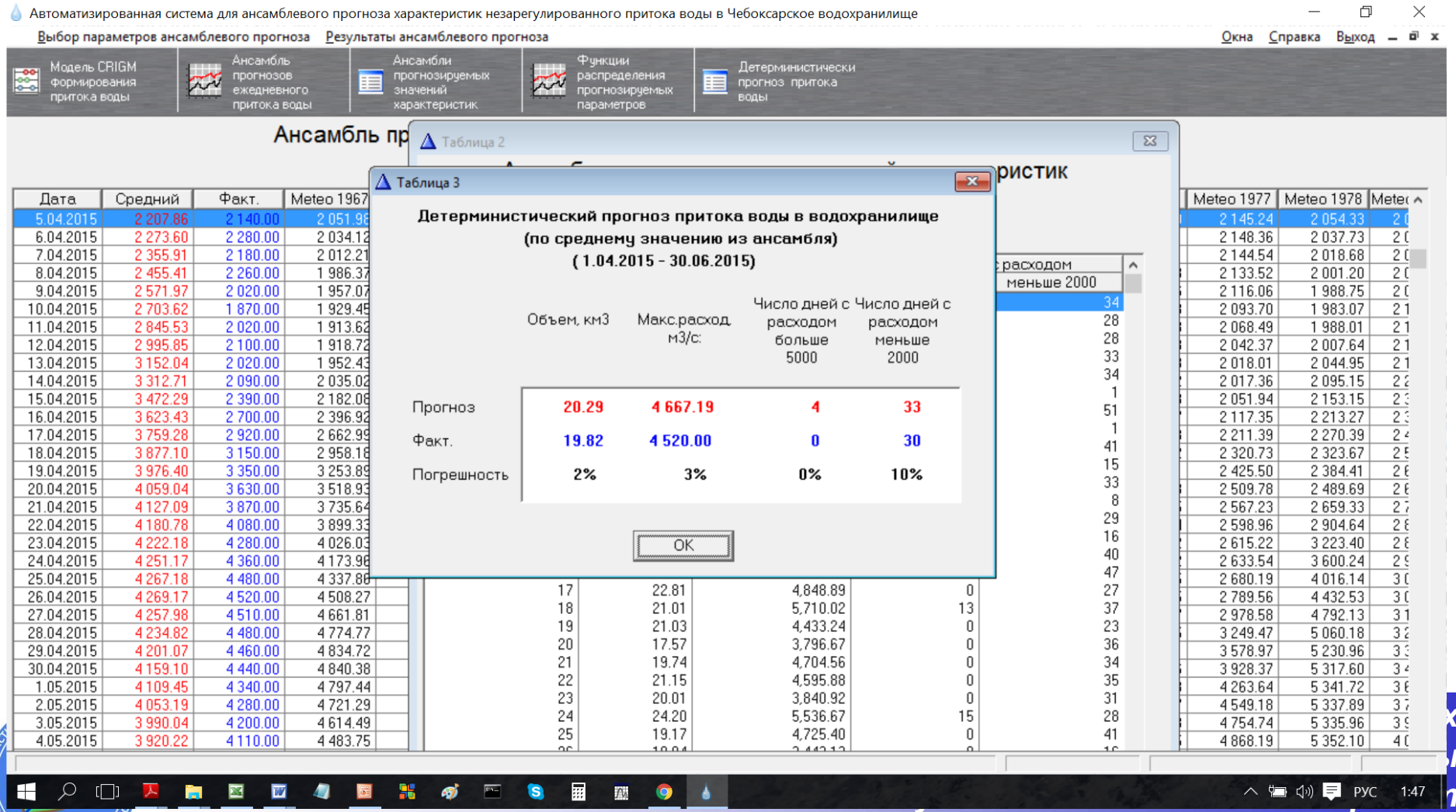
Browsing the Table2 file

РУС 1:45

в 2016 году

Автоматизированная система для ансамблевого долгосрочного прогноза притока воды в водохранилище

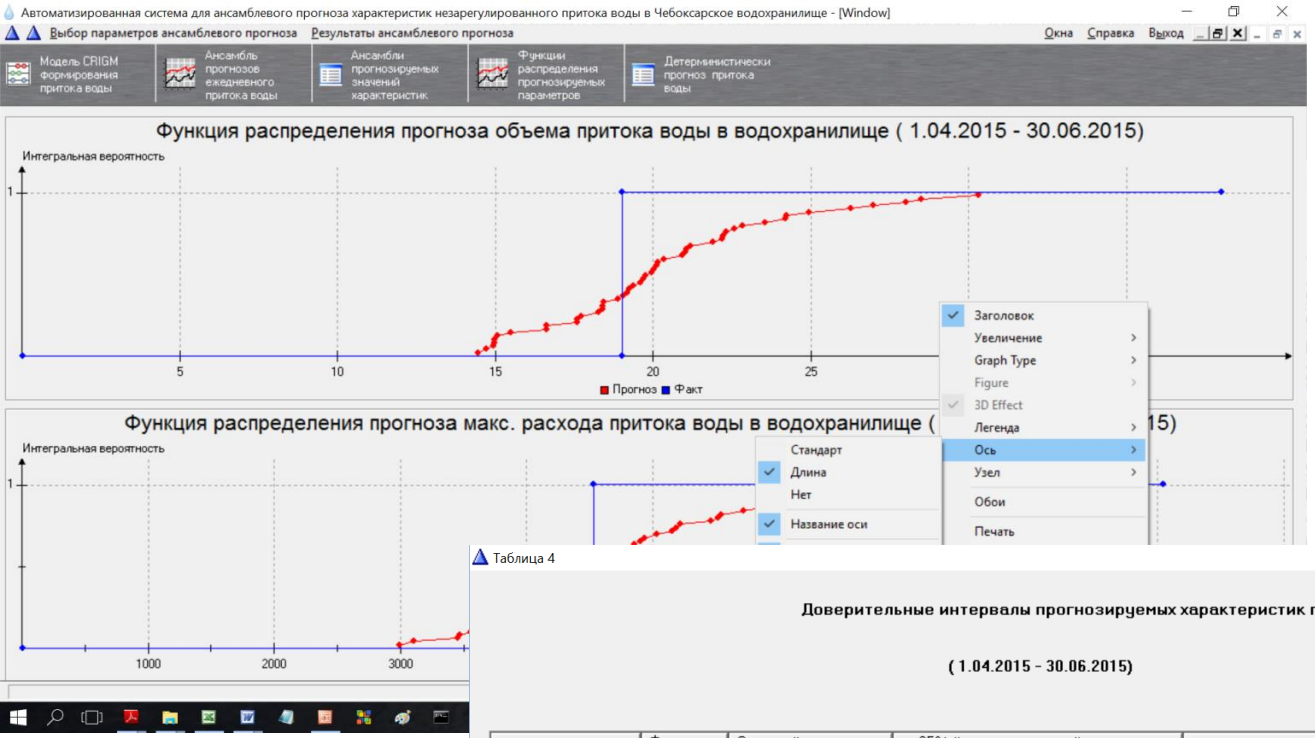
Окно «Детерминистический прогноз притока»

