

КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ ВЕБ-СЕРВИС МОНИТОРИНГА ФОРМИРОВАНИЯ И ТАЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В БАССЕЙНЕ Р. КАМЫ

С.В. Пьянков¹, А.Н. Шихов¹, Р.К. Абдуллин¹, Е.В. Чурюлин^{2, 3}

¹Пермский государственный университет, кафедра картографии и геоинформатики

²Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,

³ Гидрометеорологический научно-исследовательский центр РФ

Исследование проведено при поддержке РФФИ (проект 17-05-01001-а,)

ПРОБЛЕМА

- Оценка характеристик снежного покрова с предоставлением пользователям актуальной информации о его влагозапасах и водоотдаче представляет интерес для многих регионов России, в том числе расположенных в бассейне р. Камы.
- В настоящее время в открытом доступе отсутствуют адекватные данные о пространственном распределении снегозапасов, необходимые для гидрологического прогноза.

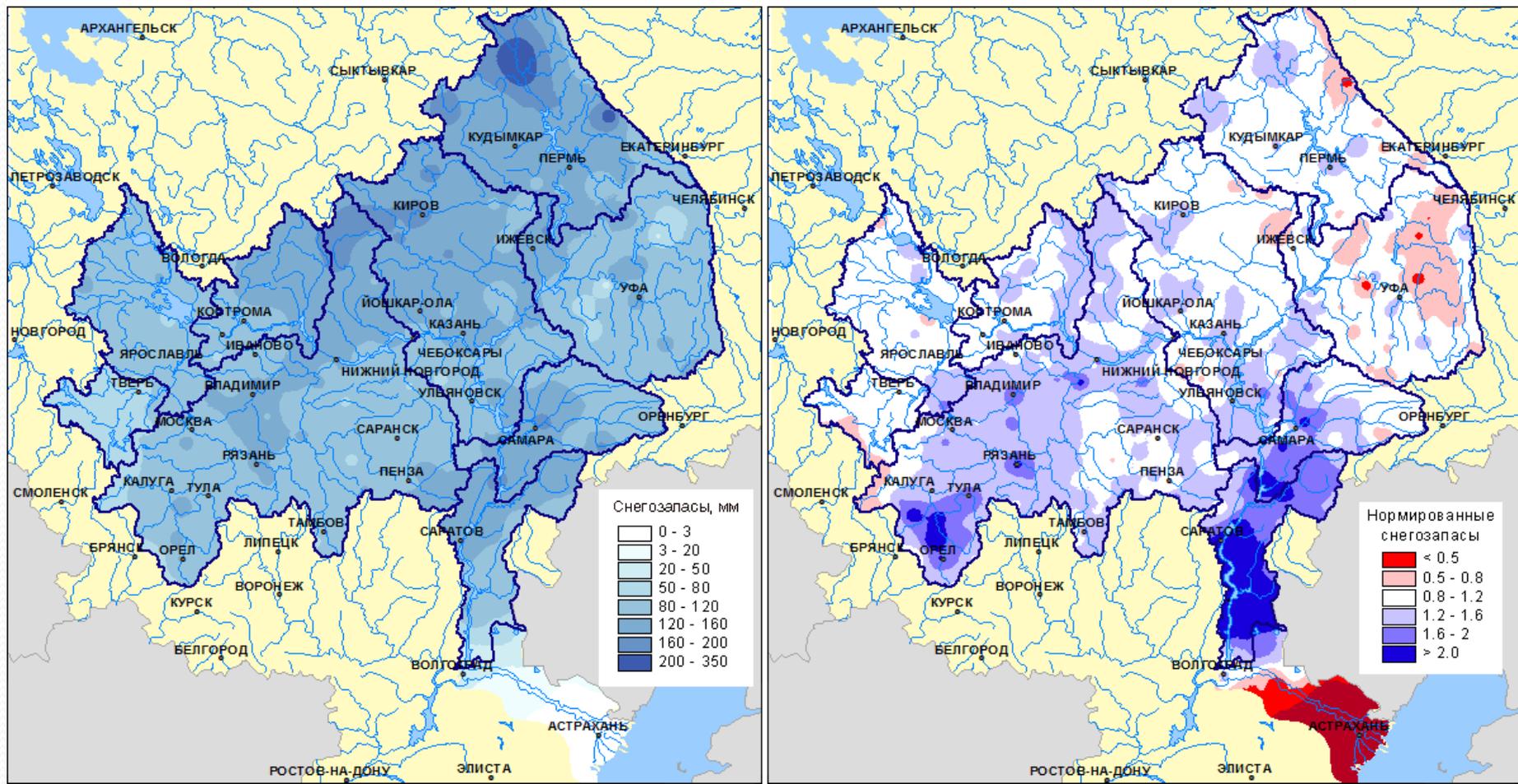
Цели работы

- Оценить достоверность расчета снегозапасов в бассейне Камы по разным глобальным моделям прогноза погоды и по стационарным данным, а также сравнить их с данными модели снежного покрова SNOWE, разработанной в Гидрометцентре РФ (на примере 2017-2018 и 2018-2019 гг.)
- Создать картографический веб-сервис для визуализации расчетов снегозапасов в бассейне р. Камы по открытым данным численных моделей прогноза погоды

ПРИМЕР СУЩЕСТВУЮЩЕГО КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ПРОДУКТА ПО СНЕГОЗАПАСАМ (<http://gis.vodinfo.ru/>)

