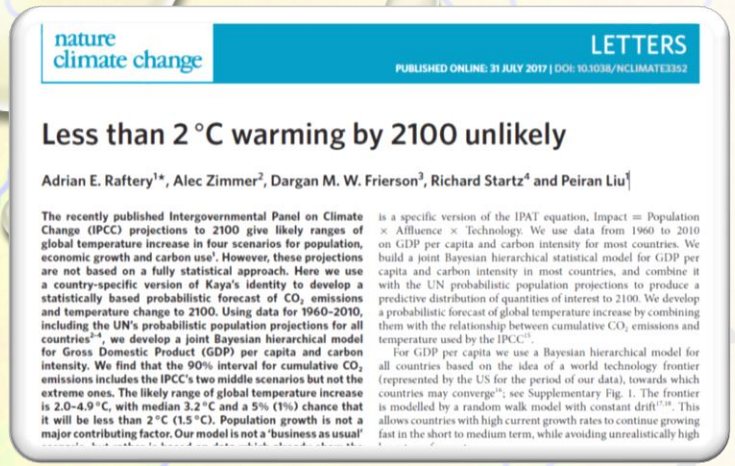
ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

ПОЗДНЯКОВ С.П., ГРИНЕВСКИЙ С.О. САМАРЦЕВ В.Н, МГУ, Г. МОСКВА



nature climate change

LETTERS

PUBLISHED ONLINE: 31 JULY 2017 | DOI: 10.1038/NCLIMATE3352

Less than 2 °C warming by 2100 unlikely

Adrian E. Raftery[1]*, Alec Zimmer[2], Dargan M. W. Frierson[3], Richard Startz[4] and Peiran Liu[1]

The recently published Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) projections to 2100 give likely ranges of global temperature increase in four scenarios for population, economic growth and carbon use[1]. However, these projections are not based on a fully statistical approach. Here we use a country-specific version of Kaya's identity to develop a statistically based probabilistic forecast of CO_2 emissions and temperature change to 2100. Using data for 1960–2010, including the UN's probabilistic population projections for all countries[2–4], we develop a joint Bayesian hierarchical model for Gross Domestic Product (GDP) per capita and carbon intensity. We find that the 90% interval for cumulative CO_2 emissions includes the IPCC's two middle scenarios but not the extreme ones. The likely range of global temperature increase is 2.0–4.9 °C, with median 3.2 °C and a 5% (1%) chance that it will be less than 2 °C (1.5 °C). Population growth is not a major contributing factor. Our model is not a 'business as usual'

is a specific version of the IPAT equation, Impact = Population × Affluence × Technology. We use data from 1960 to 2010 on GDP per capita and carbon intensity for most countries. We build a joint Bayesian hierarchical statistical model for GDP per capita and carbon intensity in most countries, and combine it with the UN probabilistic population projections to produce a predictive distribution of quantities of interest to 2100. We develop a probabilistic forecast of global temperature increase by combining them with the relationship between cumulative CO_2 emissions and temperature used by the IPCC[15].

For GDP per capita we use a Bayesian hierarchical model for all countries based on the idea of a world technology frontier (represented by the US for the period of our data), towards which countries may converge[16]; see Supplementary Fig. 1. The frontier is modelled by a random walk model with constant drift[17,18]. This allows countries with high current growth rates to continue growing fast in the short to medium term, while avoiding unrealistically high

Journal of Hydrology 518 (2014) 250–266

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

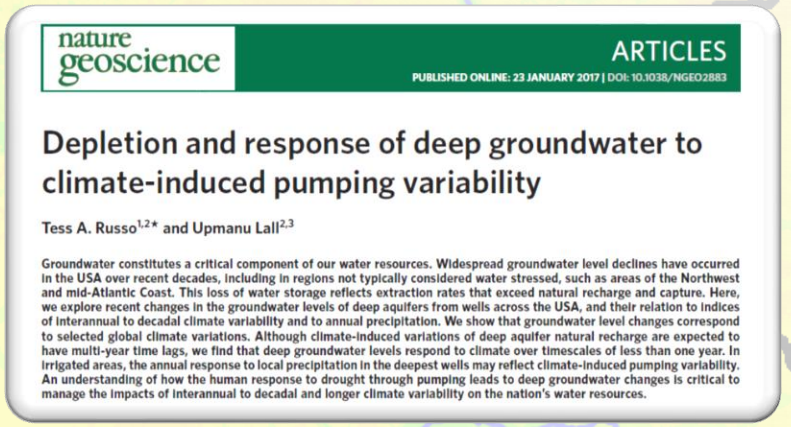
Journal of Hydrology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jhydrol

Climate change impacts on groundwater and dependent ecosystems

Bjørn Kløve[a,d,*], Pertti Ala-Aho[a], Guillaume Bertrand[e], Jason J. Gurdak[f], Hans Kupfersberger[g], Jens Kværner[d], Timo Muotka[h,k], Heikki Mykrä[c], Elena Preda[h], Pekka Rossi[a], Cintia Bertacchi Uvo[i], Elzie Velasco[f], Manuel Pulido-Velazquez[j]

[a] University of Oulu, Water Resources and Environmental Engineering Laboratory, 90014 University of Oulu, Finland
[b] University of Oulu, Department of Biology, 90014 University of Oulu, Finland
[c] University of Oulu, Thule Institute, 90014 University of Oulu, Finland
[d] Bioforsk – Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research, Frederik A. Dahls vei 20, N-1432 Ås, Norway
[e] Centro de Pesquisas de Água Subterrânea, Instituto de Geociências, University of São Paulo, Rua do lago 562, Cidade Universitária, CEP 05508-080, São Paulo, Brazil
[f] Department of Geosciences, San Francisco State University, 1600 Holloway Avenue, San Francisco, CA 94132, USA
[g] Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH. Elisabethstr. 16/II, A- 8010 Graz, Austria
[h] University of Bucharest – Splaiul Independentei 91-95, 050095 Bucharest, Romania
[i] Water Resources Engineering, Lund University, Box 118, 221 00 Lund, Sweden
[j] Research Institute of Water and Environmental Engineering, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain



nature geoscience

ARTICLES

PUBLISHED ONLINE: 23 JANUARY 2017 | DOI: 10.1038/NGEO2883

Depletion and response of deep groundwater to climate-induced pumping variability

Tess A. Russo[1,2]* and Upmanu Lall[2,3]

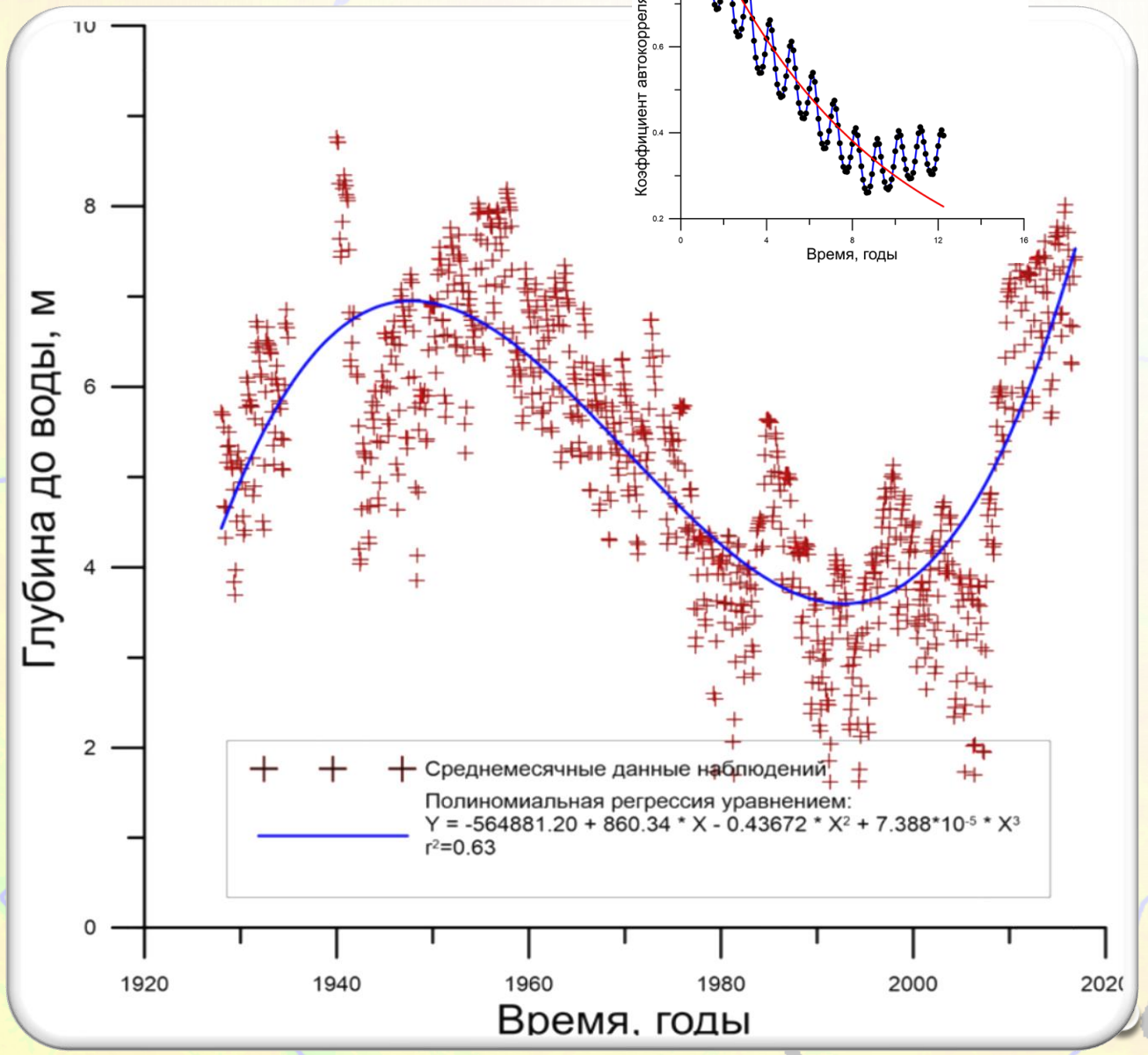
Groundwater constitutes a critical component of our water resources. Widespread groundwater level declines have occurred in the USA over recent decades, including in regions not typically considered water stressed, such as areas of the Northwest and mid-Atlantic Coast. This loss of water storage reflects extraction rates that exceed natural recharge and capture. Here, we explore recent changes in the groundwater levels of deep aquifers from wells across the USA, and their relation to indices of interannual to decadal climate variability and to annual precipitation. We show that groundwater level changes correspond to selected global climate variations. Although climate-induced variations of deep aquifer natural recharge are expected to have multi-year time lags, we find that deep groundwater levels respond to climate over timescales of less than one year. In irrigated areas, the annual response to local precipitation in the deepest wells may reflect climate-induced pumping variability. An understanding of how the human response to drought through pumping leads to deep groundwater changes is critical to manage the impacts of interannual to decadal and longer climate variability on the nation's water resources.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

КЛИМАТ МЕНЯЕТСЯ ДАЖЕ СИЛЬНЕЕ, ЧЕМ МЫ ОЖИДАЛИ, НА ИЗМЕНЕНИЯ РЕАГИРУЮТ ДАЖЕ ГЛУБОКИЕ ГОРИЗОНТЫ И ЭКОСИСТЕМЫ, ЗАВИСЯЩИЕ ОТ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

САМЫЙ ДЛИННЫЙ РЯД НАБЛЮДЕНИЙ В РОССИИ ЗА УРОВНЕМ ГРУНТОВЫХ ВОД ДОКУЧАЕВСКОМ КОЛОДЦЕ КАМЕННАЯ СТЕПЬ, ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ

- ИСТОРИЯ **КАМЕННОЙ СТЕПИ** НАСЧИТАЕТСЯ С ПРОВЕДЕНИЯ В **1892** Г. «ОСОБОЙ ЭКСПЕДИЦИЕЙ ЛЕСНОГО ДЕПАРТАМЕНТА ПО ИСПЫТАНИЮ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ И ПРИЕМОВ ЛЕСНОГО И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В СТЕПЯХ РОССИИ» ПОД РУКОВОДСТВОМ **В.В. ДОКУЧАЕВА** (1892-1898 ГГ)
- ИМ ЖЕ БЫЛ СОЗДАН ЗНАМЕНИТЫЙ ДОКУЧАЕВСКИЙ КОЛОДЕЦ, НАБЛЮДЕНИЯ ЗА УРОВНЕМ В КОТОРОМ ПРОДОЛЖАЮТСЯ ПО СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ.
- ЭТО САМЫЙ ДЛИННЫЙ РЯД НАБЛЮДЕНИЙ ЗА УРОВНЕМ ГРУНТОВЫХ ВОД В РОССИИ, БОЛЕЕ **100** ЛЕТ



НАБЛЮДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ

УРОВНЯ В ДОКУЧАЕВСКОМ КОЛОДЦЕ

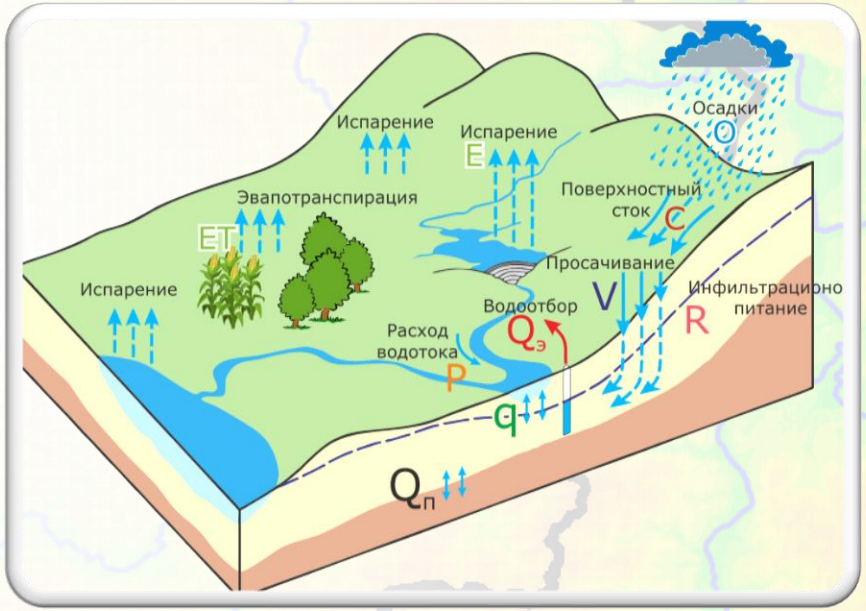
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТ ИЛИ ПРОСТО МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ?