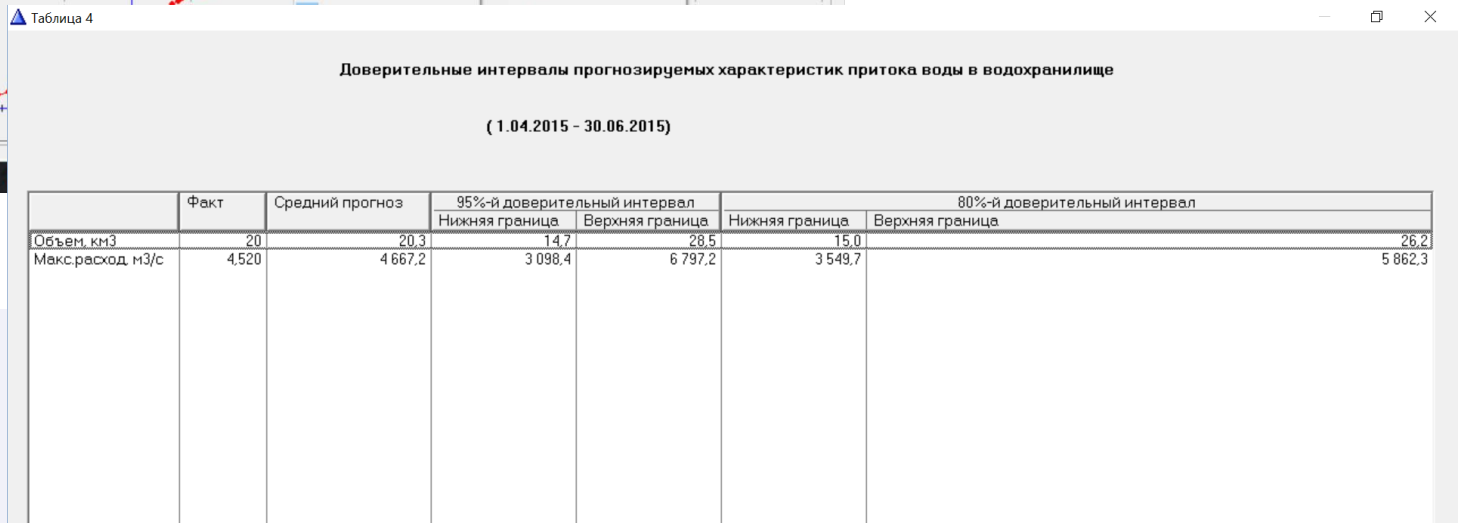


в 2016 году

Автоматизированная система для ансамблевого долгосрочного прогноза притока воды в водохранилище

Окна «Функция распределения прогноза объема и максимального расхода притока» и «Доверительные интервалы прогноза»

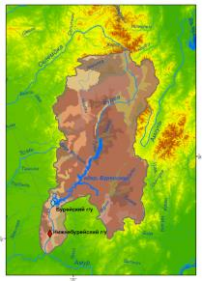


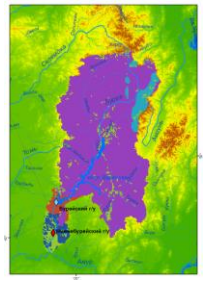


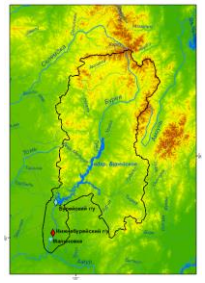
	Факт	Средний прогноз	95%-й доверительный интервал		80%-й доверительный интервал	
			Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница
Объем, км3	20	20,3	14,7	28,5	15,0	26,2
Макс.расход, м3/с	4,520	4 667,2	3 098,4	6 797,2	3 549,7	5 862,3

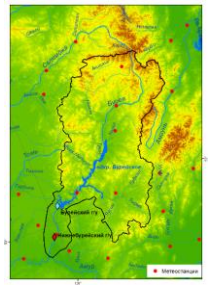
Система оперативного краткосрочного прогноза притока воды в Бурейское водохранилище

1. Разработана модель формирования стока в бассейне Бурейского водохранилища

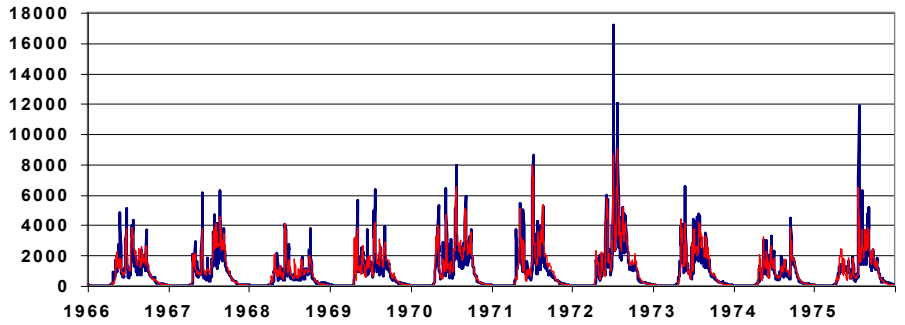

Цифровая почвенная карта

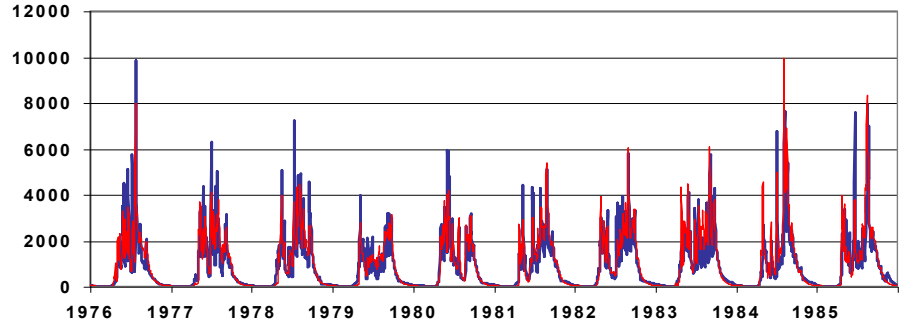

Цифровая ландшафтная карта

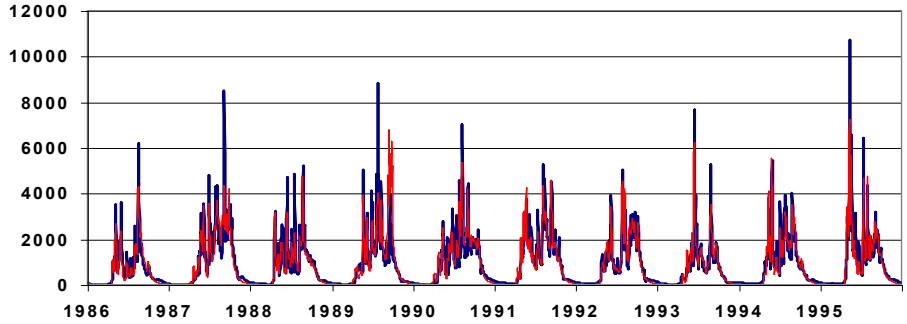

Цифровая модель рельефа

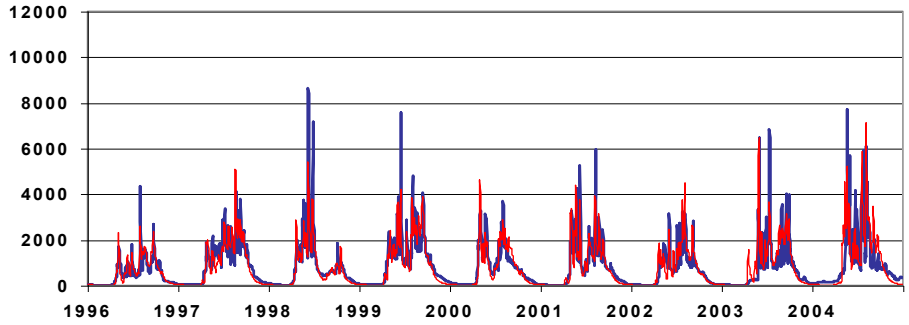

Расположение метеостанций

Валидация модели формирования стока в бассейне р.Буреи производилась для 39-летнего периода наблюдений с 1.01.1966 по 31.12.2004 г. по данным о стоке на гидрологическом посту (г/п) Малиновка, находящемся в нижнем течении р.Буреи (вблизи створа строящейся Нижне-Бурейской ГЭС)