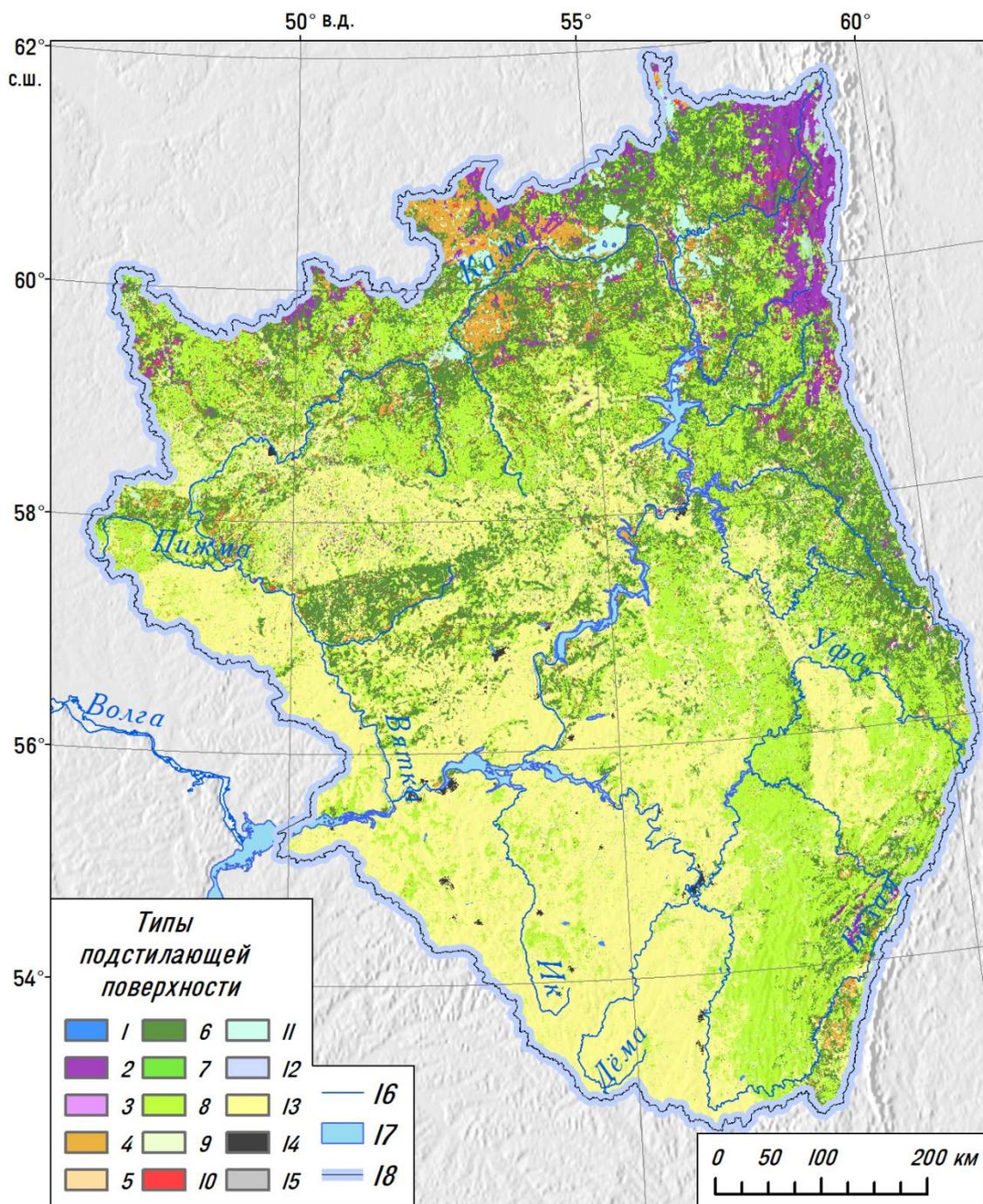


Запасы воды в снежном покрове и нормированные снегозапасы на 28 февраля 2019 года, рассчитанные по математической модели по метеоданным
Волжско-Камский каскад - снегозапасы 161.5 км³ или 109% от нормы



ТЕРРИТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Типы подстилающей поверхности в бассейне Камы:
- 1 – водная поверхность,
- 2, 3 – темнохвойные леса сомкнутые и несомкнутые,
- 4, 5 – сосновые леса сомкнутые и несомкнутые,
- 6, 7 – смешанные леса сомкнутые и несомкнутые,
- 8 – лиственные леса,
- 9 – участки лесовосстановления,
- 10 – вырубки и гари,
- 11 – болота,
- 12 – горные тундры.
- 13 – сельскохозяйственные угодья,
- 14 – крупные города,
- 15 – прочие нелесные земли.
- 16 – граница бассейна.



ДАННЫЕ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗА ПОГОДЫ

Название модели	Разработчик (страна)	Шаг расчетной сетки	Количество вертикальных уровней	Шаг сетки выходных данных, км	Ссылка на источник данных
GFS	National Center for Environmental Prediction (NCEP), США	13 км	64	0,25°	http://nomads.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/gfs/prod/
GEM	Canadian Meteorological Center (CMC), Канада	0,14°	120	0,24°	http://dd.weatheroffice.gc.ca/model_gem_global/25km/grib2/lat_lon/
ПЛ-АВ	ИВМ РАН, Гидрометцентр России	0,18°× 0,225°	51	0,18°× 0,225°	Получение по запросу от разработчиков модели
ICON (только 2018-2019 гг.)	Deutscher Wetterdienst (DWD), Германия	13 km	90	0,125°	http://ftp-outgoing2.dwd.de/gds/ICON/grib/europe/

ДААННЫЕ МЕТЕОСТАНЦИЙ

- Для расчетов используются данные со 100 метеостанций на водосборе Камы и за ее пределами. 6 станций исключены из расчетов осадков по причине нерепрезентативности (расположены на открытых местах, снег выдувается).
- Разработан скрипт на языке Python для загрузки и обработки данных с сервиса <https://rp5.ru/>

outfile [Режим совместимости] - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		T_01_03_2018	T_02_03_2018	T_03_03_2018	T_04_03_2018	T_05_03_2018	T_06_03_2018	T_07_03_2018	T_08_03_2018	T_09_03_2018	T_10_03_2018
2	28224	-13,29	-9,03	-9,36	-11,35	-6,41	-9,6	-13,99	-10,79	-12,19	-14,9
3	23909	-9,88	-10,38	-9,66	-9,68	-10,45	-15,06	-14,73	-11,8	-12,71	-16,08
4	23914	-9,89	-10,2	-9,49	-9,45	-10,09	-14,25	-15,6	-12,21	-13,33	-15,38
5	23912	-9,93	-10,16	-10	-9,24	-9,22	-14,16	-15,86	-11,45	-14,88	-17,56
6	28013	-9,89	-9,67	-8,84	-9,79	-9,69	-14,26	-14,68	-11,7	-12,64	-15,45
7	28016	-9,53	-9,03	-8,66	-10,07	-8,98	-13,55	-14	-11,11	-12,24	-15,52
8	28116	-11,76	-8,07	-8,91	-11,39	-8,34	-12,71	-13,92	-10,83	-13,54	-16,55
9	28029	-11,17	-9,39	-8,4	-10,03	-7,99	-10,59	-14,96	-11,61	-13	-14,59
10	28134	-13,59	-9,78	-8,93	-11,26	-7,69	-8,9	-15,79	-11,81	-13,79	-17,58
11	28138	-14,8	-11,34	-11,22	-12,52	-8,16	-9,74	-17,6	-13,71	-14,18	-16,86
12	28234	-14,69	-9,34	-9,77	-10,29	-5,78	-8,24	-14,95	-11,1	-12,41	-14,88
13	28216	-12,53	-8,08	-9,81	-11,2	-7,67	-11,39	-14,62	-11,71	-12,49	-14,54
14	28321	-15,8	-8,21	-11,47	-12,08	-6,76	-10,72	-14,11	-11,57	-11,76	-13,5
15	28324	-19,02	-9,65	-14,47	-13,49	-5,86	-10,41	-13,44	-13	-14,6	-17,71
16	28319	-16,81	-10,81	-15,4	-11,41	-6,16	-11,3	-13,79	-13,29	-13,64	-14,57
17	28413	-14,12	-10,22	-13,4	-12,25	-5,71	-10,8	-13,31	-11,02	-10,25	-13,71
18	28428	-20,24	-13,45	-16,94	-13,47	-5,51	-10,36	-14,54	-13,95	-15,24	-15,36
19	28429	-18,57	-12,82	-13,91	-11,21	-5,21	-10,19	-16,01	-14,09	-14,25	-16,69
20	23804	-10,96	-9,43	-10,15	-12,59	-14,64	-16,76	-12,85	-10,29	-10,46	-16,38
21	23803	-9,9	-9,42	-10,25	-11,91	-13,39	-16,82	-14,61	-10,61	-13,2	-17,49
22	23812	-8,97	-10,9	-10,43	-13,72	-14	-16,9	-16,19	-11,4	-16,04	-19,69
23	28009	-9,99	-8,21	-9,18	-12,99	-8,78	-14,06	-13,71	-10,78	-12,86	-16,75
24	28214	-13,92	-9,31	-12,46	-14,86	-7,83	-11,65	-14,07	-12,2	-12,84	-15,74
25	28418	-14,48	-11,88	-14,49	-12,33	-5,92	-11,11	-13,46	-13,51	-10,95	-12,94
26	28419	-22,5	-14,87	-20,4	-14,29	-5,66	-11,07	-14,9	-15,67	-14,9	-16,59
27	28434	-18,2	-10,57	-15,6	-16,96	-5,8	-8,15	-14,47	-11,03	-12,43	-15,18
28	28432	-17,61	-10,71	-14,3	-15,54	-5,76	-8,14	-15,5	-12,66	-14,5	-16,89
29	28448	-15,49	-9,22	-11,93	-11,4	-8,8	-7,46	-14,85	-11,74	-12,41	-15,09
30	28430	-15,95	-9,28	-11,44	-12,89	-7,1	-7,89	-15,62	-12,55	-13,07	-15,44