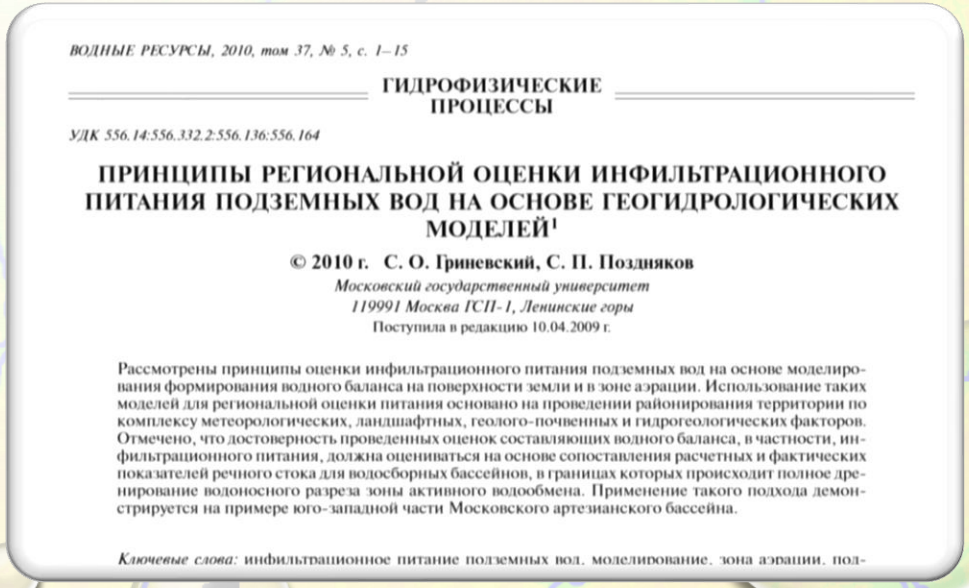
КАК АНАЛИЗИРОВАТЬ ТАКИЕ РЯДЫ?

НАШ ПОДХОД – ИСПОЛЬЗОВАТЬ ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И МОДЕЛИ

ПОЗВОЛЯЮТ РАЦИОНАЛЬНО ОБЪЕДИНИТЬ В ОДНОЙ СИСТЕМЕ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССЫ ТРАНСФОРМАЦИИ И ПЕРЕНОСА ВЛАГИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ, ЗОНЕ АЭРАЦИИ И В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ





ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, 2010, том 37, № 5, с. 1–15

ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

УДК 556.14:556.332.2:556.136:556.164

ПРИНЦИПЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ[1]

© 2010 г. С. О. Гриневский, С. П. Поздняков

Московский государственный университет

119991 Москва ГСП-1, Ленинские горы

Поступила в редакцию 10.04.2009 г.

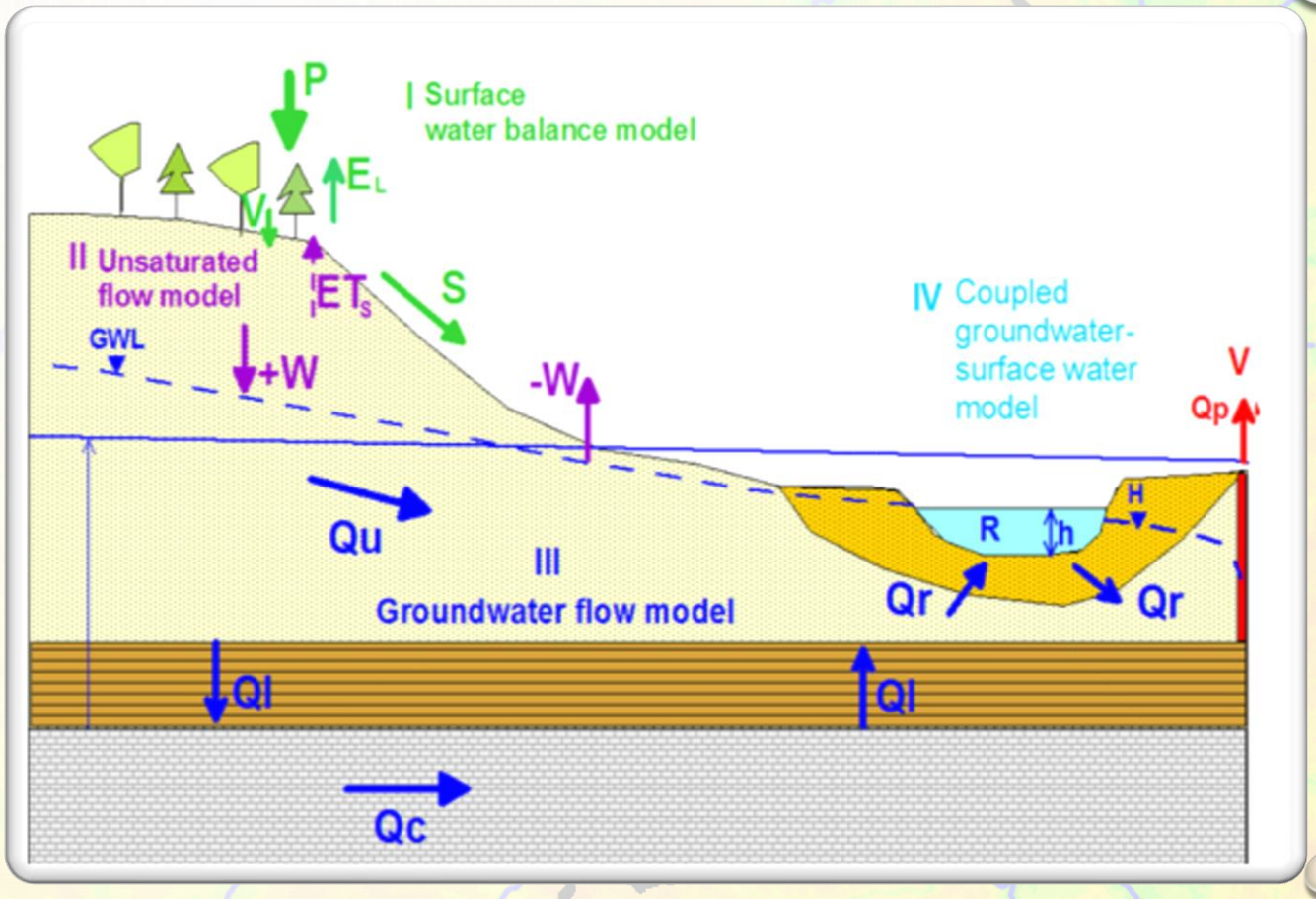
Рассмотрены принципы оценки инфильтрационного питания подземных вод на основе моделирования формирования водного баланса на поверхности земли и в зоне аэрации. Использование таких моделей для региональной оценки питания основано на проведении районирования территории по комплексу метеорологических, ландшафтных, геолого-почвенных и гидрогеологических факторов. Отмечено, что достоверность проведенных оценок составляющих водного баланса, в частности, инфильтрационного питания, должна оцениваться на основе сопоставления расчетных и фактических показателей речного стока для водосборных бассейнов, в границах которых происходит полное дренирование водоносного разреза зоны активного водообмена. Применение такого подхода демонстрируется на примере юго-западной части Московского артезианского бассейна.

Ключевые слова: инфильтрационное питание подземных вод, моделирование, зона аэрации, под-

Оценка инфильтрационного питания и ресурсов подземных вод на основе геогидрологических моделей Докторская диссертация : Гриневский С. О.

ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И МОДЕЛИ

- ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОСТОИТ ИЗ ТРЕХ РАСЧЕТНЫХ БЛОКОВ.
  - ПЕРВЫЙ БЛОК – ТРАНСФОРМАЦИЯ ОСАДКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ
  - ВТОРОЙ БЛОК – ВЛАГОПЕРЕНОС В ЗОНЕ АЭРАЦИИ
  - ТРЕТИЙ БЛОК – ГЕОФИЛЬТРАЦИЯ В ЗОНЕ ПОЛНОГО НАСЫЩЕНИЯ



ТРАНСФОРМАЦИЯ ОСАДКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ И В ЗОНЕ АЭРАЦИИ

- МОДЕЛИРУЕМЫЕ ПРОЦЕССЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ БАЛАНС ВЛАГИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ В ЗОНЕ АЭРАЦИИ:
  - ВЫПАДЕНИЕ ОСАДКОВ, ТРАНСФОРМАЦИЯ ИХ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ И ВПИТЫВАНИЕ В ПОЧВУ
  - ЭВАПОТРАНСПИРАЦИЯ ВЛАГИ ИЗ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ
  - ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ТЕПОВЛАГОПЕРЕНОС В ЗОНЕ АЭРАЦИИ ОТ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ ДО ЕЕ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ЗОНЫ

Анализ влияния ***наблюдаемых*** климатических изменений на условия формирования водного баланса и инфильтрационного питания в различных ландшафтных условиях

- МЕТОДИКА:

- МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО БАЛАНСА НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ И В ЗОНЕ АЭРАЦИИ НА ОСНОВЕ ***ФАКТИЧЕСКИХ*** СРЕДНЕМНОГОЛЕТНИХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ