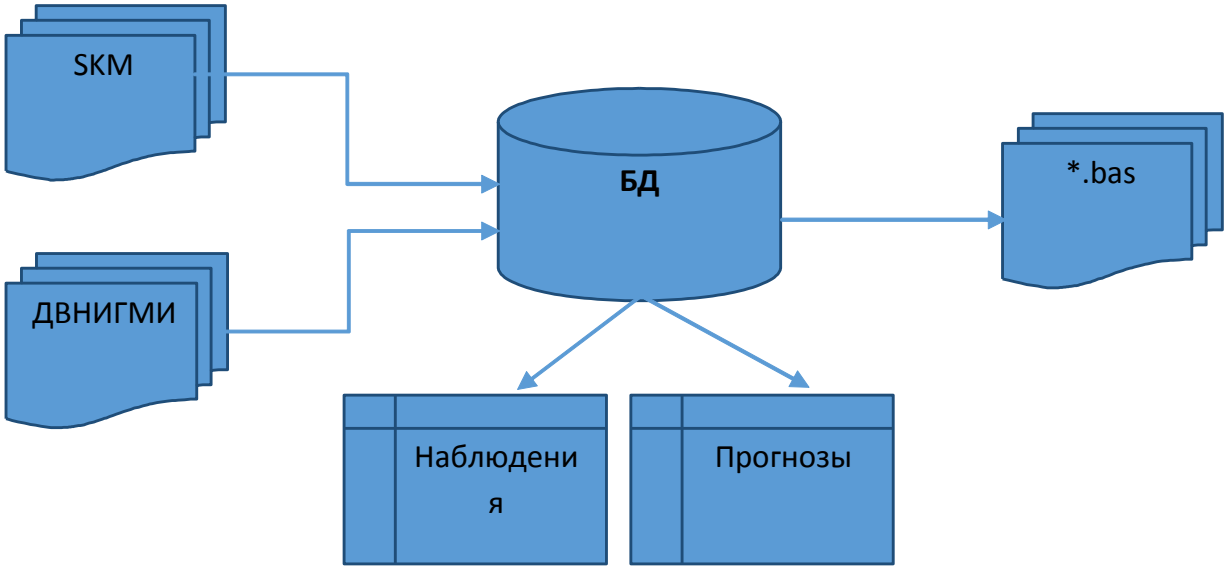






Система оперативного краткосрочного прогноза притока воды в Бурейское водохранилище

Разработана методика краткосрочного прогноза притока воды в Бурейское водохранилище на основе модели формирования речного стока в бассейне р. Бурея, созданной на базе моделирующей системы - информационно-вычислительного комплекса ECOMAG, с использованием краткосрочных метеорологических прогнозов по мезомасштабной метеорологической модели WRF и прогностической модели Европейского центра ECMWF.

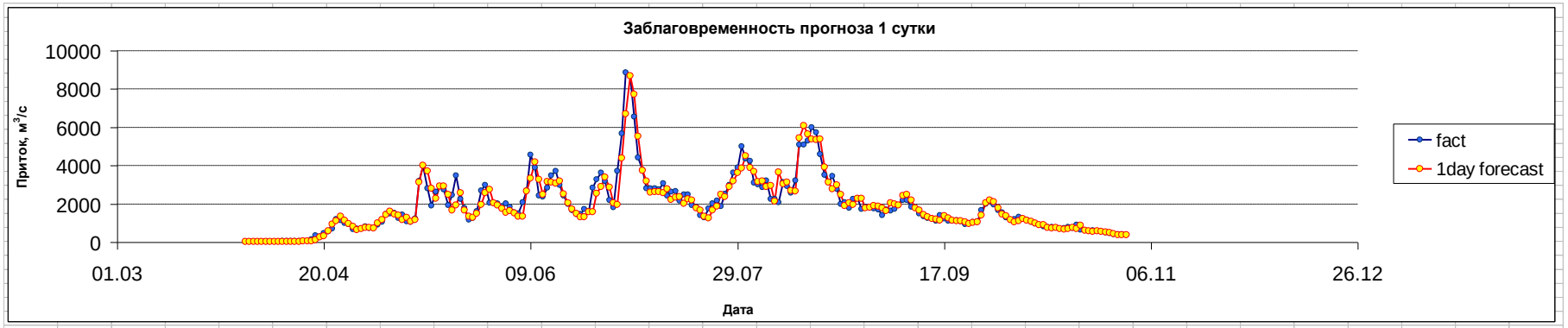


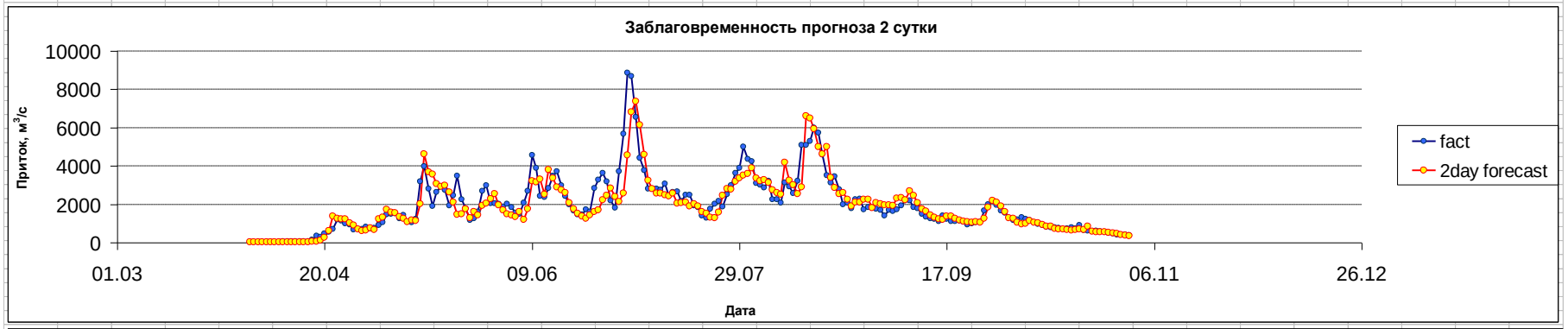
Источники данных | Локальная база данных | Файлы для модели

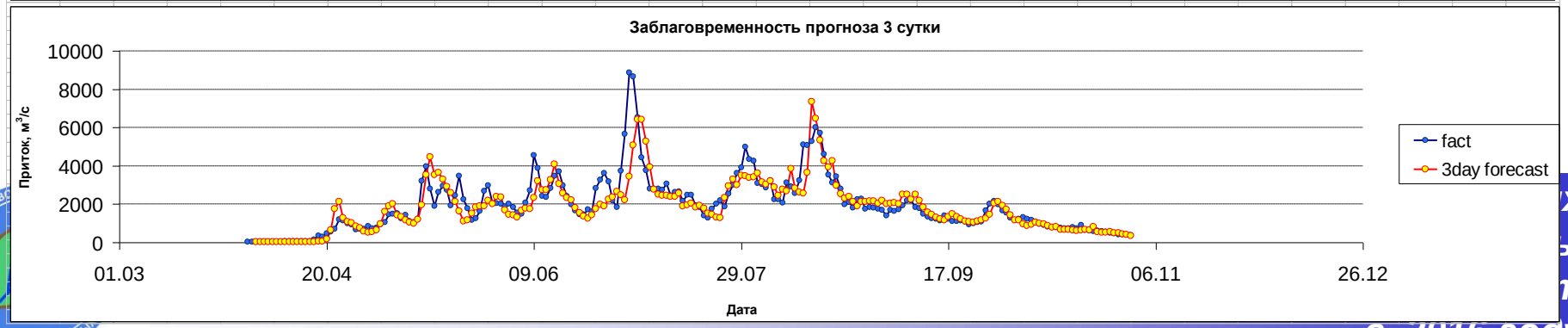
...и речных
...ультаты
научно-исследовательских работ
в 2016 году