Получение метеоданных за несколько суток

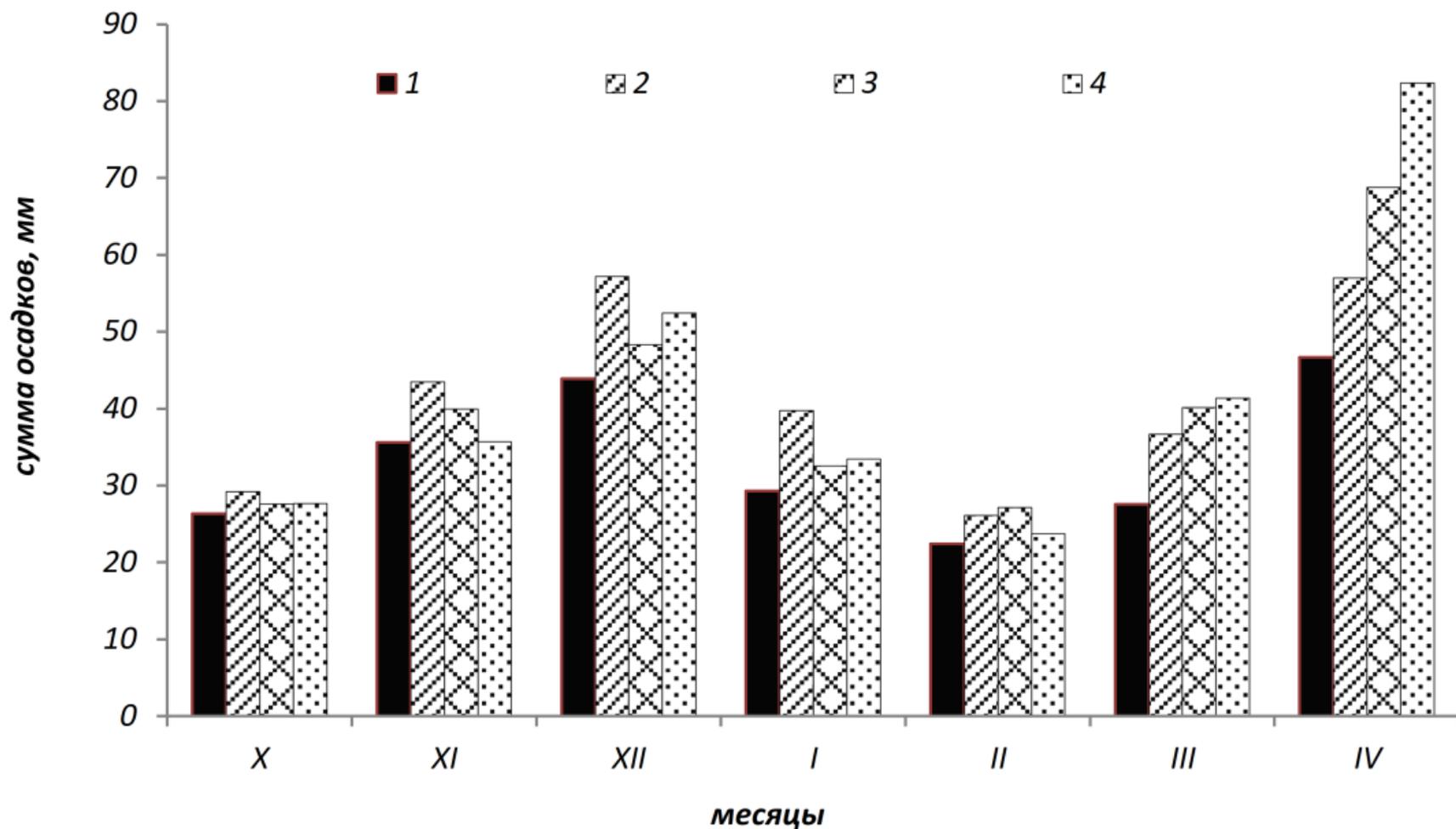
Out Folder
D:\Shared\SnowCover\Data_2018\MS_data

Start date
01.03.2018

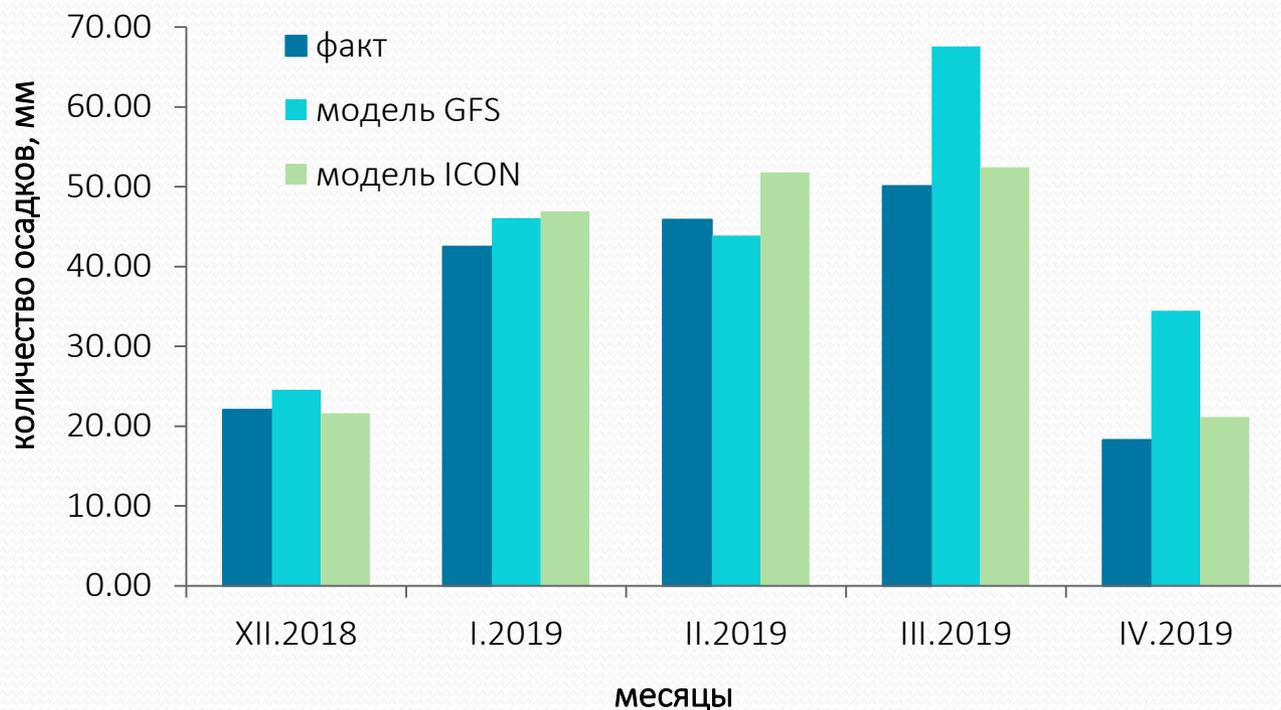
End date
23.03.2017

OK Отмена Параметры среды... Показать Справку >>

СОПОСТАВЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ (1) И ПРОГНОСТИЧЕСКИХ СУММ ОСАДКОВ ПО МОДЕЛЯМ GEM (2) и GFS (3) и ПЛ-АВ (4) (ТЕСТИРОВАНИЕ МЕТОДИКИ, 2017-2018 ГГ.)