- СОПОСТАВЛЕНИЕ СРЕДНЕМНОГОЛЕТНЕГО ВОДНОГО БАЛАНСА ЗА ПЕРИОДЫ **1965-1988 И 1989-2012**

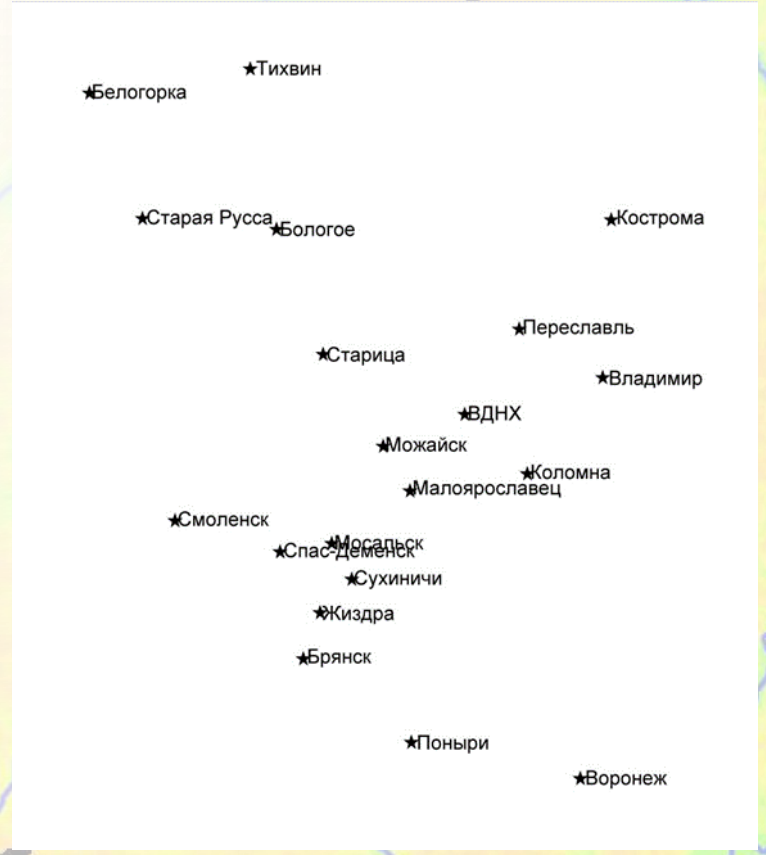
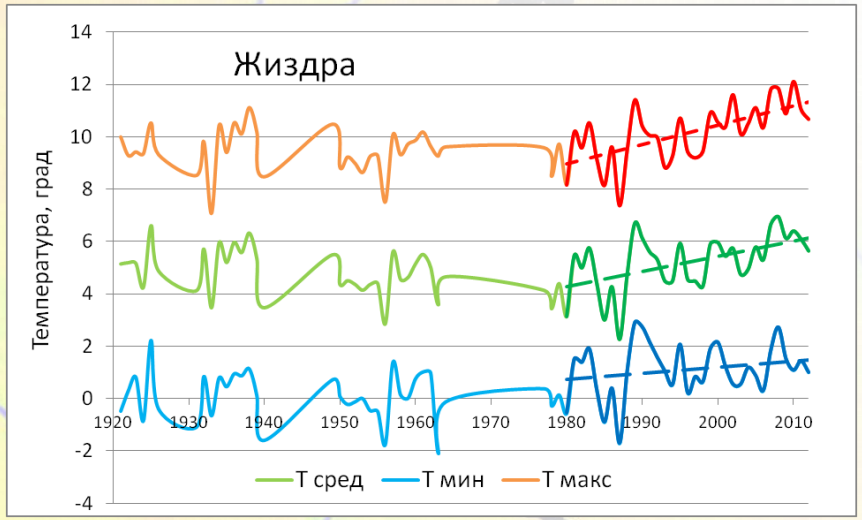
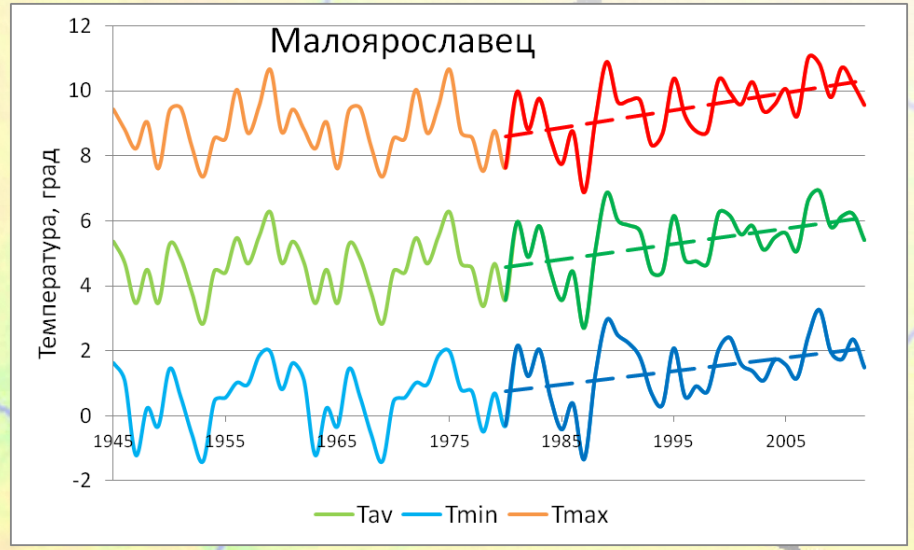


Схема расположения анализируемых метеостанций

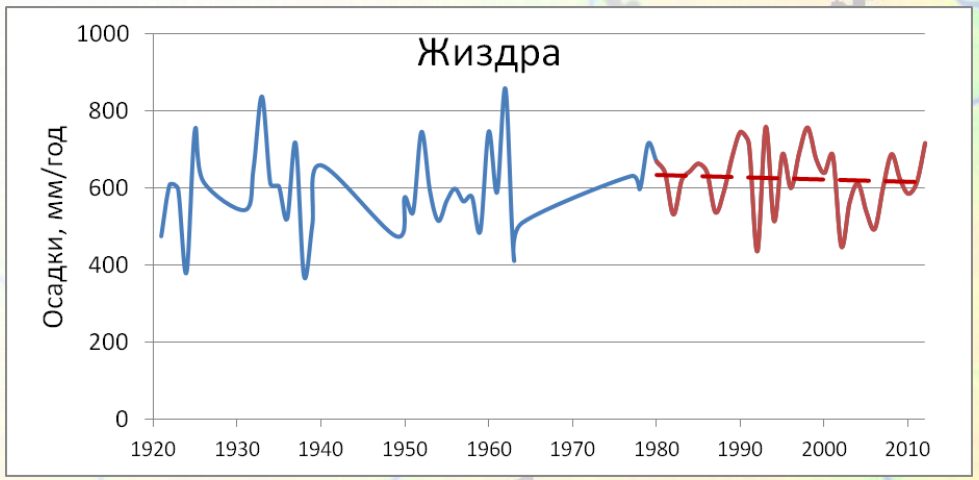
ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ:

Среднегодовая температура воздуха





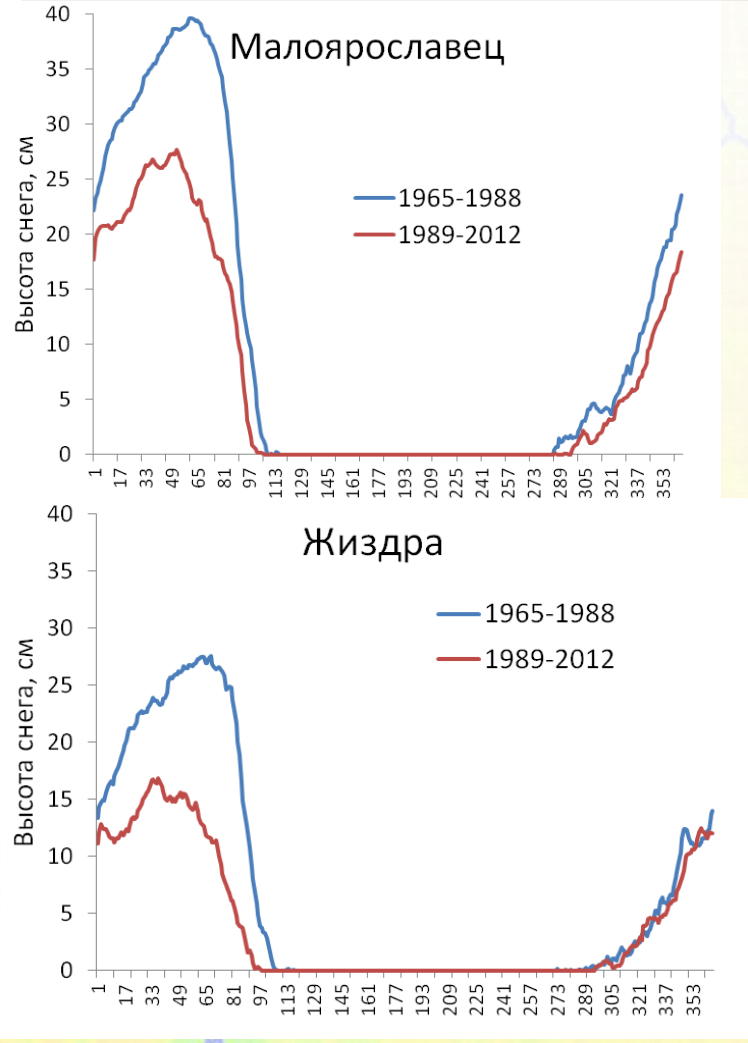
Годовые суммы осадков



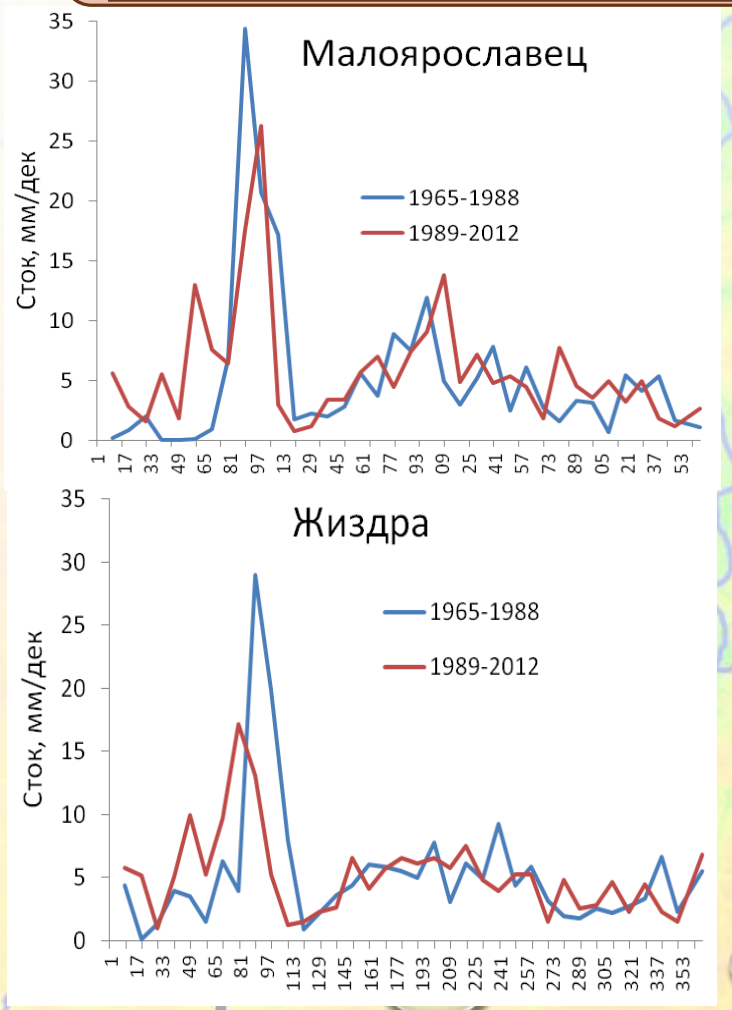
Анализ изменений элементов водного баланса

Поверхностный сток

Уменьшение высоты снежного покрова
(при увеличении зимних осадков!!!)



Деформация гидрографа:
- ✓*сглаживание пика половодья;*
- ✓*неустойчивая зимняя межень*



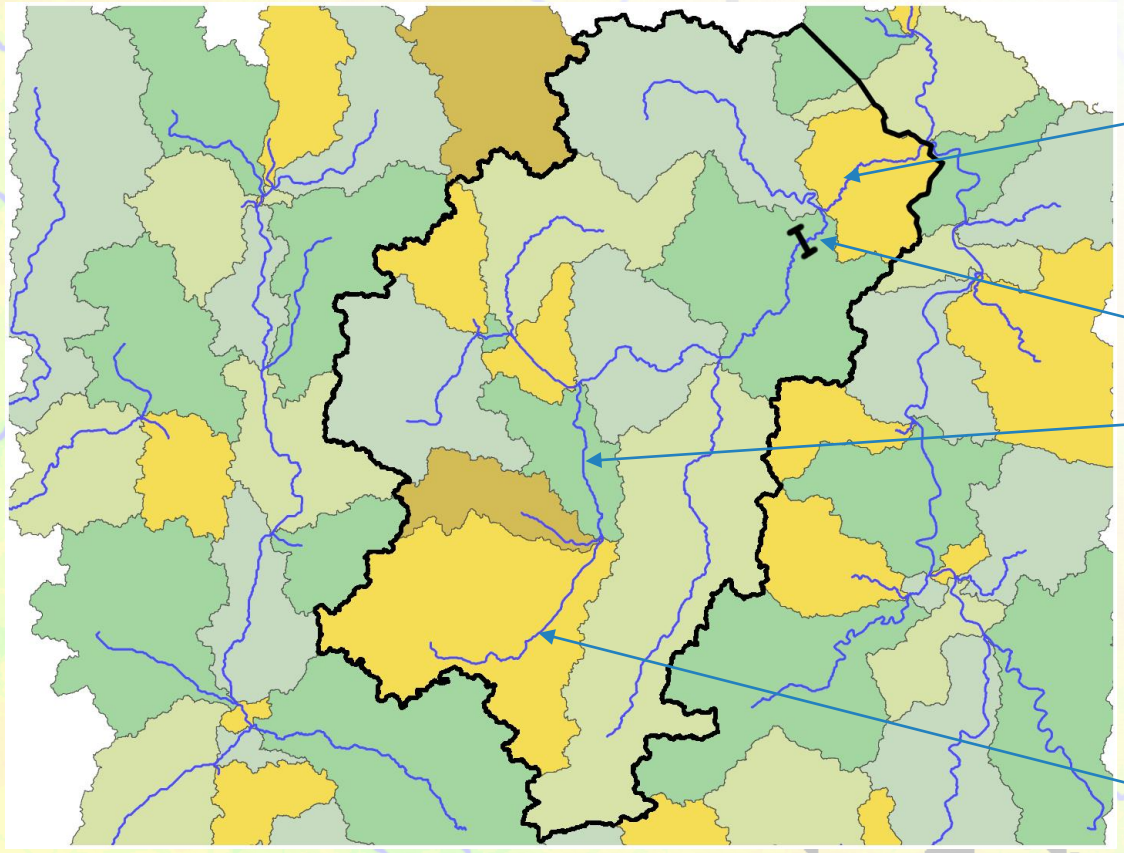
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