Система оперативного краткосрочного прогноза притока воды в Бурейское водохранилище

Результаты оперативного прогноза притока в 2016 году с использованием метеопрогноза ДВНИГМИ







в 2016 году

Система оперативного краткосрочного прогноза притока воды в Бурейское водохранилище

Результаты оперативного прогноза притока в 2016 году с использованием метеопрогноза SKM

Основные направления исследований

Развитие методов математического моделирования гидрологических процессов

Моделирование гидрологических последствий изменения климата и антропогенной деятельности

Лаборатория гидрологии речных бассейнов

Модернизация методов гидрологических расчетов и прогнозов

Анализ гидрологических систем

Анализ гидрологических систем (рук. д.г.н. Б.И. Гарцман)

Основные результаты 2016 года

1. Предложен метод автоматизированной оцифровки (моделирования) речной сети про ЦМР с использованием комплексного энергетического индекса

2. Разработан метод порядковой классификации водоразделов

3. Проведена экспедиция и проанализированы данные наблюдений во время прохождения тайфуна LIONROCK

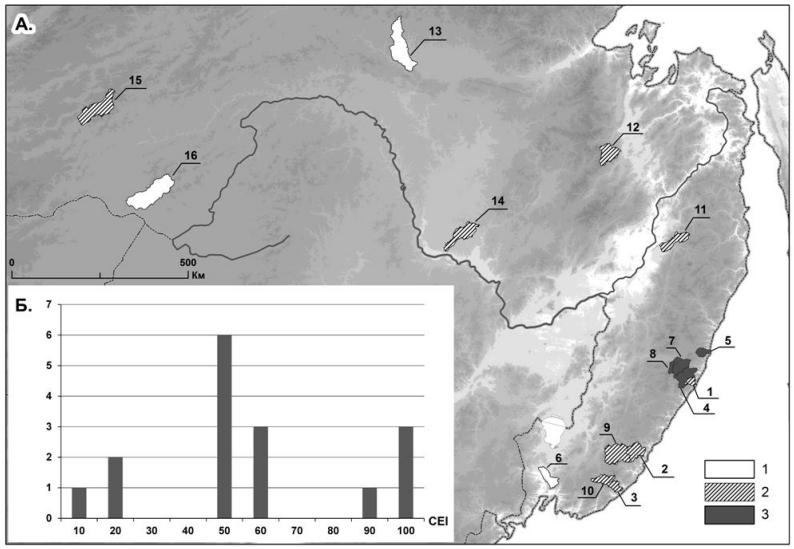
4. Получены результаты трасерных экспериментов по оценке источников питания р. Нелка на экспериментальном полигоне «Могот»

Оцифровка речной сети про ЦМР с использованием комплексного энергетического индекса

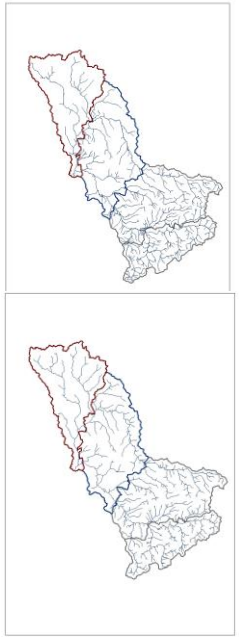
1. **Протестирован на 16 бассейнах в пределах водосбора Амура метод автоматизированной оцифровки (моделирования) речной сети про ЦМР с использованием комплексного энергетического индекса (Complex Energy Index, CEI)**

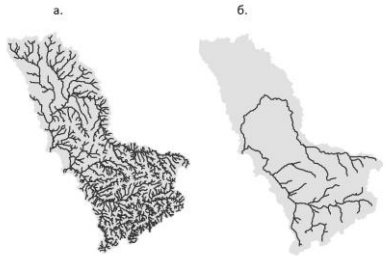
$$E_i^* \propto A_i (P - ET) \Delta z_i$$

A - площадь водосбора, P - среднегодовые осадки, ET - среднегодовое испарение (эвапотранспирация), Δz – уклон.



Расположение тестовых бассейнов и распределение оптимальной величины CEI





Примеры корректного воспроизведения речной сети неоднородного бассейна и расчета условных сценариев увеличения и уменьшения осадков

Метод порядковой классификации водоразделов

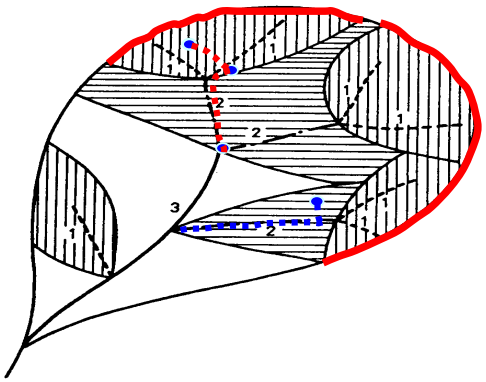
2. Разработан метод порядковой классификации водоразделов на основе анализа «пути добегания» воды от водораздела до замыкающего створа. Из всей линии водораздела, огибающей бассейн порядка N, порядок N имеет часть, соединенная с замыкающим створом «полным путем добегания» порядка N.

$X_{o1} \rightarrow X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow X_3$

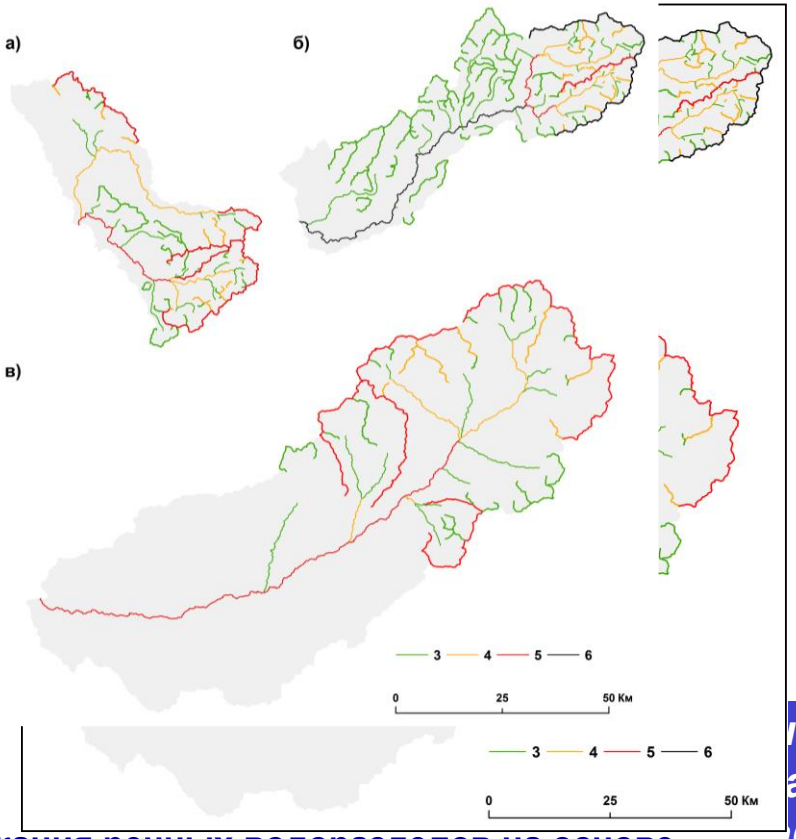
$X_{o1} \rightarrow X_1 \rightarrow X_3$