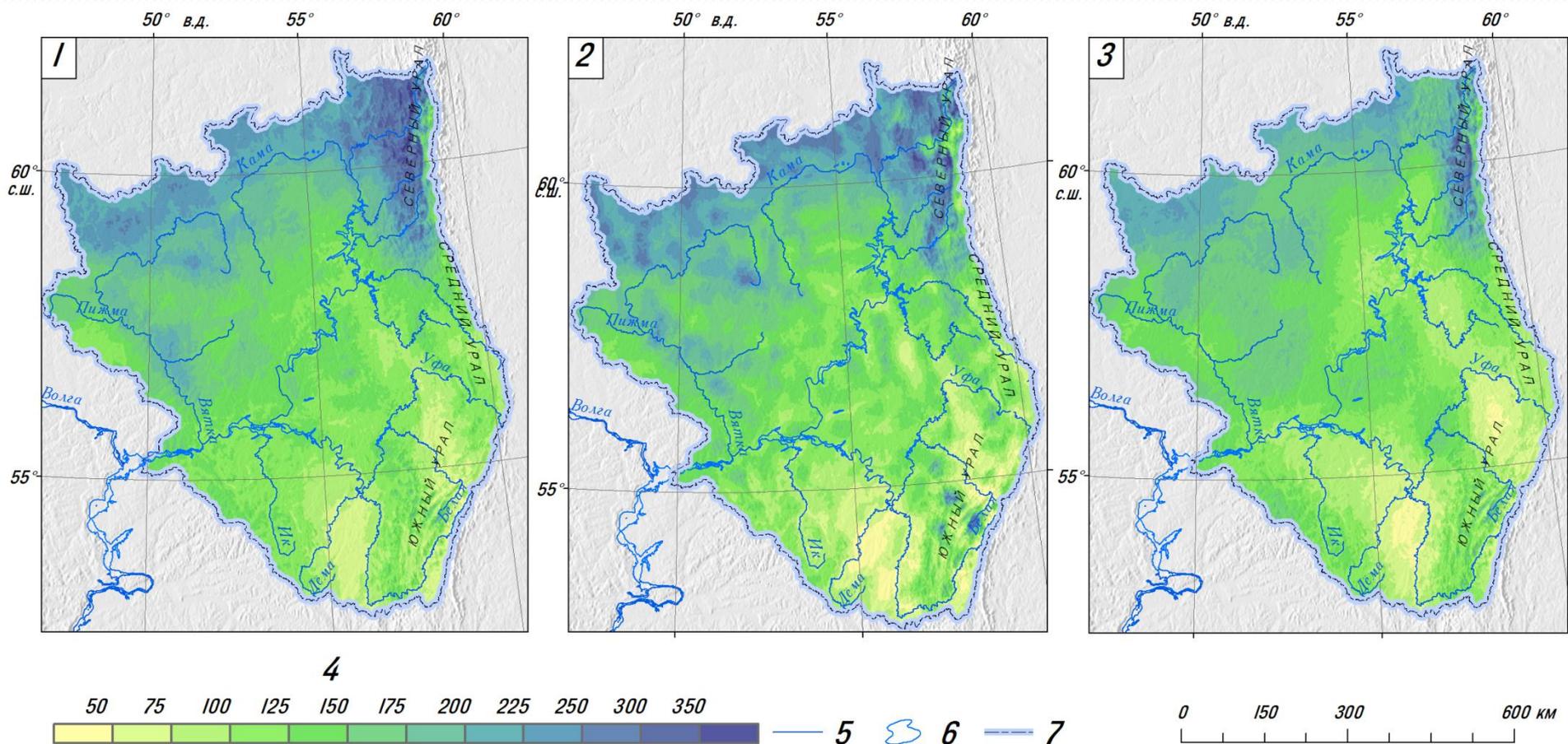
СОПОСТАВЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ СУММ ОСАДКОВ С РАСЧЕТНЫМИ ПО МОДЕЛЯМ GFS и ICON (2018-2019 ГГ.)



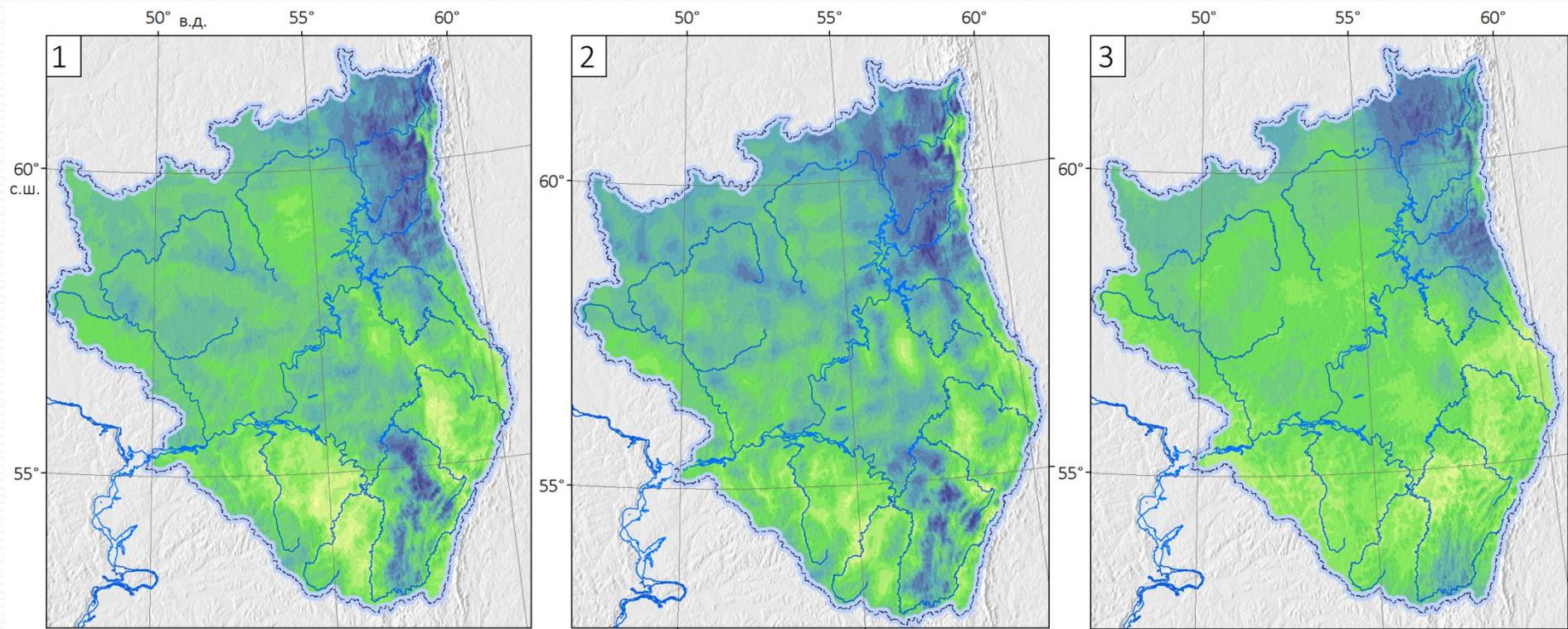
● В таблице — RMSE (мм) в числителе и ее отношение к средним измеренным осадкам в знаменателе