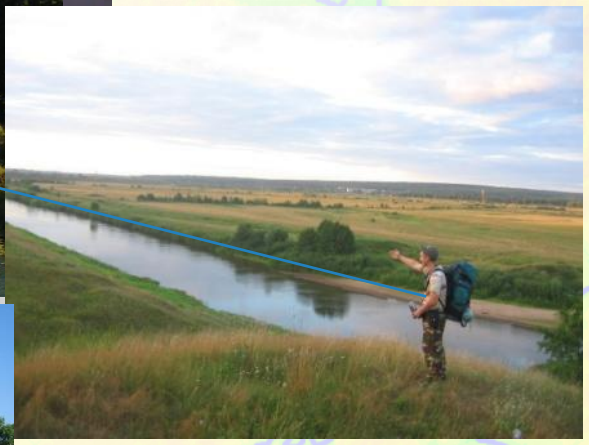
- **УВЕЛИЧЕНИЕ ЗИМНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА** ВЫЗЫВАЕТ СОКРАЩЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА И ПРИВОДИТ К ДЕФОРМАЦИИ ГОДОВОГО ГИДРОГРАФА ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА – СГЛАЖИВАЕТСЯ ПИК ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ, А **ЗИМНЯЯ МЕЖЕНЬ ЗА СЧЕТ ОТТЕПЕЛЕЙ СТАНОВИТСЯ НЕУСТОЙЧИВОЙ**
- **УВЕЛИЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ВЫЗЫВАЕТ РОСТ СУММАРНОЙ ЭВАПОТРАНСПИРАЦИИ** НА 10-30 ММ/ГОД, КОТОРАЯ НА ОТКРЫТЫХ ПОЛЕВЫХ ЛАНДШАФТАХ ВЫЗВАНА, ГЛАВНЫМ ОБРАЗОМ, УВЕЛИЧЕНИЕМ ИСПАРЕНИЯ, А НА ЗАКРЫТЫХ ЛЕСНЫХ – ТРАНСПИРАЦИИ
- **НЕСТАЦИОНАРНОСТЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИВОДИТ К СЕЗОННОМУ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛАГОЗАПАСОВ** ЗОНЫ АЭРАЦИИ, ОБУСЛОВЛИВАЯ БОЛЕЕ «СЫРОЙ» ЗИМНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД И БОЛЕЕ «СУХОЙ» - ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ
- В РЕЗУЛЬТАТЕ ТАКИХ НЕЛИНЕЙНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ВОДНОГО БАЛАНСА НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ И В ЗОНЕ АЭРАЦИИ ПРОИСХОДИТ УВЕЛИЧЕНИЕ СРЕДНЕМНОГОЛЕТНЕГО ИСПАРЕНИЯ. ПРИ ЭТОМ **ПРОСЛЕЖИВАЕТСЯ ШИРОТНАЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ УВЕЛИЧЕНИЯ СРЕДНЕМНОГОЛЕТНЕЙ ИНФИЛЬТРАЦИИ ОТ ПЕРВЫХ ММ/ГОД – НА ЮГЕ, ДО 50 ММ/ГОД СЕВЕРНЕЕ**

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО И ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА В МАЛОМ БАССЕЙНЕ

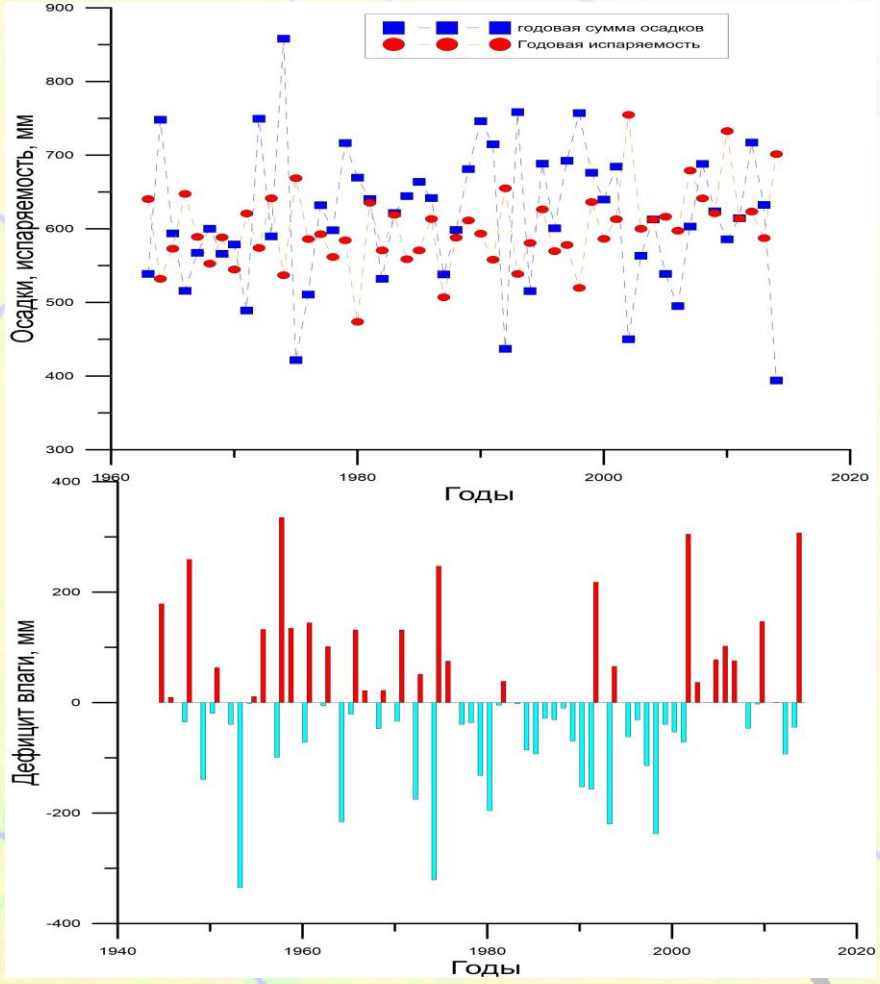
- **ЦЕЛЬ**
- ВЫЯВЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАБЛЮДАЕМЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РЕЖИМ И БАЛАНС ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА УРОВНЕ БАССЕЙНА МАЛОЙ РЕКИ
- **ЗАДАЧИ**
  - РАЗРАБОТКА ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МАЛОГО БАССЕЙНА
  - АНАЛИЗ С ЕЕ ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ УРОВНЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД И ПОДЗЕМНОГО СТОКА В РЕКУ