$X_{o2} \rightarrow X_2 \rightarrow X_3$

$X_{o3} \rightarrow X_3$

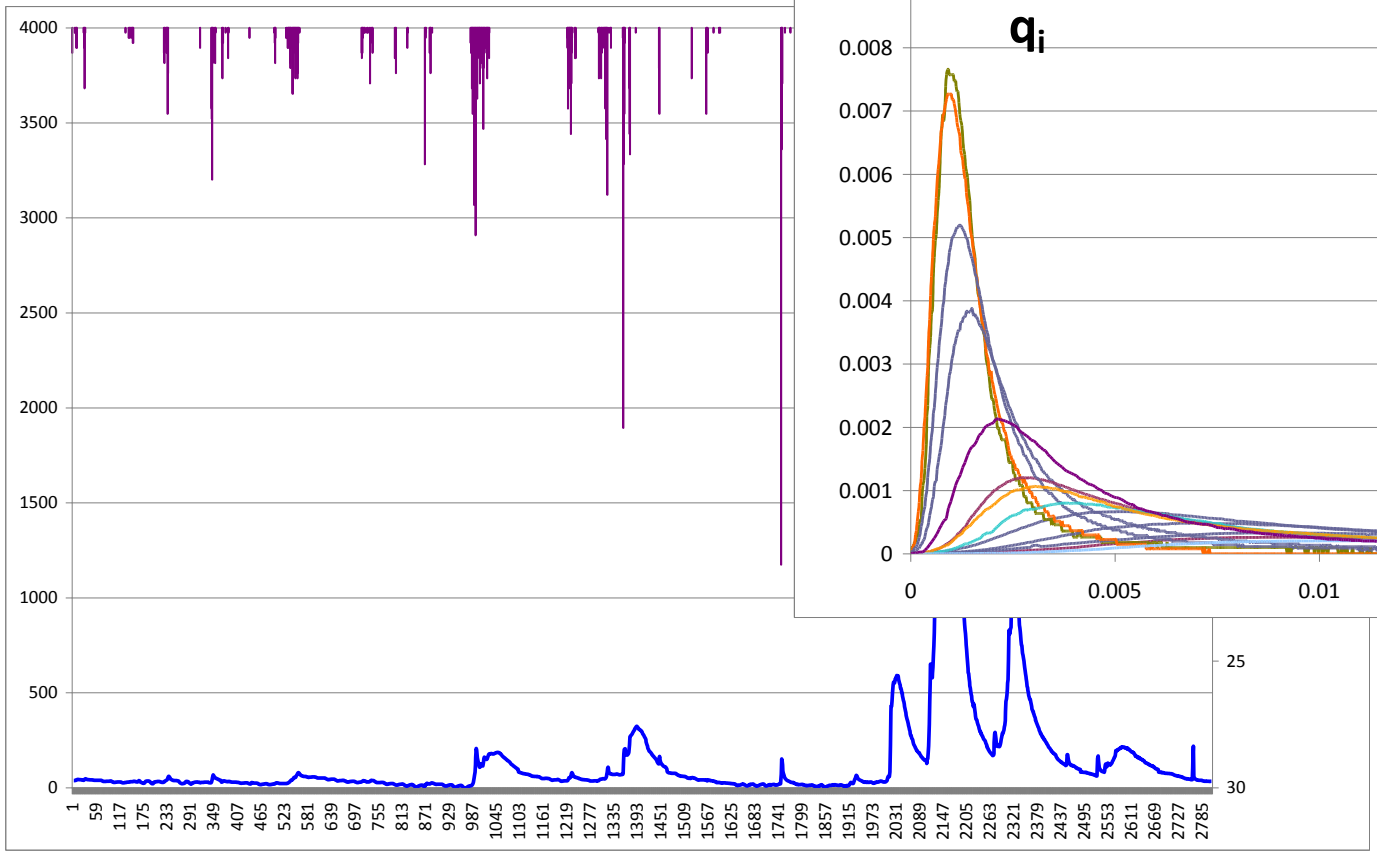


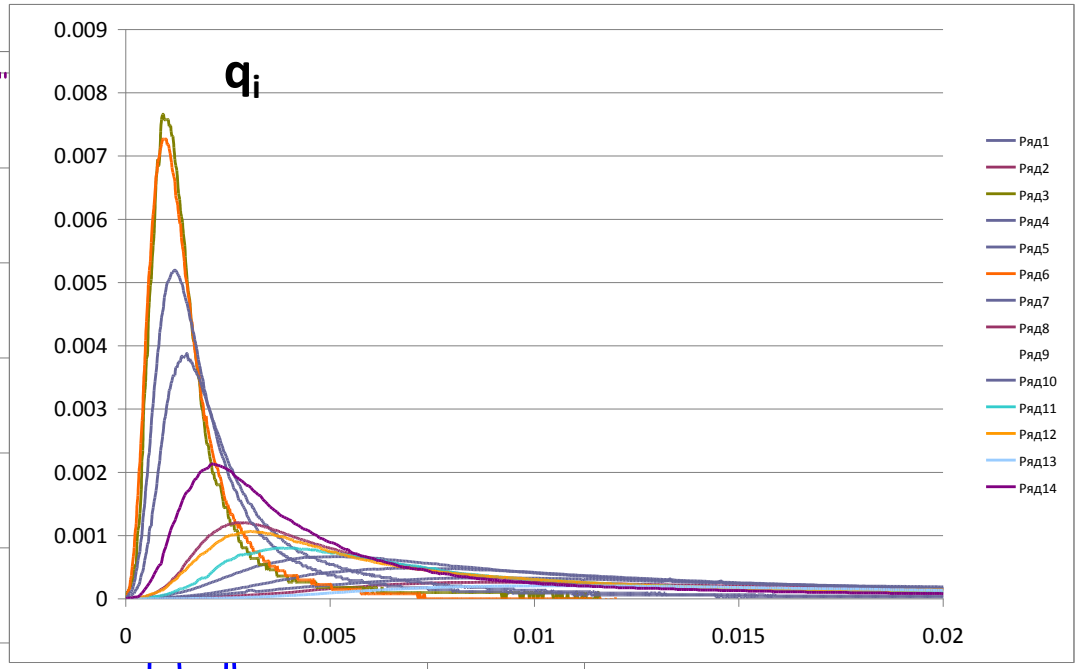
Примеры сопряженных порядково-классифицированных сетей водотоков и водоразделов малых бассейнов: а) р.Комаровка, 1492 км^2, 5 порядок; б) р.Манома, 1883 км^2, 6 порядок; в) р.Борзя, 6088 км^2, 5 порядок.



Гарцман Б.И., Шекман Е.А., Ли К.Т. Порядковая классификация речных водоразделов на основе обработки цифровых моделей рельефа // География и природные ресурсы. 2016. №4. С. 164-173.