Модель атмосферы	XII.2018	I.2019	II.2019	III.2019	IV.2019
GFS	6,2/0,28	10,4/0,24	8,9/0,19	21,8/0,44	18,6/1,01
ICON	4,4/0,20	10,6/0,25	12,0/0,26	11,6/0,23	7,0/0,38

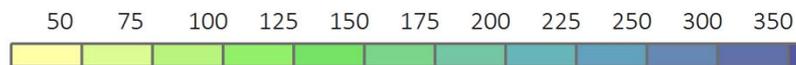
РАСЧЕТНЫЙ МАКСИМАЛЬНЫЙ СНЕГОЗАПАС, 31.03.2018 Г. ПО МОДЕЛЯМ GEM (1), GFS (2) и ПЛ-АВ (3)



РАСЧЕТНЫЙ МАКСИМАЛЬНЫЙ СНЕГОЗАПАС, 15.03.2019 Г. ПО МОДЕЛЯМ ICON (1), GFS (2) и по фактическим осадкам (3)



Запас воды в снежном покрове, мм

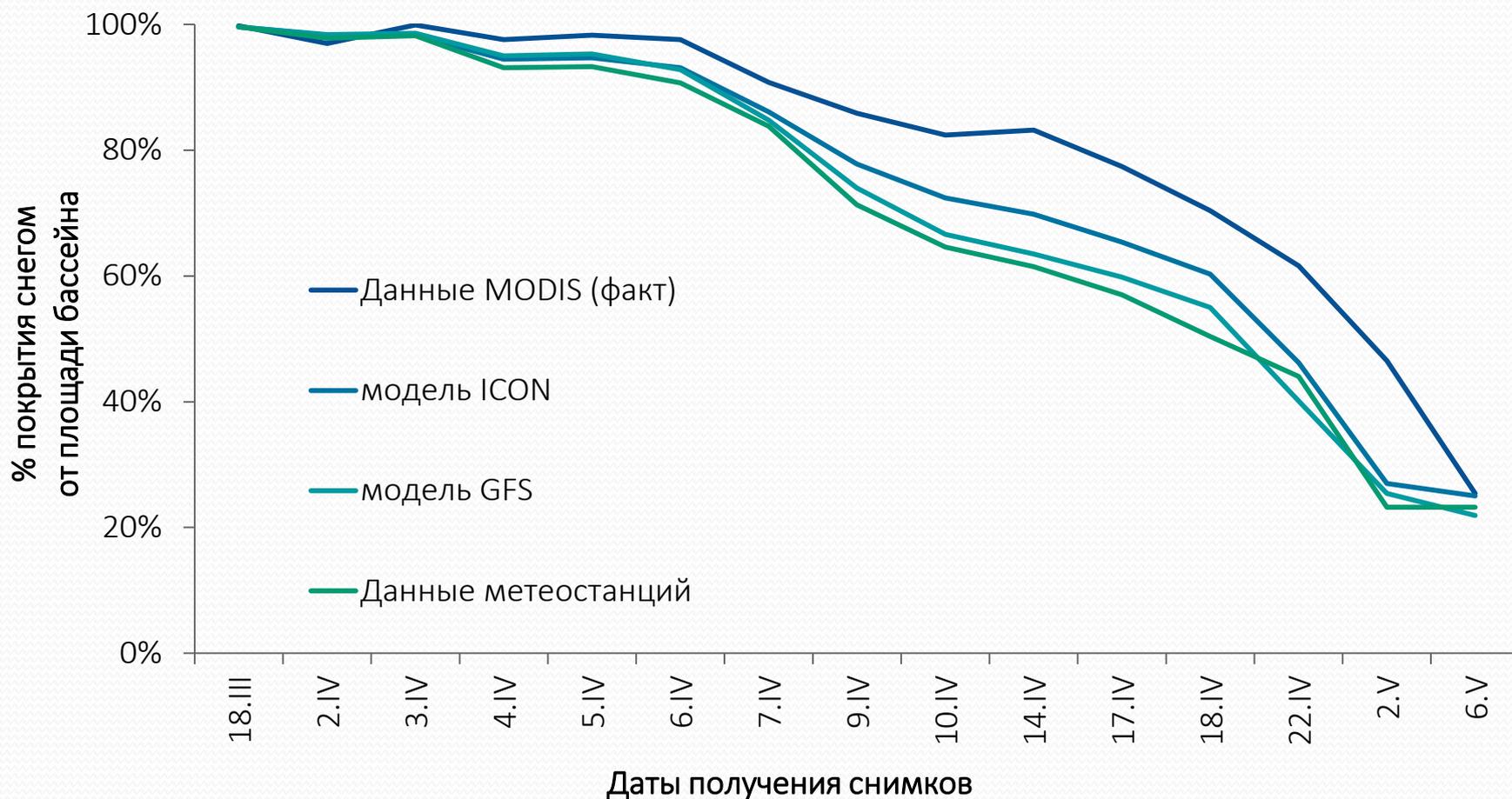


озера и водохранилища

границы бассейна



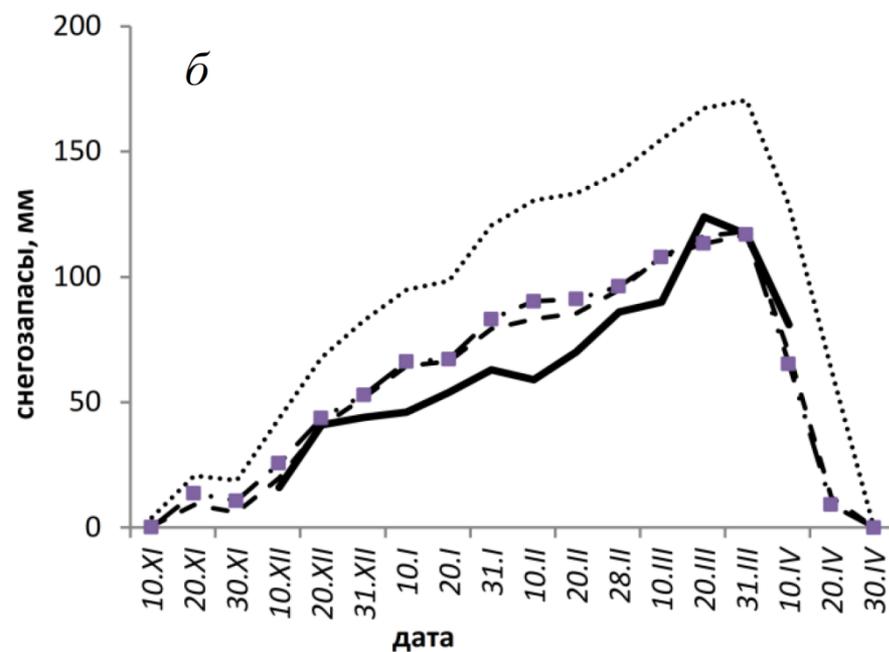
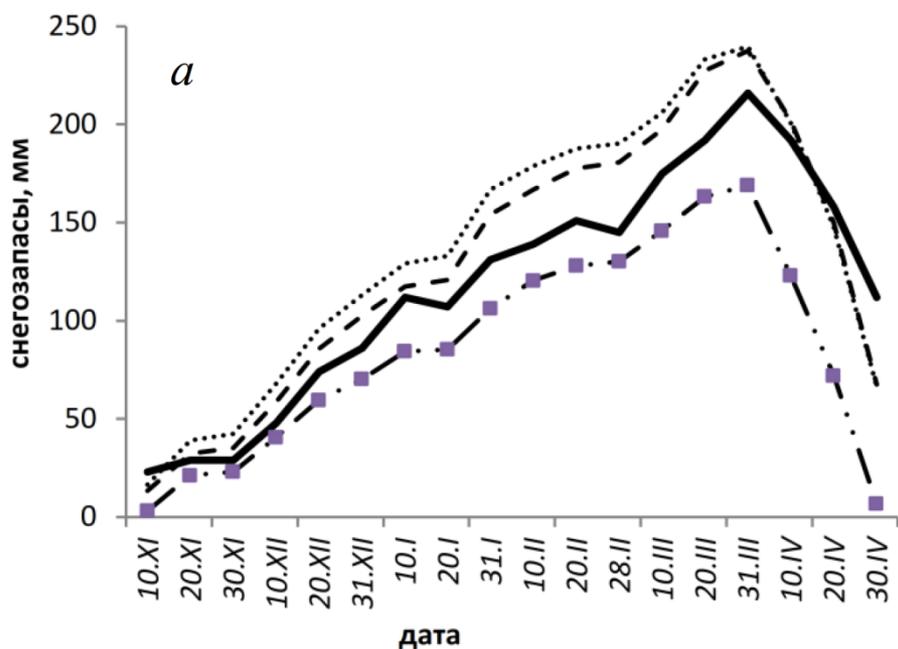
ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ РАСЧЕТОВ СНЕГОТАЯНИЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ MODIS (РАСЧЕТНЫЙ И ФАКТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕНТ ПОКРЫТИЯ БАССЕЙНА СНЕГОМ)



СОПОСТАВЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ И ФАКТИЧЕСКИХ СНЕГОЗАПАСОВ ПО ОТДЕЛЬНЫМ МАРШРУТАМ:

а – Чердынь (поле), б – Кудымкар (поле)

Результаты 2017-2018 гг.



— 1

..... 2

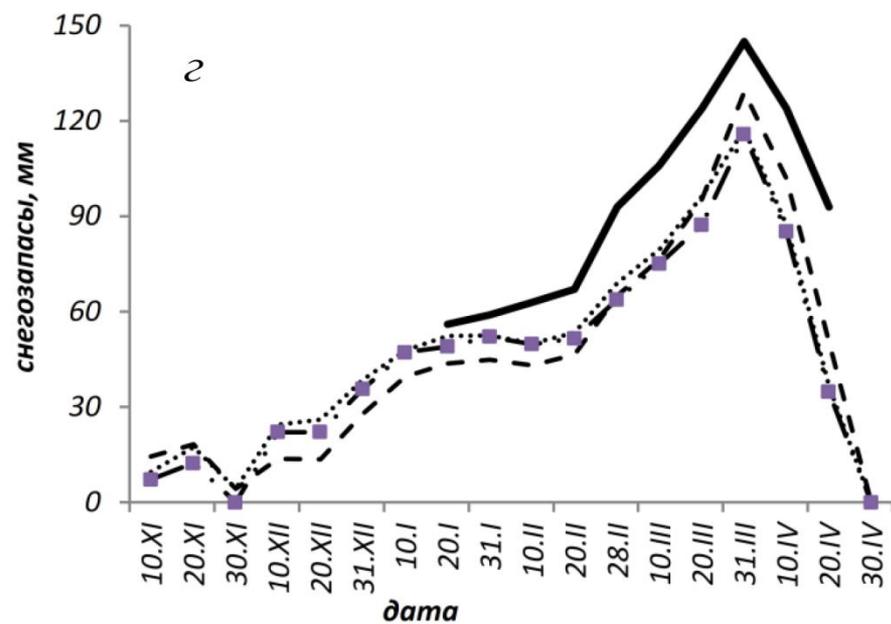
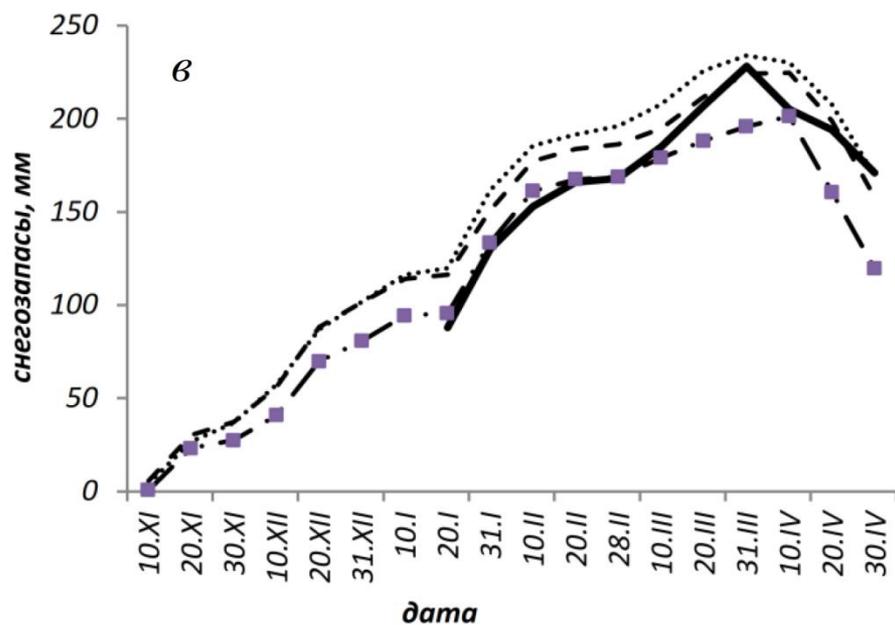
- - - 3

- ■ - - 4

СОПОСТАВЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ И ФАКТИЧЕСКИХ СНЕГОЗАПАСОВ ПО ОТДЕЛЬНЫМ МАРШРУТАМ:

в – Усть-Черная (лес), г – Октябрьский (лес)

Результаты 2017-2018 гг.