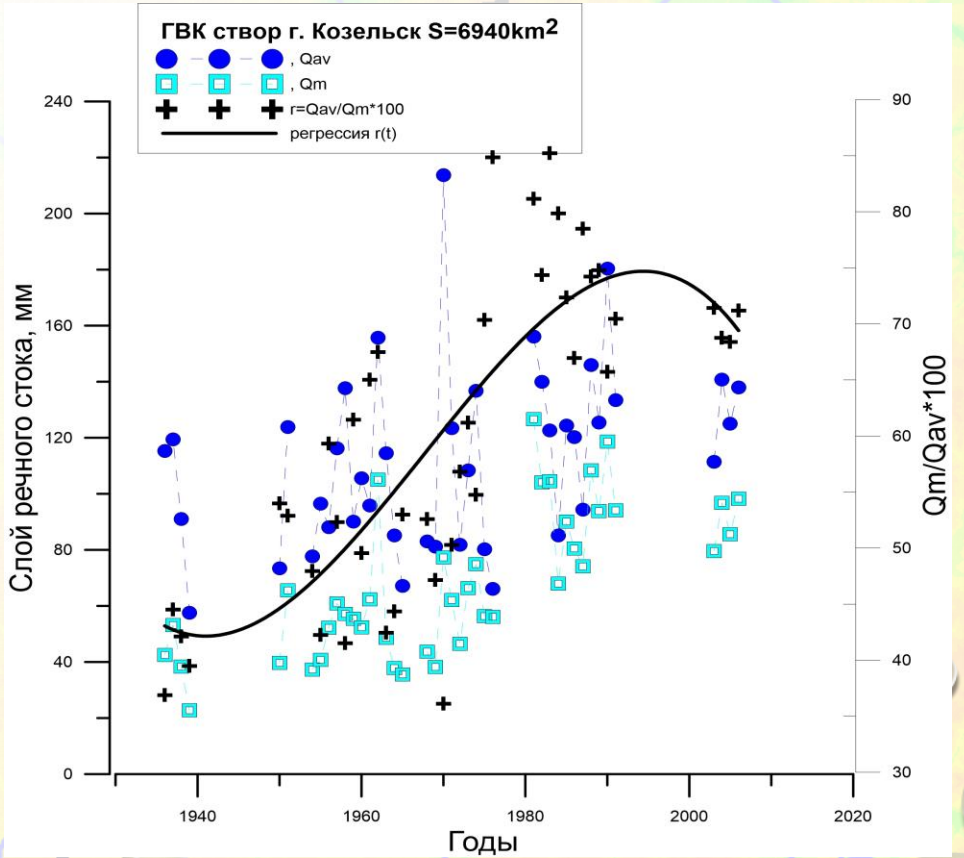
БАССЕЙН РЕКИ ЖИЗДРЫ ВЫШЕ Г. КОЗЕЛЬСКА





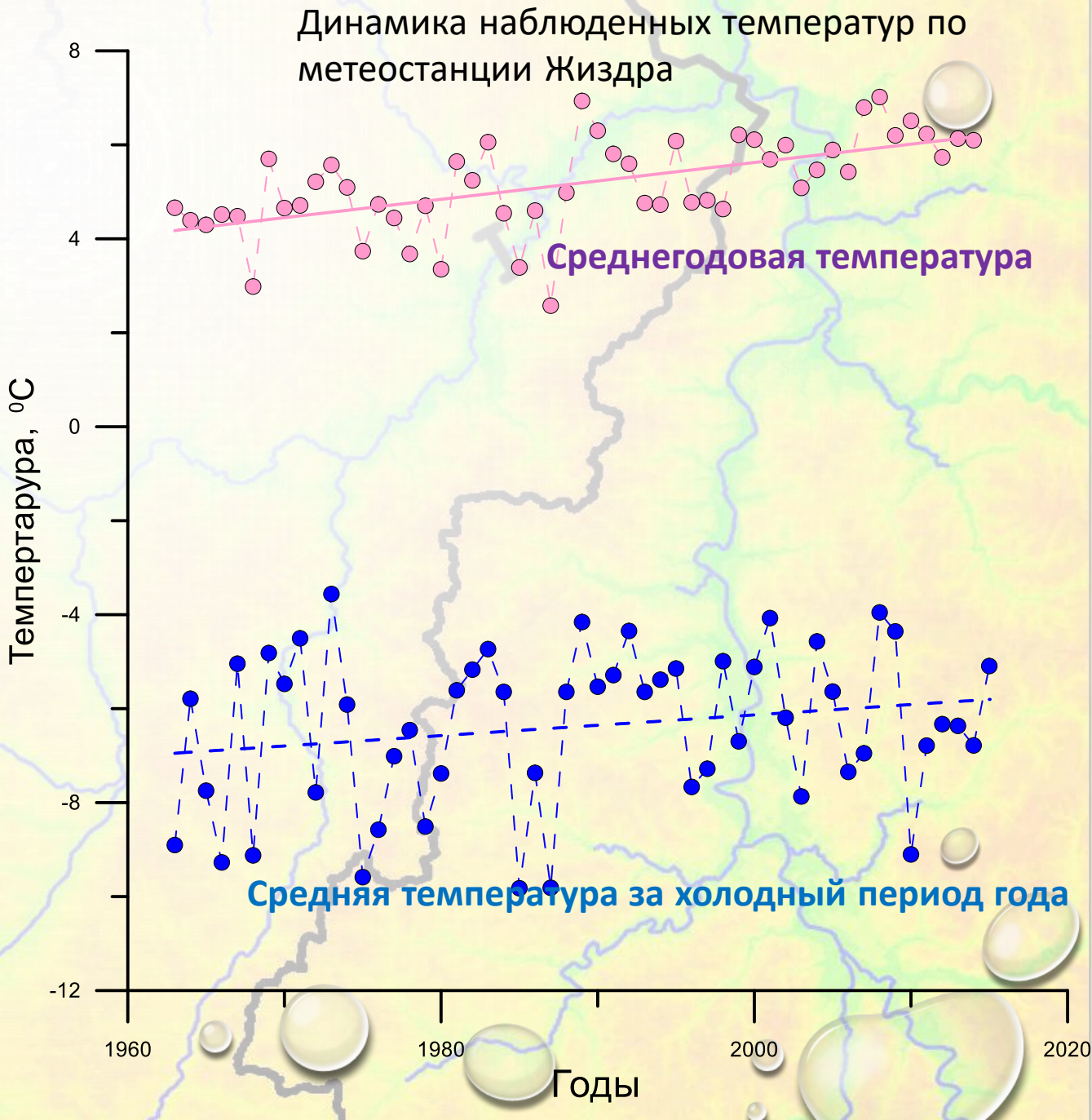
ГИДРОМЕТЕОИНФОРМАЦИЯ – МЕТЕОСТАНИЦЯ ЖИЗДРА, ГВК СТВОРЫ ДУБРОВКА, КОЗЕЛЬСК



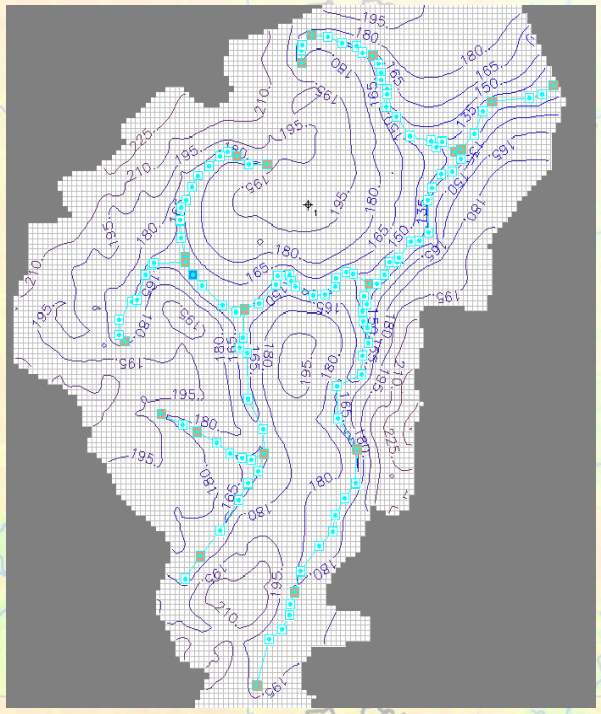


Водный баланс водосбора в 1965-2015 гг

Показатель	Среднее
Осадки, мм	612
Испаряемость, мм	600
сток средний, мм	117
сток меженный, мм	65
Температура, ^{0}C	5.18



ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ



- ТРАНСФОРМАЦИЯ ОСАДКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ И ВПИТЫВАНИЕ В ПОЧВУ В ТАЛЫЙ И МЕРЗЛЫЙ ПЕРИОД:
  - **SURFBAL 5.62 (I БЛОК ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ)**
- МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛАГОПЕРЕРЕНОСА В ЗОНЕ АЭРАЦИИ И ГЕОФИЛЬТРАЦИЯ:
  - **MODFLOW 2005 С UZF FLOW PACKAGE (II И III БЛОКИ ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ)**

ГЕОГИДРОЛОГИЧСКАЯ МОДЕЛЬ БАССЕЙНА ЖИЗДРЫ

SURFBAL (1-D МОДЕЛЬ)

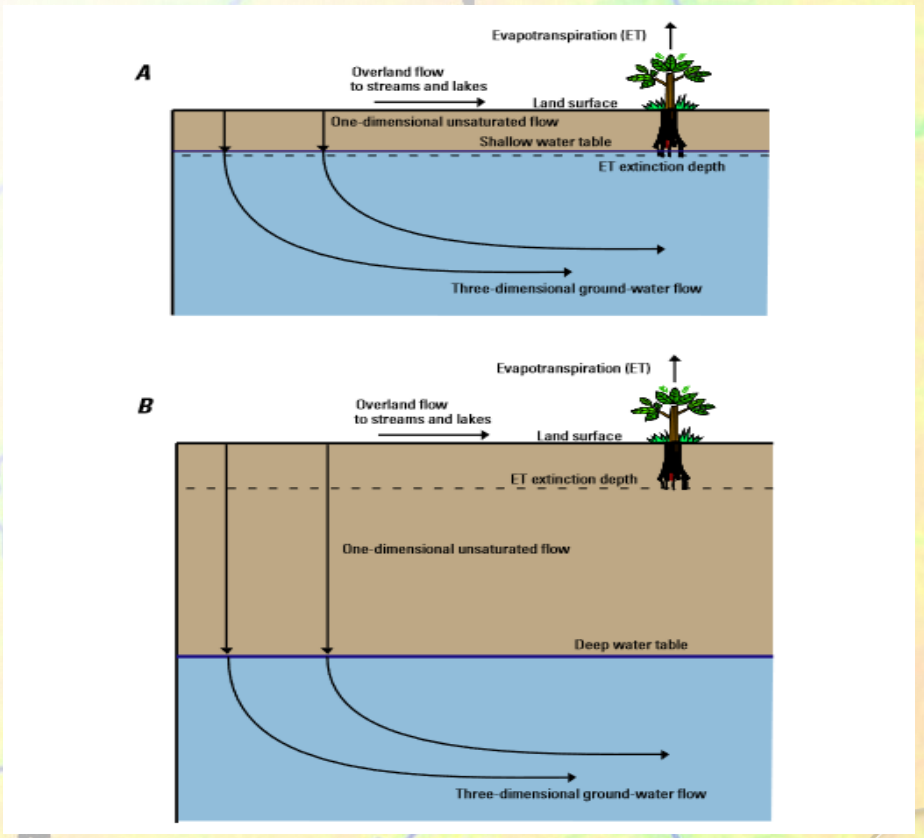
- ИСПОЛЬЗУЕТ ВХОДНЫЕ МЕТЕОРЯДЫ СУТОЧНОГО РАЗРЕШЕНИЯ **ДЛЯ ХАРАКТЕРНЫХ ЛАНДШАФТОВ**
- РАССЧИТЫВАЕТ БАЛАНС ТЕПЛА И ВЛАГИ НА ПОВЕРХНОСТИ И В ПОЧВЕННОМ СЛОЕ
- ВЫЧИСЛЯЕТ:
  - СУТОЧНЫЙ СЛОЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА
  - ПОВЕРХНОСТНОЕ ИСПАРЕНИЕ
  - **ВПИТЫВАНИЕ ВЛАГИ В ПОЧВУ**
  - **ПОТЕНЦИАЛЬНУЮ ЭВАПОТРАНСПИРАЦИЮ**

MODFLOW 2005+UZF (2.5- D МОДЕЛЬ)

- ИСПОЛЬЗУЕТ РАССЧИТАННОЕ SURFBAL **ВПИТЫВАНИЕ ВЛАГИ В ПОЧВУ И ПОТЕНЦИАЛЬНУЮ ЭВАПОТРАНСПИРАЦИЮ,** КАК ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ
- ВЫЧИСЛЯЕТ
  - ПОСТУПЛЕНИЕ ВЛАГИ НА УРОВЕНЬ ГРУНТОВЫХ ВОД (ПИТАНИЕ)
  - ЭВАПОТРАНСПИРАЦИЮ ИЗ ЗОНЫ АЭРАЦИИ И С УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД
  - МОДЕЛИРУЕТ ГЕОФИЛЬТРАЦИЮ В ЗОНЕ ПОЛНОГО НАСЫЩЕНИЯ

UZF PACKAGE MODFLOW

- РАССЧИТЫВАЕТ ГРАВИТАЦИОННОЕ ДВИЖЕНИЕ ВЛАГИ В НЕНАСЫЩЕННОЙ ЗОНЕ ОТ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ ДО УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД С УЧЕТОМ ОТБОРА ВЛАГИ КОРНЯМИ РАСТЕНИЙ В КАЖДОМ ВЕРХНЕМ БЛОКЕ MODFLOW СЕТОЧНОЙ МОДЕЛИ
- ТАКИМ ОБРАЗОМ ПИТАНИЕ НЕ ЗАДАЕТСЯ, КАК ПАРАМЕТР, А ВЫЧИСЛЯЕТСЯ:



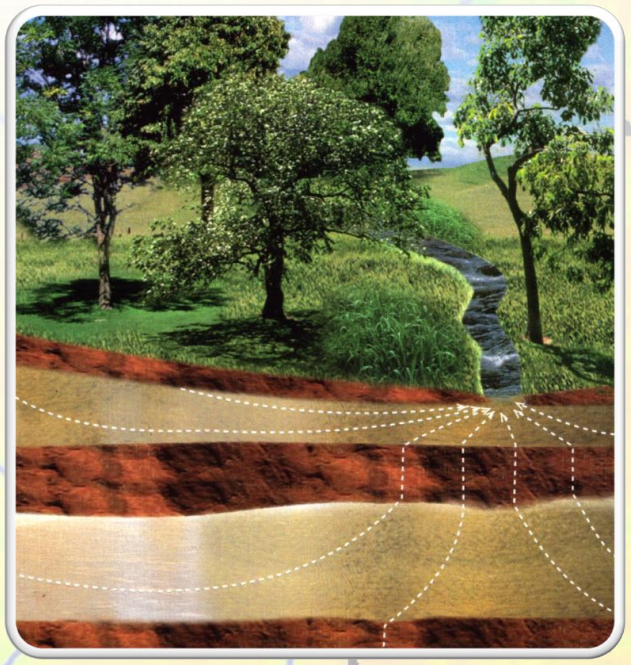
Documentation of the the Land Surface and the Water Table and Unsaturated-Zone Flow (UZF1) Package for Modeling Unsaturated Flow Between able with MODFLOW-2005

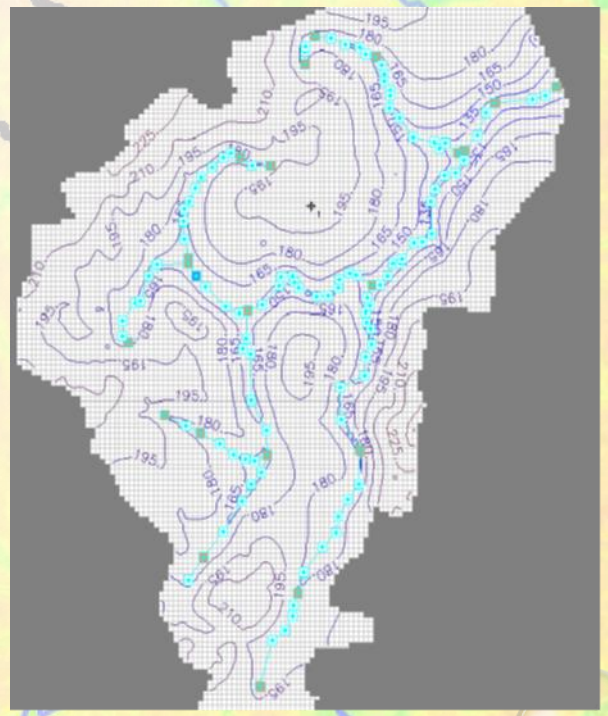
ГЕОФИЛЬТРАЦИОННАЯ ЧАСТЬ МОДЕЛИ

- ПЯТЬ РАСЧЕТНЫХ СЛОЕВ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ХАРАКТЕРНЫЙ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ЮГО ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ МАБ:
  - НАДЬЮРСКИЙ КОМПЛЕКС
  - ЮРСКИЙ СЛАБОПРОНИЦАЕМЫЙ ГОРИЗОНТ
  - КАРБОНОВЫЙ КОМПЛЕС
  - СЛАБОПРОНИЦАЕМЫЙ СЛОЙ НИЖНЕГО КАРБОНА
  - ДЕВОНСКИЙ КОМПЛЕКС

  ПРОСТРАСВЕННО ВРЕМЕННАЯ СЕТКА:

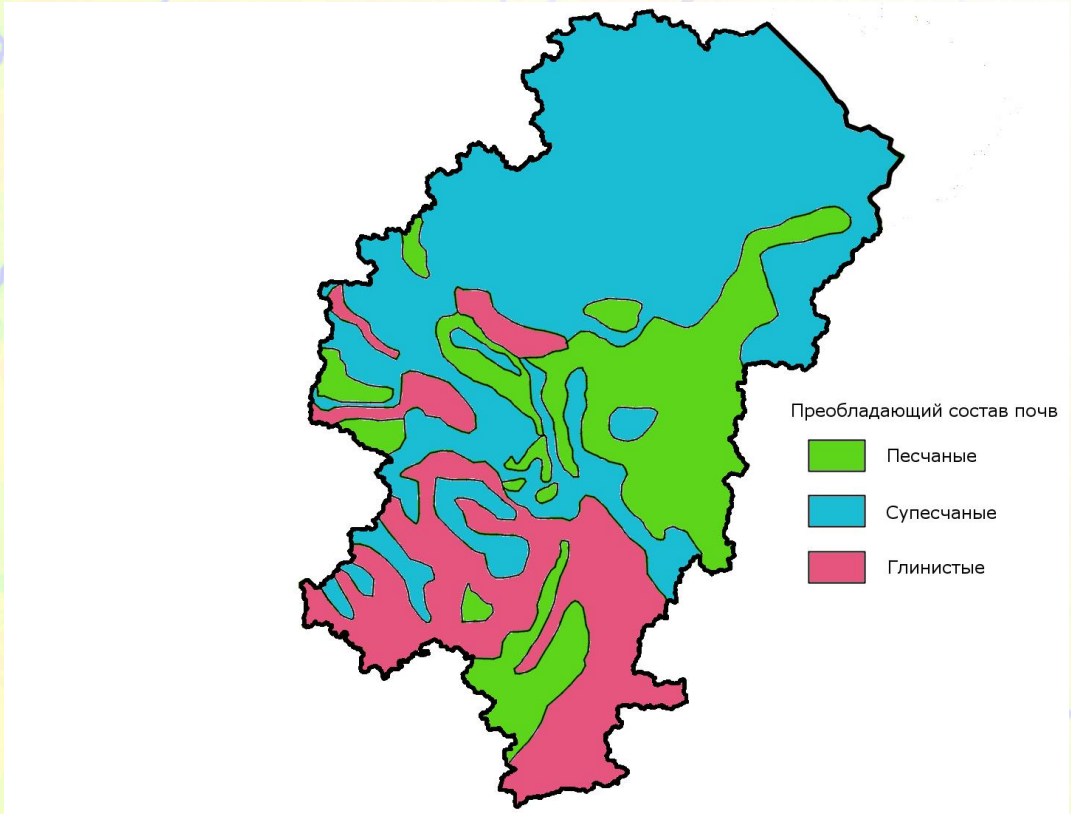
  В ПЛАНЕ – БЛОК 1КВ КМ, ДЕТАЛЬНОСТЬ ЗАДАНИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ -1 СУТКИ



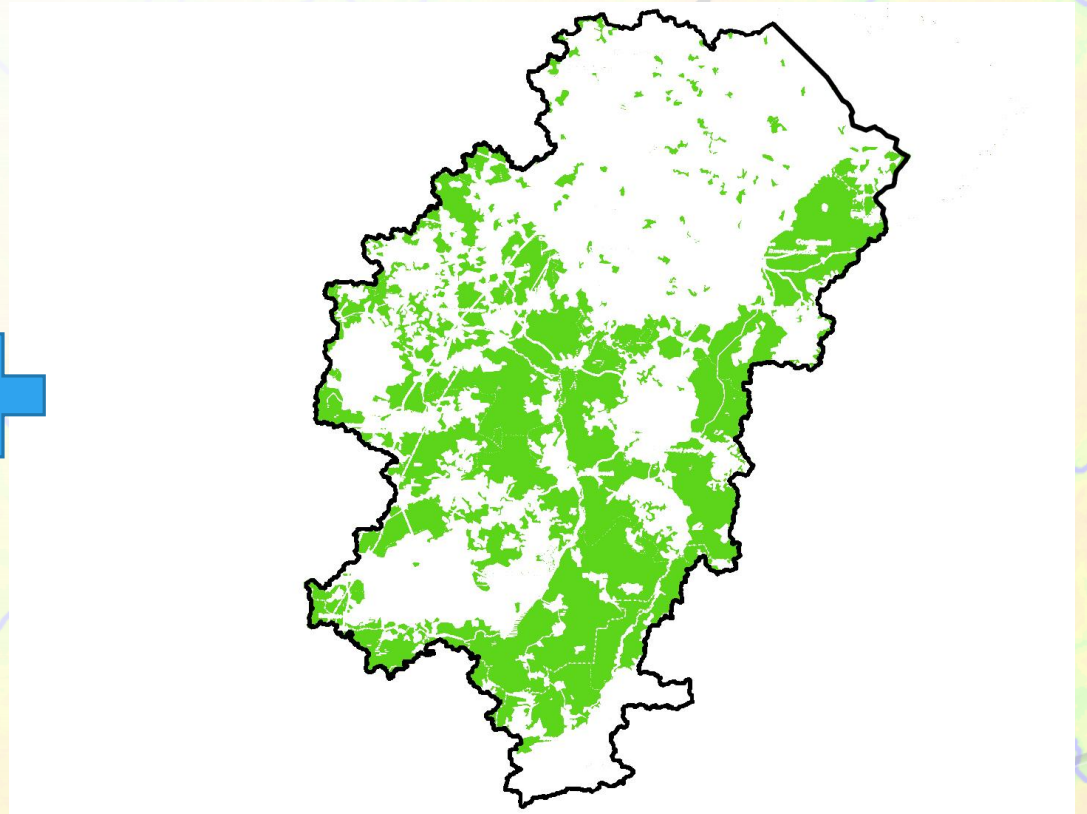


ЗОНИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОСАДКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ



РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

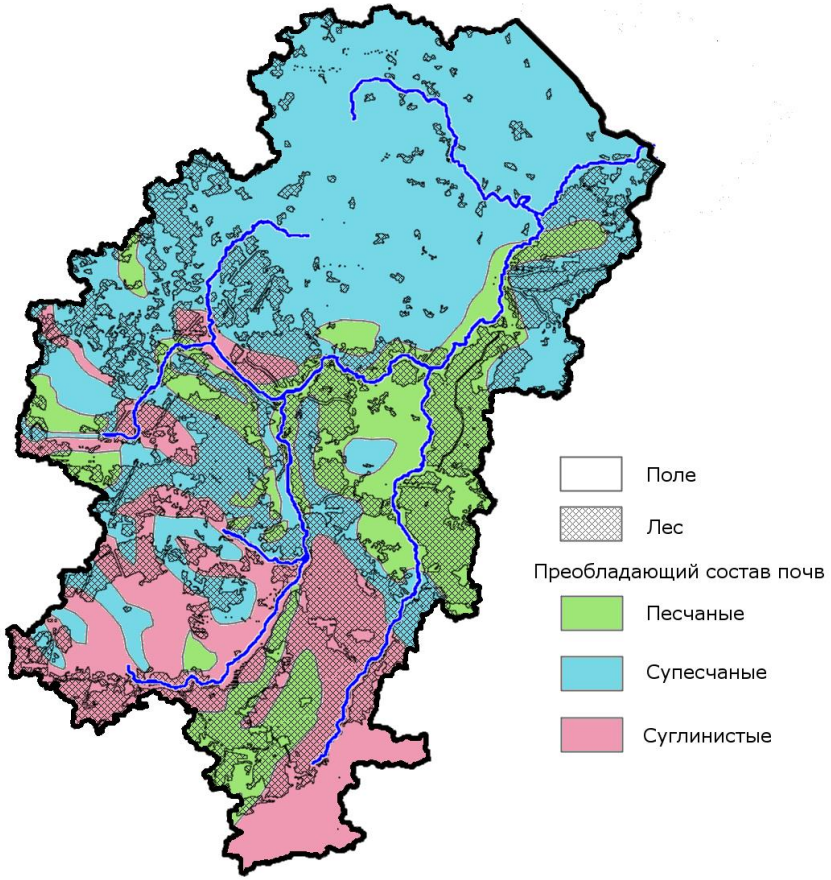


ЗОНИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОСАДКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ

РАСЧЕТНЫЕ ЗОНЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ОСАДКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОДОСБОРА

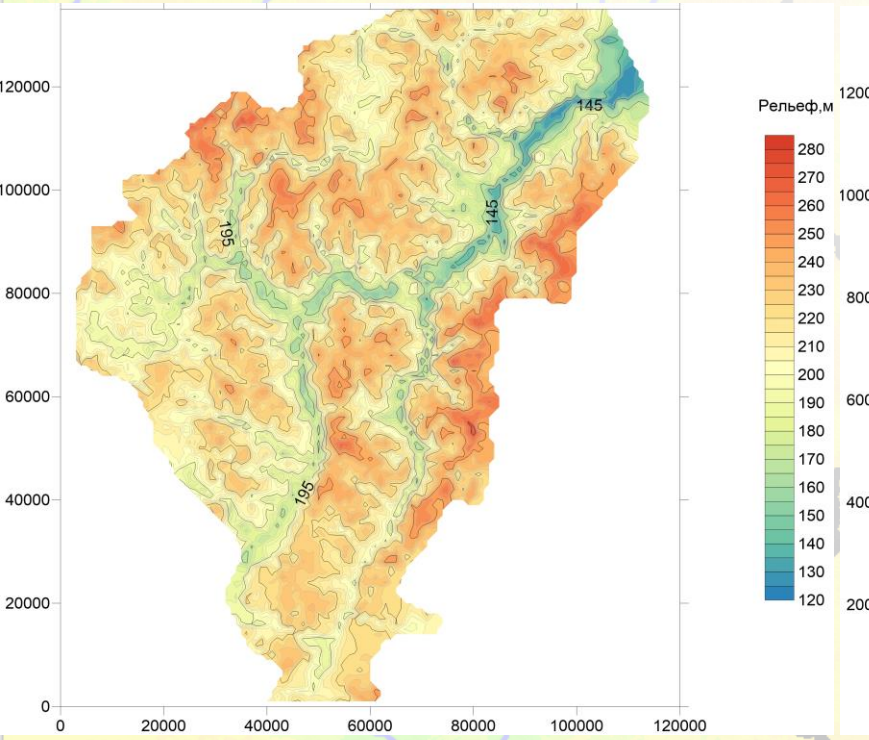
Зона	Тип почв и растительности	% площади водосбора
1	Песок-поле	10
2	Песок-лес	14
3	Супесь-поле	36
4	Супесь-лес	21
5	Суглинок-поле	9
6	Суглинок-лес	10