Результаты экспериментальных исследований во время тайфуна LIONROCK

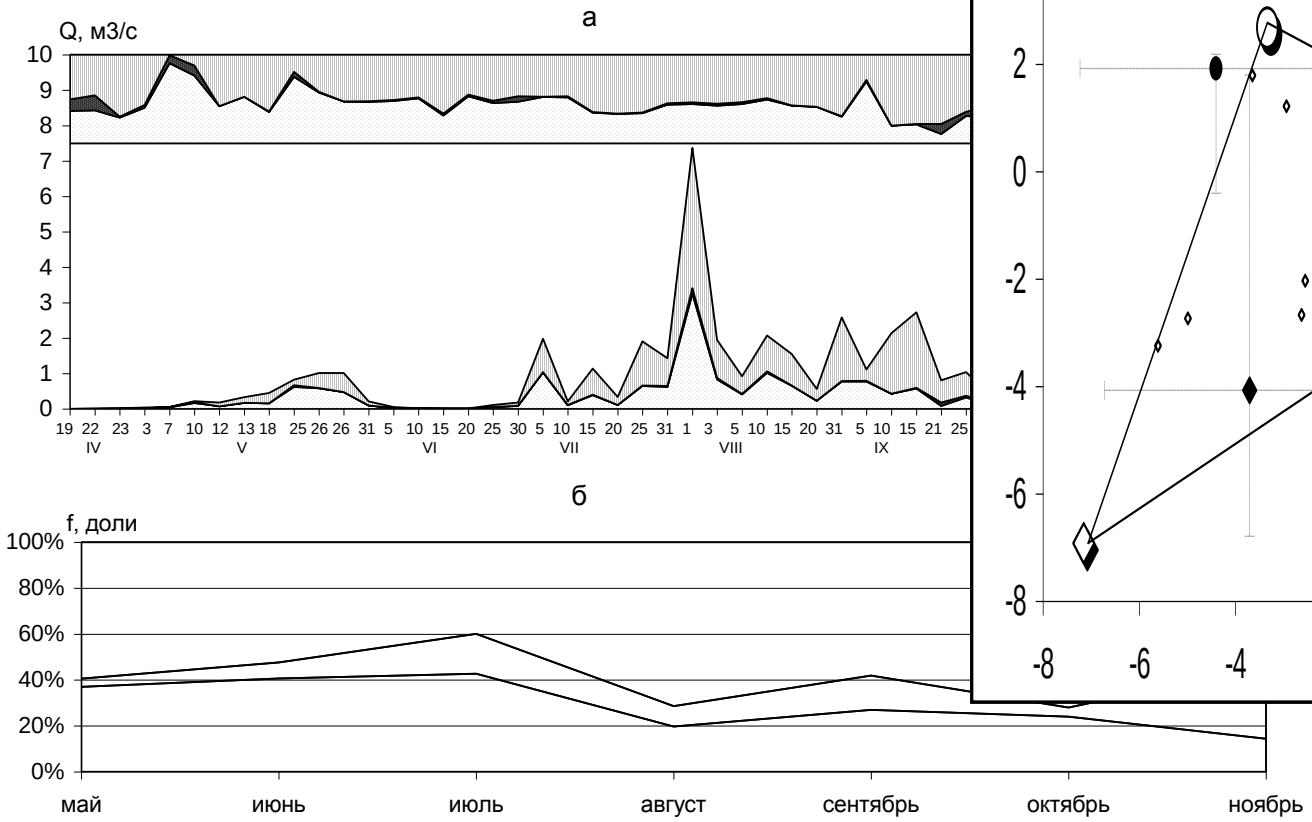


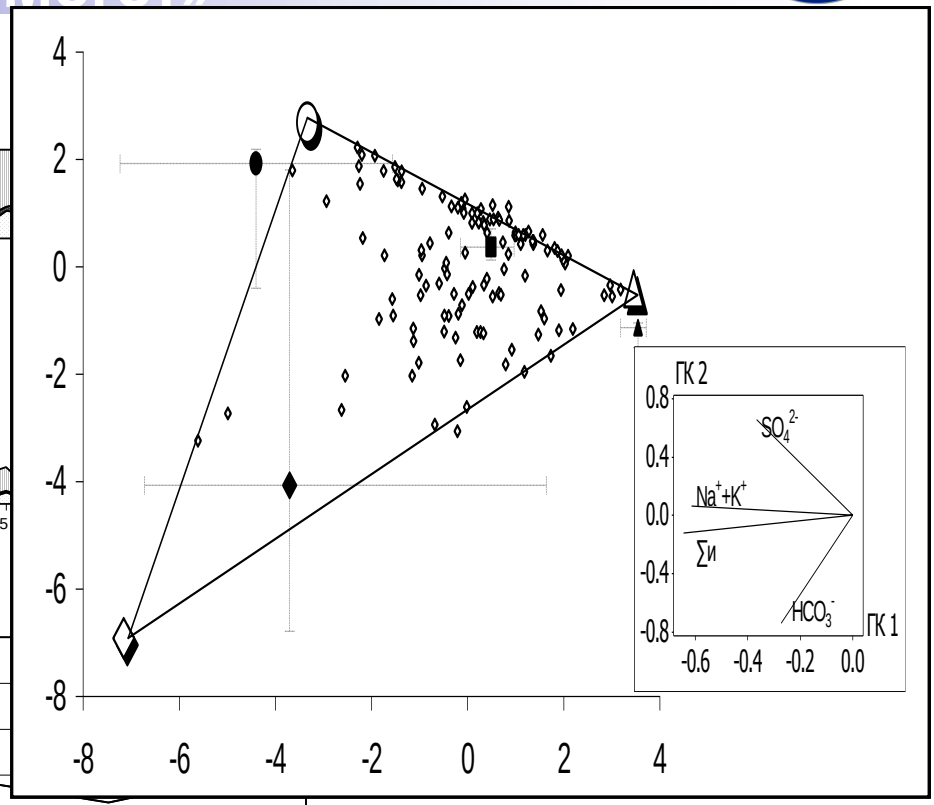


Измеренные часовые осадки (мм/час) и расходы (л/с) ручья Медвежий ключ (7.76 км2) в бассейне Правой Соколовки за июнь - сентябрь 2016 года.

Единичные гидрографы склонового стока в диапазоне расходов «дрены» от 7 до 0.05 л/с

Результаты расчета источников питания р.Нелка по данным экспериментального полигона «Могот»





Диаграммы смешения вод р. Нелка.

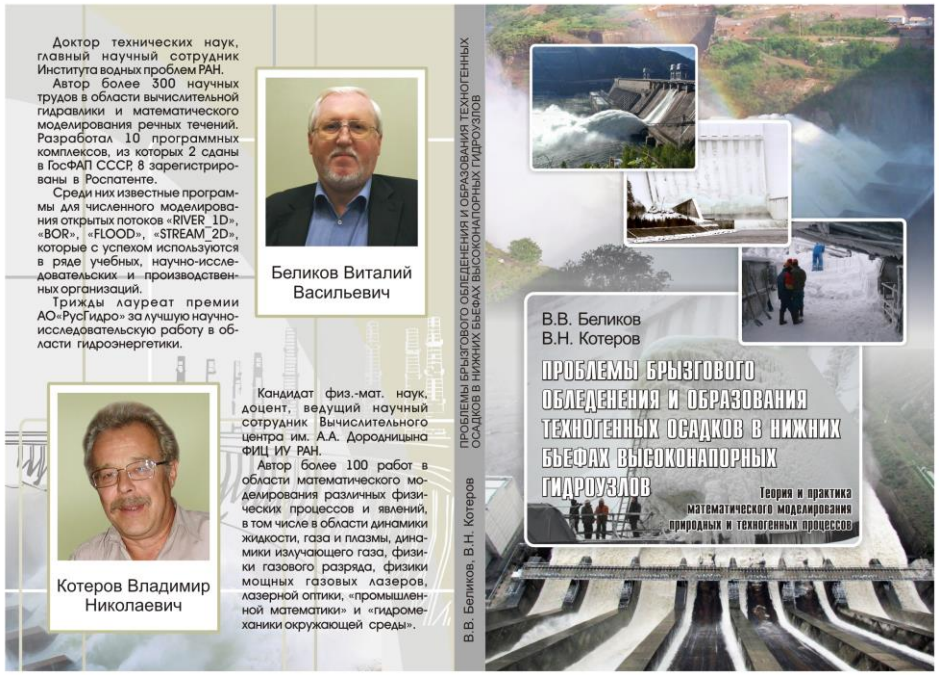
Разделение гидрографа стока р. Нелка по источникам питания: *а*) за 1982 г., *б*) типовое, *1* - тало-мерзлотный, *2* - почвенно-грунтовый, *3* - дождевой.