— 1

..... 2

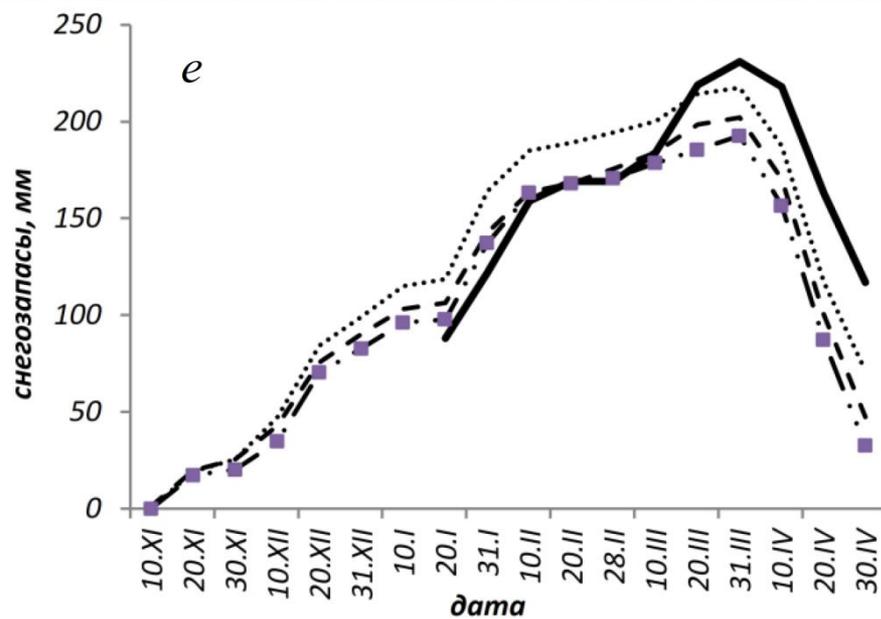
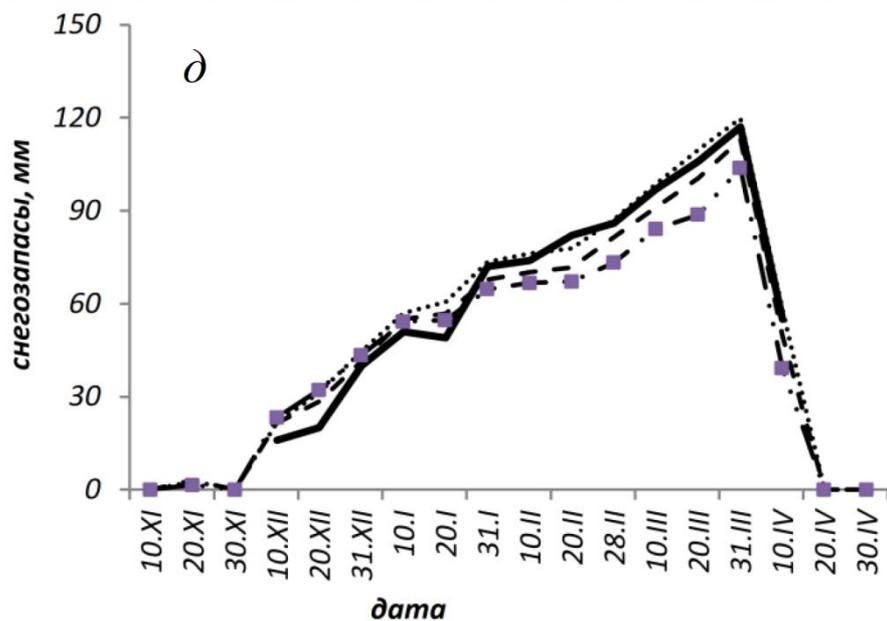
- - - 3

- · - · 4

СОПОСТАВЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ И ФАКТИЧЕСКИХ СНЕГОЗАПАСОВ ПО ОТДЕЛЬНЫМ МАРШРУТАМ:

д – Бол. Соснова (поле), е – Нагорское (лес)

Результаты 2017-2018 гг.



— 1

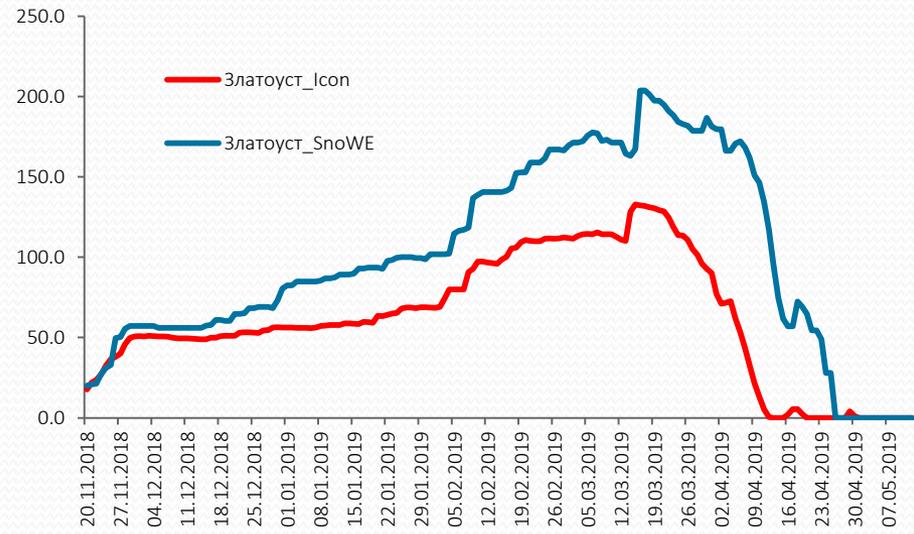
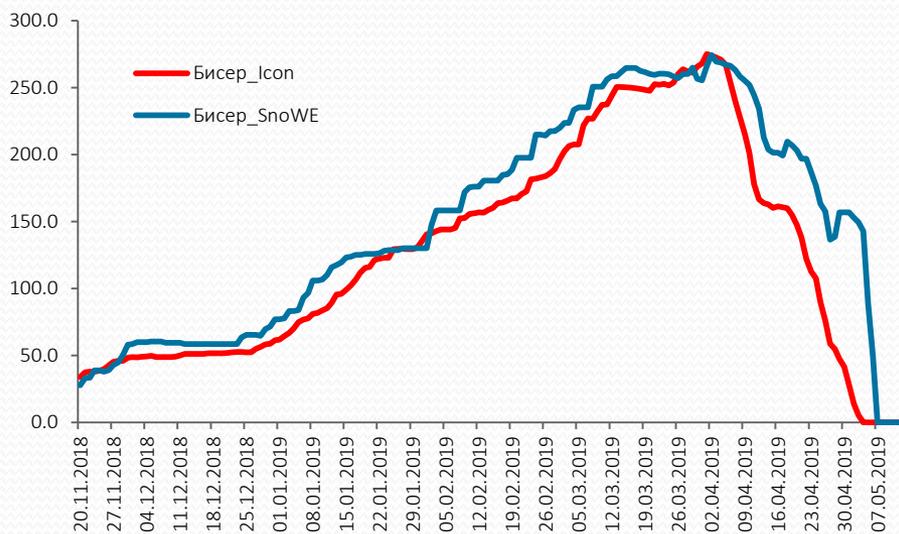
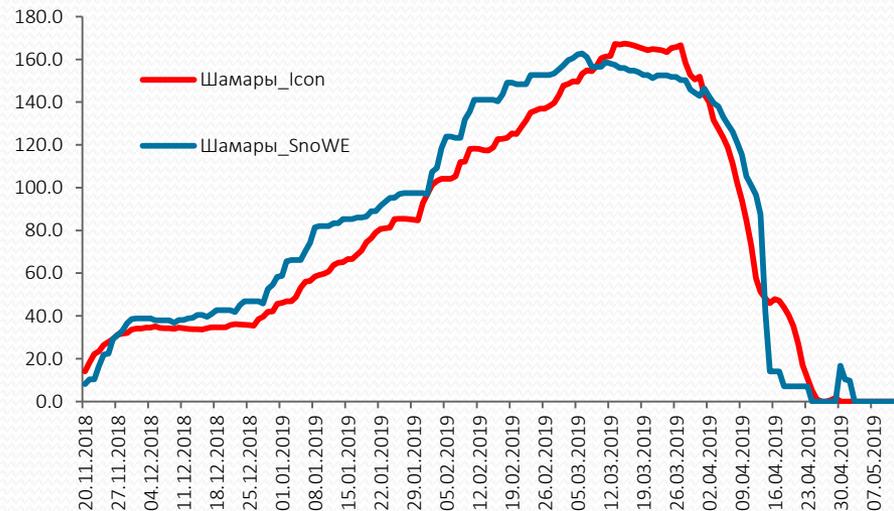
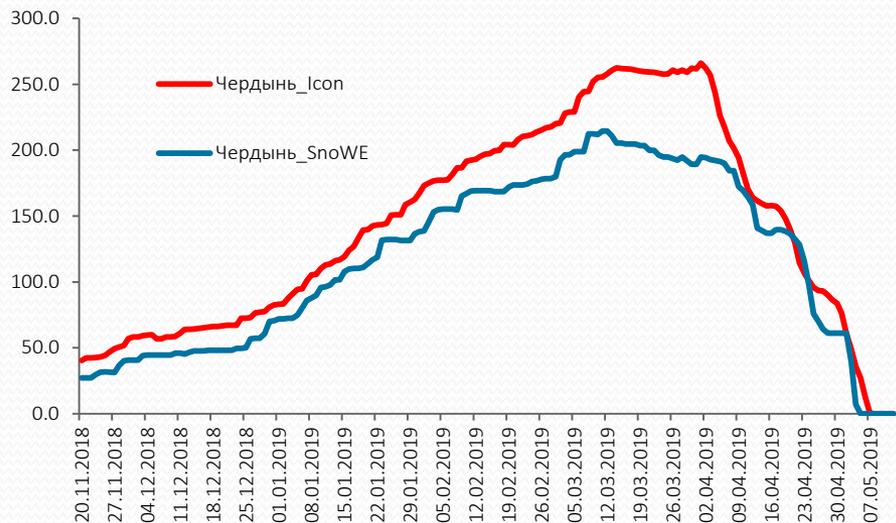
..... 2