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН

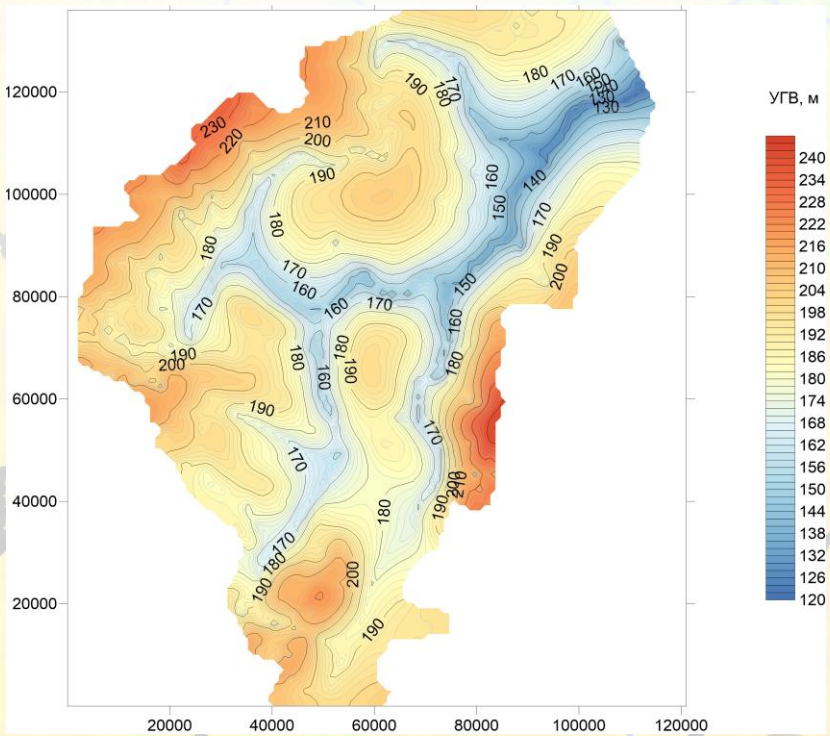


МОДЕЛЬНЫЕ УРОВНИ ГРУНТОВЫХ ВОД

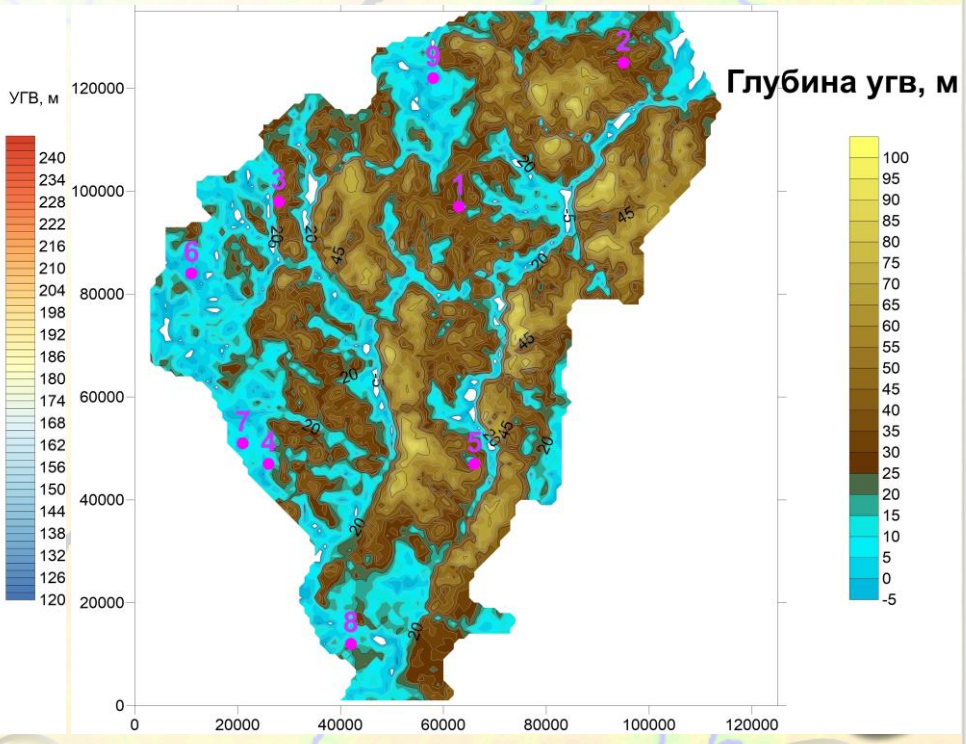
РЕЛЬЕФ



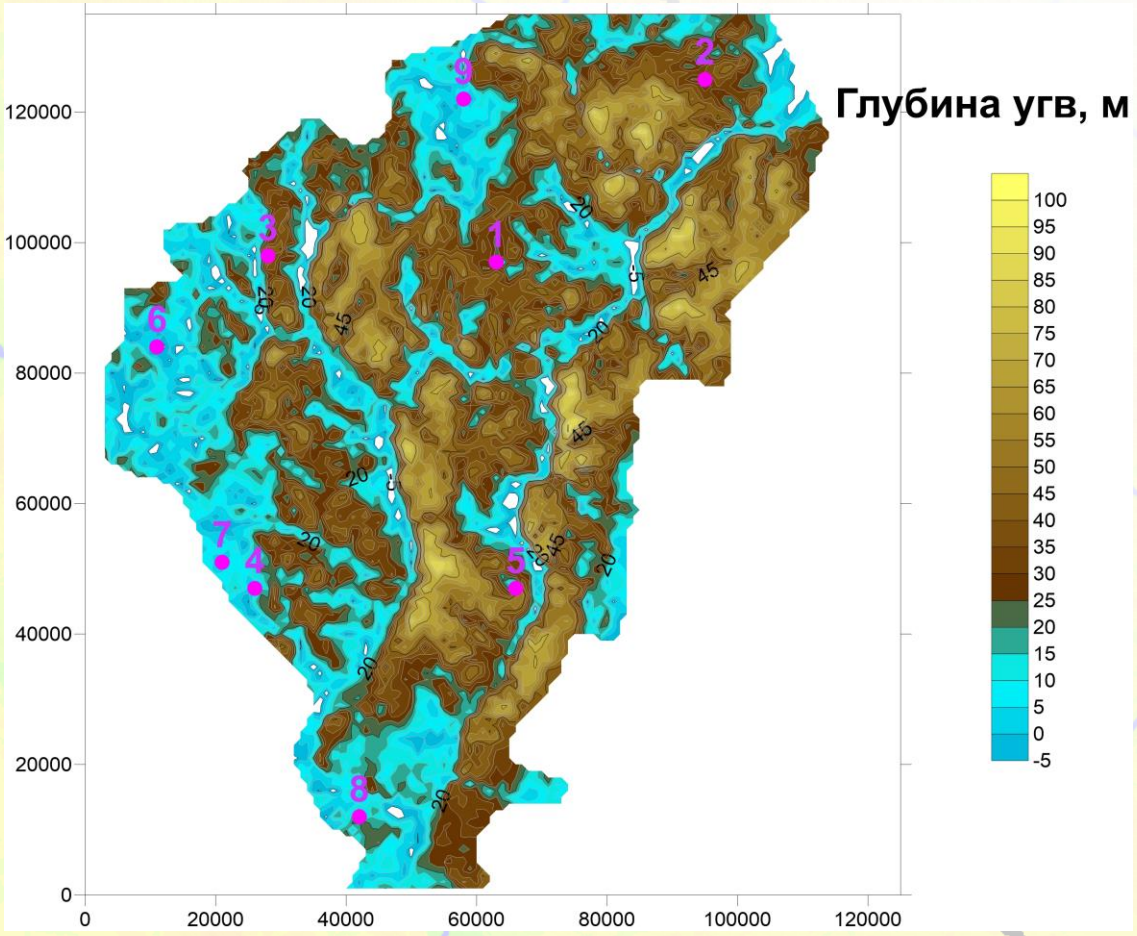
УРОВЕНЬ ГРУНТОВЫХ ВОД НА 2016



ГЛУБИНА ДО УГВ



МОДЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИНАМИКИ УРОВНЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД

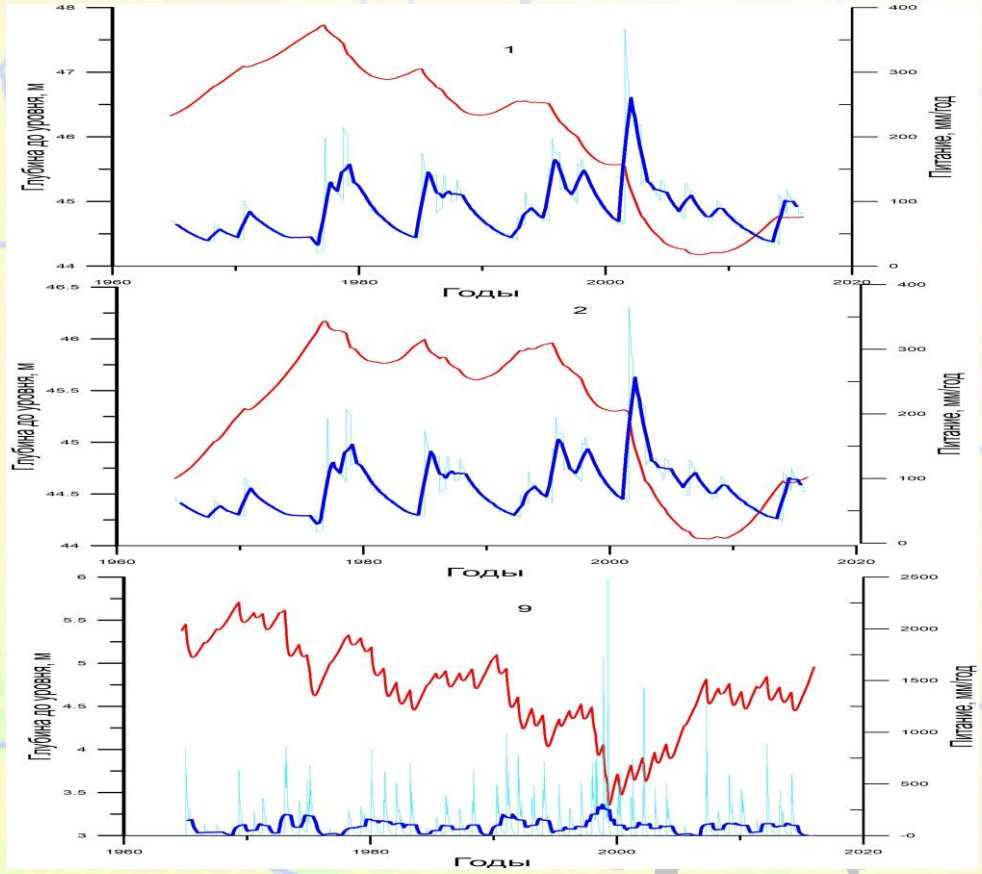


"Скважина"	Ландшафт	Средняя глубина уровня, м	Тренд глубины	среднее питание Мм в год	Коэф. Вариации суточного питания
8	песок-поле	16.8	нет	177	0.73
4	суглинок-поле	14.4	падает	12	0.84
7	суглинок-поле	6.9	падает	9	1.23
1	супесь-лес	46	падает	80	0.56
2	супесь-лес	45	падает	81	0.52
6	супесь-лес	25	нет	82	9
9	супесь-лес	4.9	падает	86	1.59
3	супесь-поле	1.4	нет	300*	2.3
5	супесь-поле	35	падает	89	8.6