гидрологии речных
вные результаты
научно-исследовательских работ
в 2016 году

Публикации 2016

Всего 24. Из них 17 статей в изданиях базы WoS + одна монография

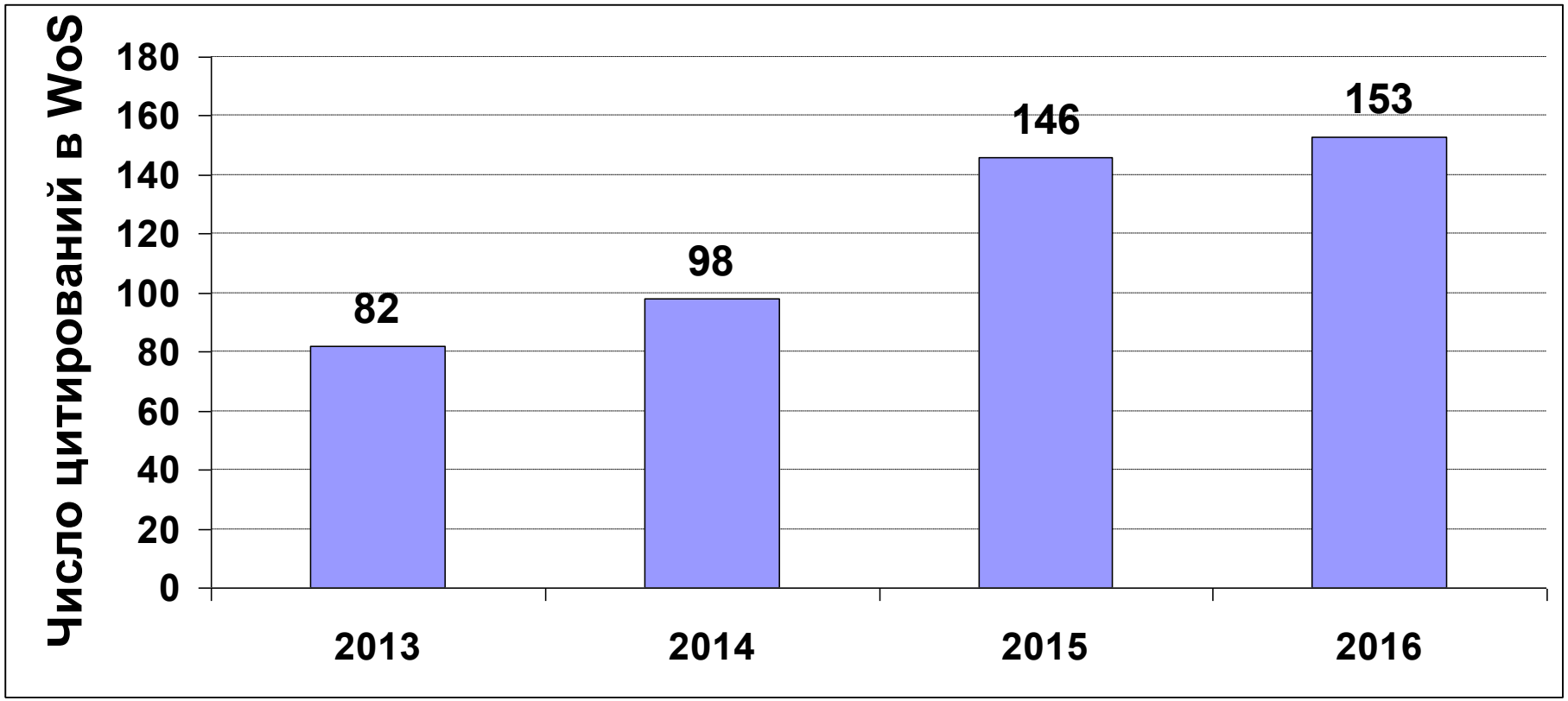
1. **Гарцман Б.И.,** Шекман Е.А. Возможности моделирования речной сети на основе ГИС-инструментария и цифровой модели рельефа // Метеорология и гидрология. 2016. №1. С. 86-98. (http://www.mig-journal.ru/archive?id=4080)
2. **Гарцман Б.И.,** Шекман Е.А. Порядковая классификация речных водоразделов на основе обработки цифровых моделей рельефа // География и природные ресурсы. 2016. №4.
3. Губарева Т.С., Болдескул А.Г., **Гарцман Б.И.**, Шамов В.В. Анализ природных трассеров и генетических составляющих стока в моделях смешения (на примере малых бассейнов в Приморье) // Водные ресурсы. 2016. Т.43, №4, 387–399. http://elibrary.ru/item.asp?id=26301642
4. Кичигина Н.В., Губарева Т.С., Шамов В.В., **Гарцман Б.И.** Трассерные исследования формирования речного стока в бассейне озера Байкал // География и природные



1. Cudennec C., **Gelfan A.,** Ren L., Slimani M. (2016) Hydrometeorology and Hydroclimate. Advances in Meteorology. Vol. 2016, http://dx.doi.org/10.1155/2016/1487890
2. Eisner, S., Flörke, M., Chamorro, A., Daggupati, P., Donnelly, C., Huang, J., Hundecha, Y., Koch, H., **Kalugin, A., Krylenko, I.,** Mishra, V., Piniewski, M., Samaniego, L., Seidou, O., Wallner, M., and Krysanova, V. An ensemble analysis of climate change impacts on streamflow seasonality across 11 large river basins. Climatic Change. 2016.
3. **Gelfan A.,** Gustafsson D., **Motovilov Yu.,** Arheimer B., **Kalugin A., Krylenko I., Lavrenov A.** Climate change impact on the water regime of two great Arctic rivers: modeling and uncertainty issues. Climatic Change. 2016. doi 10.1007/s10584-016-1710-5
4. Hattermann F.F., V. Krysanova, S. Gosling, R. Dankers, P. Daggupati, Ch. Donnelly, M. Flörke, Sh. Huang, **Yu. Motovilov**, Su Buda, T. Yang, C. Müller, G. Leng, Q. Tang, F.T. Portmann, S. Hagemann, D. Gerten, Y. Wada, Y. Masaki, T. Alemayehu, Y. Satoh, L. Samaniego. Cross-scale intercomparison of climate change impacts simulated by regional and global hydrological models in eleven large river basins. // Climatic Change, 2016.
5. Huang S., Kumar R., Flörke M., Yang T., Hundecha Y., Kraft P., Gao C., **Gelfan A.,** Liersch S., Lobanova A., Strauch M., van Ogtrop F., Reinhardt J., Haberlandt U., Krysanova V. Evaluation of an ensemble of regional hydrological models in 12 large-scale river basins worldwide. Climatic Change. doi 10.1007/s10584-016-1841-8
6. McMillan, H., Montanari, A., Cudennec, C., Savenjie, H., **Gelfan, A.,** et al. (2016) Panta Rhei 2013-2015: Global perspectives on hydrology, society and change. Hydrological Sciences Journal. 64(7), 1174-1191, doi: 10.1080/02626667.2016.1159308