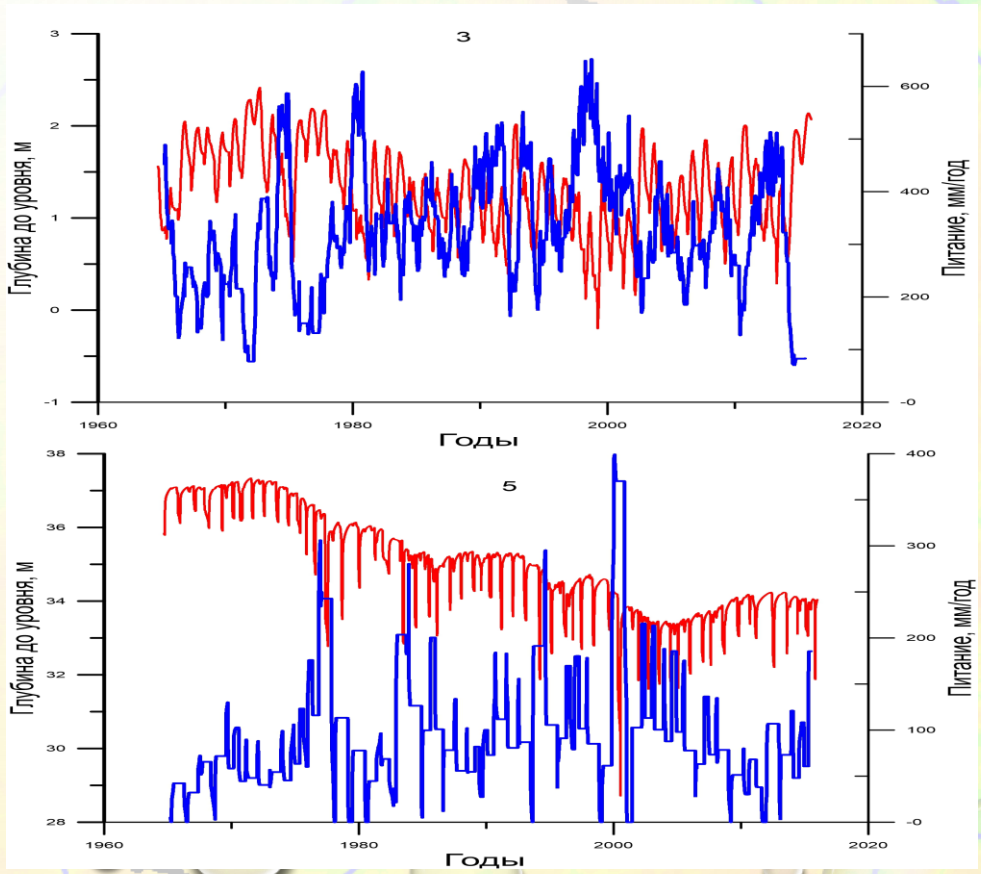
* Без учета испарения с угв

МОДЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА УРОВНЕЙ

СУПЕСЬ - ЛЕС

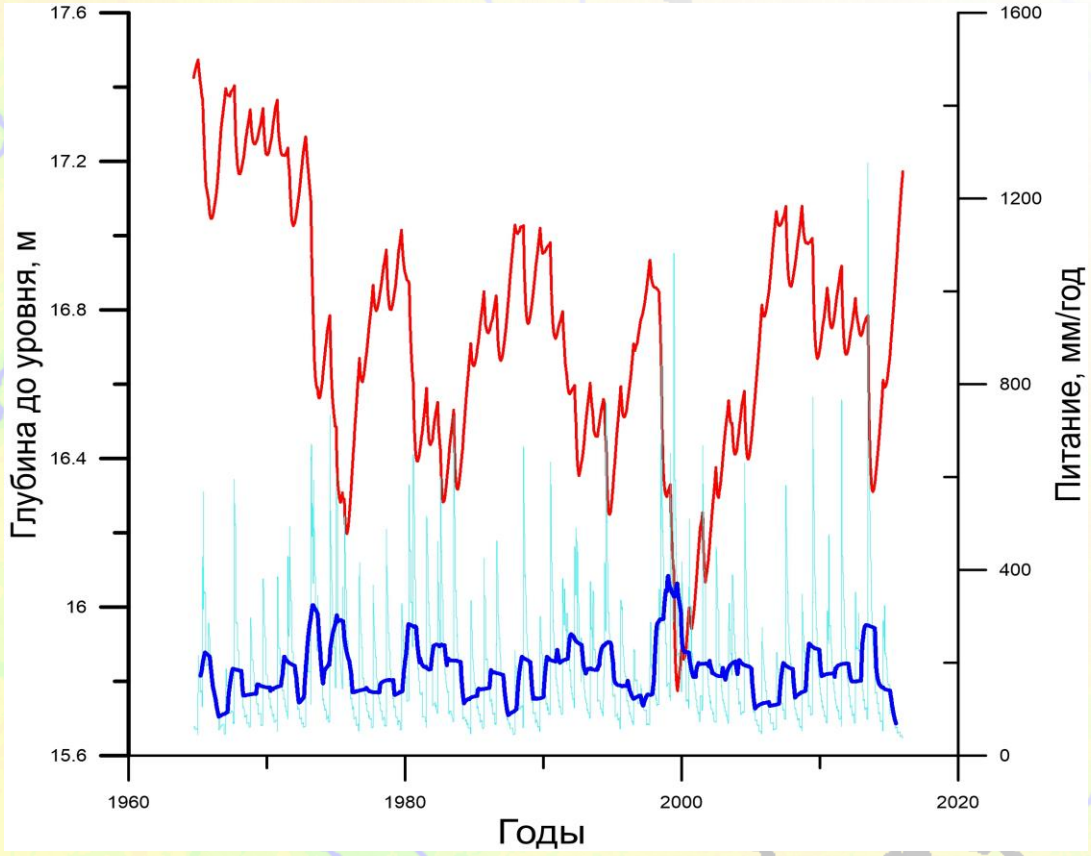


СУПЕСЬ - ПОЛЕ

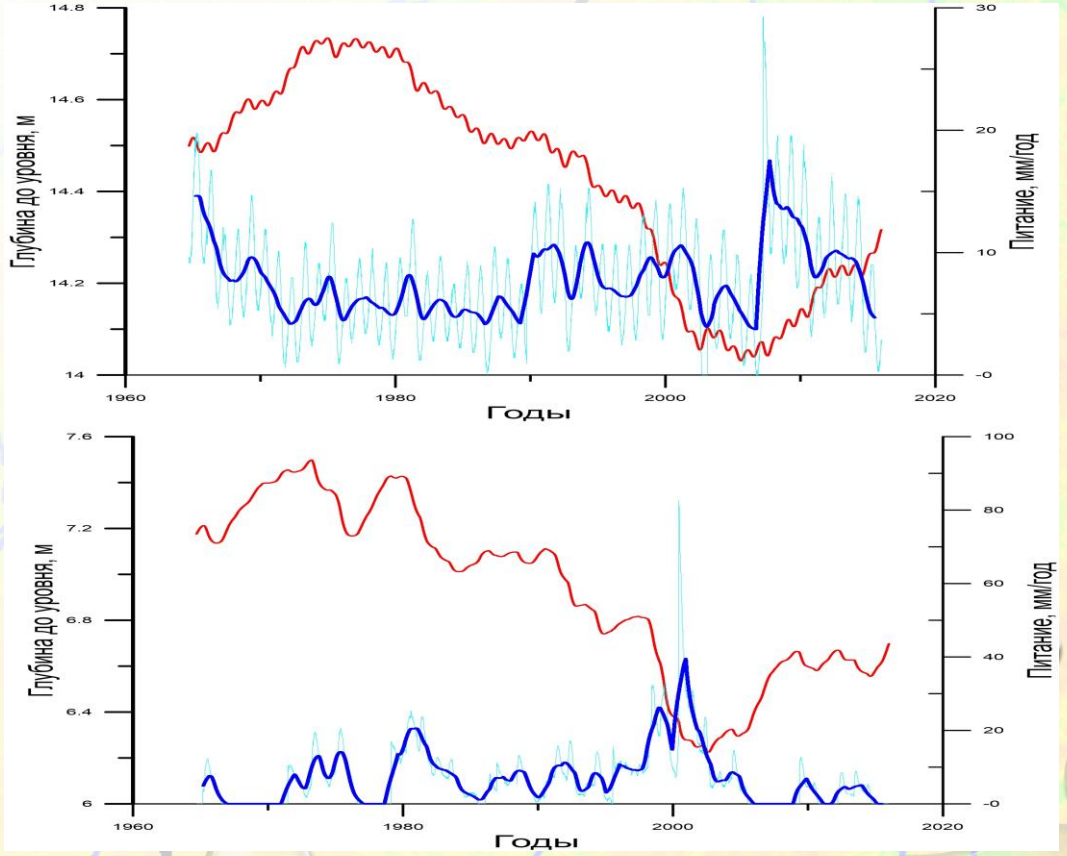


МОДЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА УРОВНЕЙ

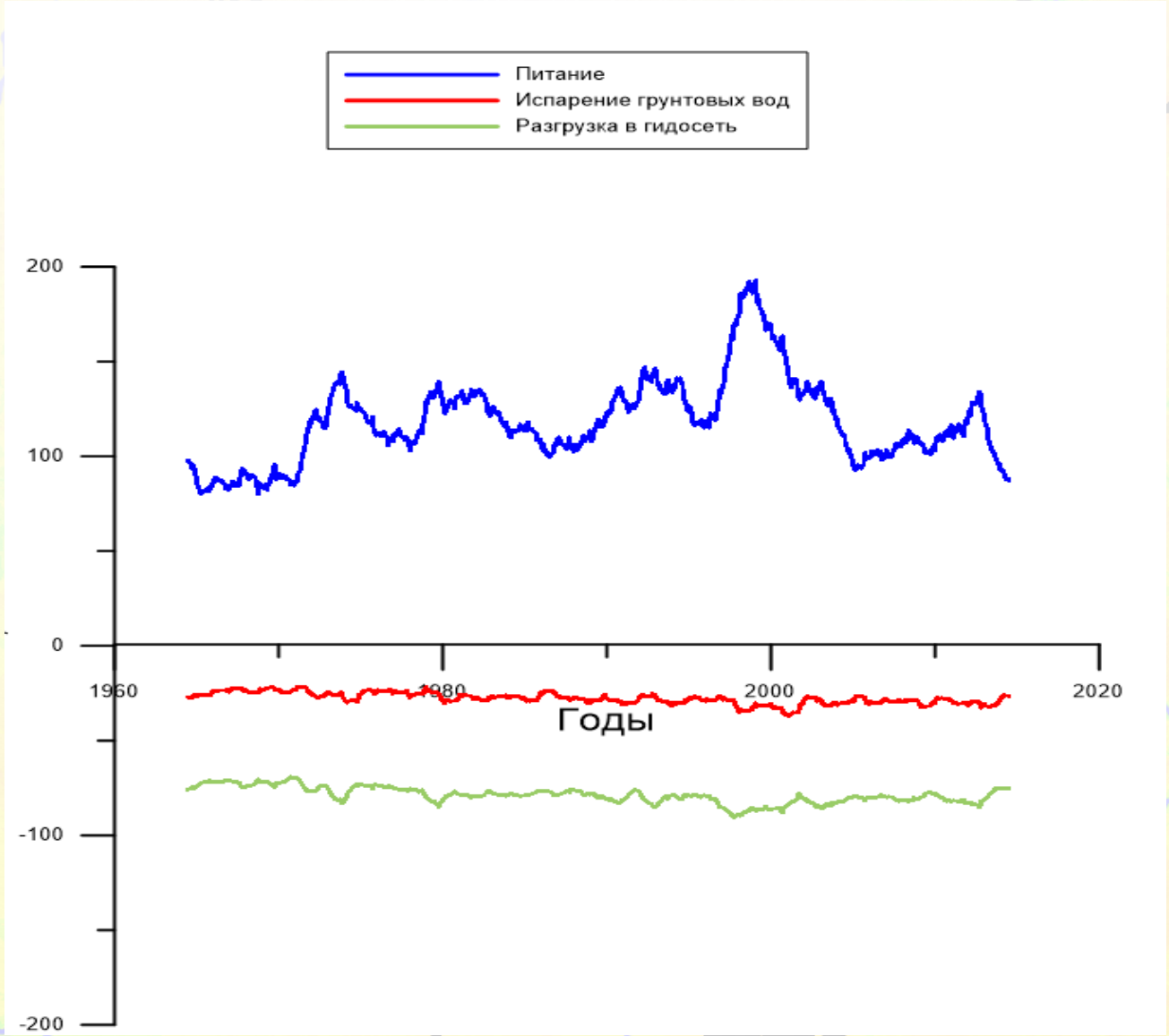
ПЕСОК-ПОЛЕ



СУГЛИНОК ПОЛЕ

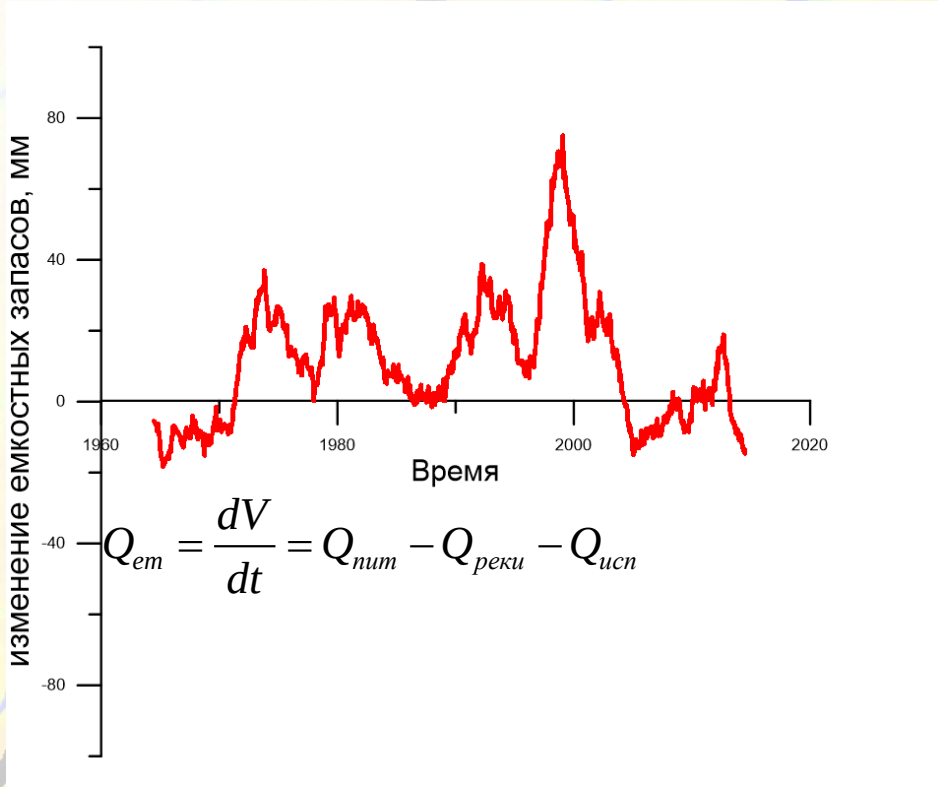


МОДЕЛЬНАЯ МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ПИТАНИЯ И РАЗГРУЗКИ



ОСРЕДНЁННЫЙ ЗА 1965-2015 ГГ БАЛАНС ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Питание, мм/год	**114**
Испарение, мм/год	**27**
Разгрузка в русла рек, мм/год	**66**
Разгрузка в виде высачивания, м/год	**12**
Изменение емкостных запасов, мм/год	**9**



МОДЕЛЬНАЯ РАЗГРУЗКА И МИНИМАЛЬНЫЙ ГОДОВОЙ СТОК

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

- СЕГОДНЯ УЖЕ СУЩЕСТВУЮТ МОДЕЛИРУЮЩИЕ СРЕДСТВА, ПРИГОДНЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО И ПОДЗЕМНОГО СТОКА В ПРЕДЕЛАХ МАЛЫХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ И ВЫЯВЛЕНИЯ РЕАКЦИИ СТОКА НА ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
- СОЗДАНИЕ И КАЛИБРАЦИЯ МОДЕЛЕЙ КОНКРЕТНЫХ БАССЕЙНОВ ТРЕБУЕТ ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНА
- МОДЕЛЬНЫЙ РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПОДЗЕМНОГО СТОКА В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЖИЗДРЫ ПОКАЗАЛ, ЧТО ПРОИСХОДЯЩИЕ С СЕРЕДИНЫ 60-Х ГОДОВ ПРОШЛОГО ВЕКА ИЗМЕНЕНИЯ ВСЕ ЕЩЕ НЕ НОСЯТ НАПРАВЛЕННОГО ХАРАКТЕРА, А СВЯЗАНЫ С РАЗНОНАПРАВЛЕННОЙ ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ ФОРМИРОВАНИЯ ВПИТЫВАНИЯ И РАСХОДОВАНИЯ ВЛАГИ НА ПОВЕРХНОСТИ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

- РАБОТА ВЫПОЛНЯЛАСЬ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ГРАНТА РНФ