Лаборатория гидрологии речных бассейнов. Основные результаты научно-исследовательских работ в 2016 году

Цитируемость сотрудников лаборатории в базе Web of Science в 2016 году (на 25.12.2016)



Суммарный импакт-фактор журналов 23.34. Средний – 1.37. Максимальный – 3.34

Участие в международных научных проектах в 2016 году

Сотрудники лаборатории А.Н. Гельфан, Ю.Г. Мотовилов, А.С. Калугин, И.Н. Крыленко, А.А. Лавренов участвуют в международном проекте ISI-MIP (The Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project), проводимом при координации Потсдамского Института климатических исследований

Сотрудники лаборатории А.Н. Гельфан, Ю.Г. Мотовилов, В.М. Морейдо, А.С. Калугин, Т.Д. Миллионщикова участвуют в международном проекте Министерства образования и науки ФРГ «WQQ Selenga-Baikal: Modelling Water Quantity and Quality in the Selenga-Baikal basin» совместно с МГУ им. Ломоносова, Гельмгольц-центром изучения окружающей среды (Германия) и Университетом г. Касселя (Германия)

Участие в международных конференциях с докладами в 2016 году

1. EGU General Assembly. Вена, Австрия – 3 (Гельфан А.Н., Мотовилов Ю.Г., Фащевская Т.Б.)

2. Международная Конференция “Data Intensive System Analysis for Geohazard Studies” 18-21 июля 2016, Сочи (Россия) – 1 (Гельфан А.Н.)

3. Междисциплинарный семинар проекта ISI-MIP. Потсдам, Германия 22 - 24 июня 2016 – 1 (Крыленко И.Н.)

4. Международная конференция «Second Orlob International Symposium on Theoretical Hydrology». 20-21 июня 2016, Дэйвис, США – 1 (Гельфан А.Н.)

5. 33rd International Geographical Congress (Пекин, Китай, 21-25 августа 2016), 21-25 августа 2016, Пекин – 1 (Сазонов А.А.)

6. International conference and workshop, Chelan, Washington, USA, 11 – 14 November 2016 – 1 (Морейдо В.М.)

Участие в международных конференциях с докладами в 2016 году

7. Международная научно-практическая конференция «Водный форум БРИКС», 29 – 30 сентября 2016 г. Москва, Россия – 5 (Беликов В.В., Гельфан А.Н., Морейдо В.М., Мотовилов Ю.Г., Фащевская Т.Б.)

8. Международная конференция «Sustainable Development in the context of Laudato Si' Encyclical», 15 октября 2016 г., Варшава, Польша – 1 (Гельфан А.Н.)

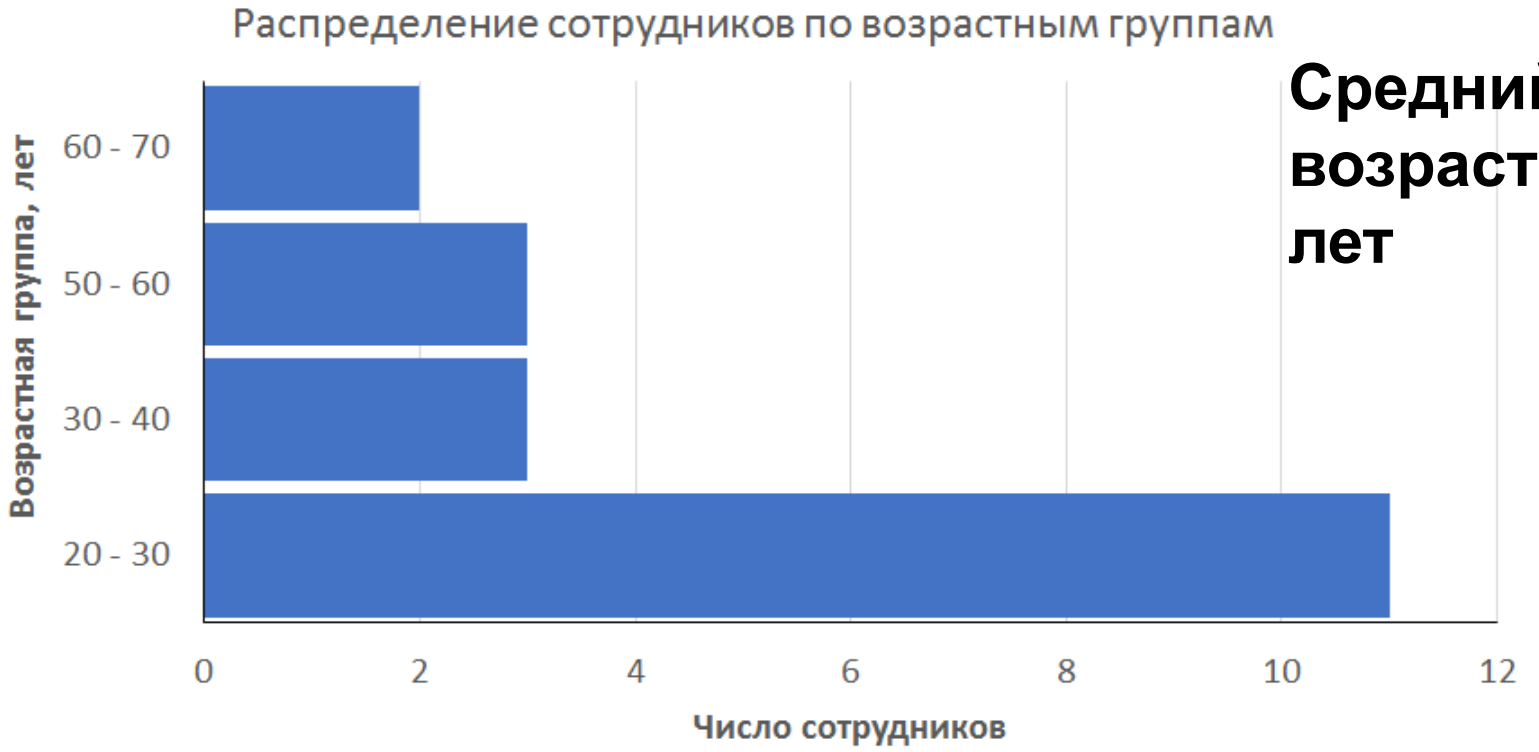
9. III International Conference «Resources, environment and regional sustainable development in northeast Asia», Vladivostok. October 10-14, 2016 – 1 (Гарцман Б.И.)

10. International workshop "Modelling water quality and quantity in the Selenga – Baikal – Angara basin: Assesing current possibilities and future nesessities", UFZ Leipzig, 7 – 9 December 2016 – 1 (Морейдо В.М.)

География международных конференций

Кадры

18 сотрудников (1 главный научный сотрудник, 2 ведущих научных сотрудника, 2 старших научных сотрудника, 2 научных сотрудника, 6 младших научных сотрудников, 5 инженеров), 5 аспирантов (в т.ч. один аспирант кафедры гидрологии МГУ), 1 магистрант кафедры гидрологии МГУ.



Средний возраст – 37 лет

ологии речных
ые результаты
научно-исследовательских работ
в 2016 году