- - - 3

—■— 4

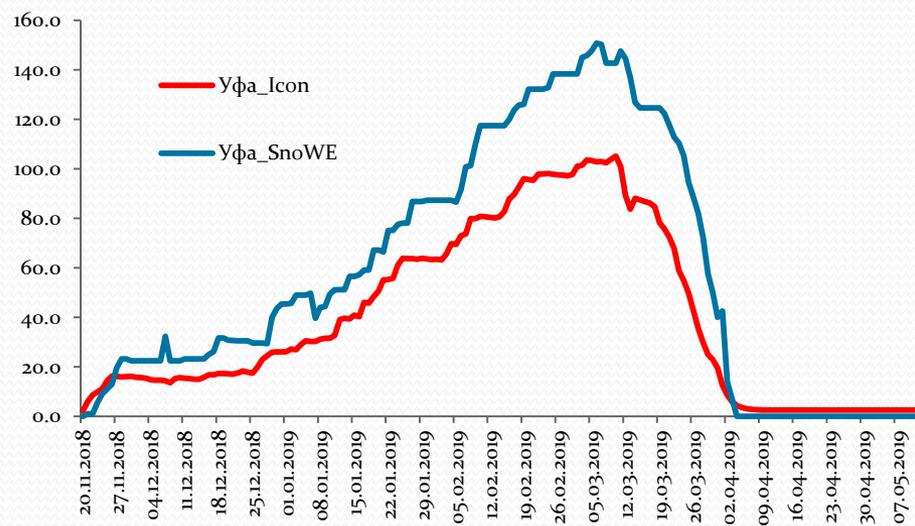
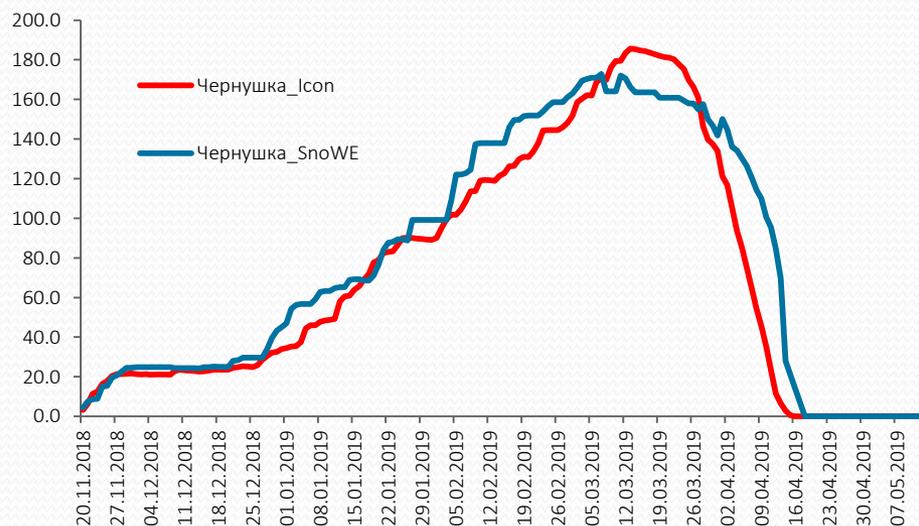
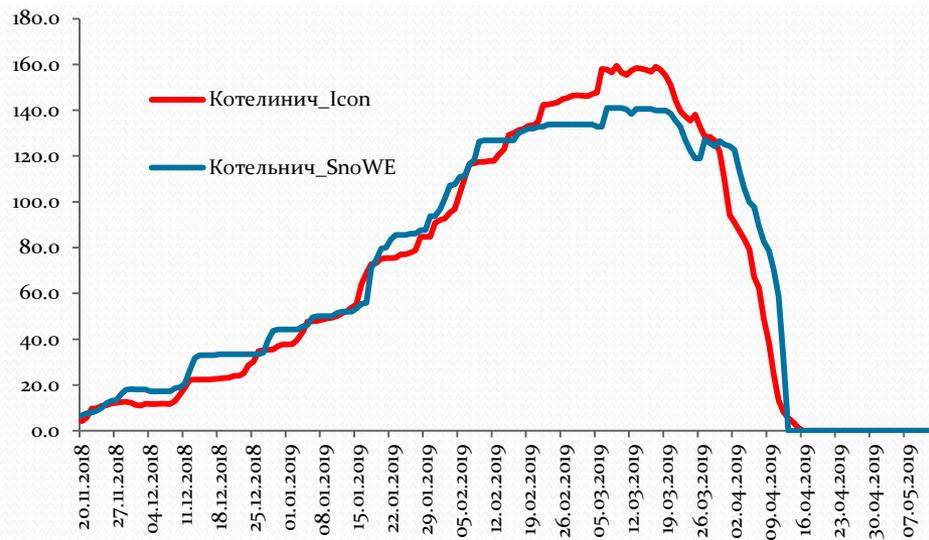
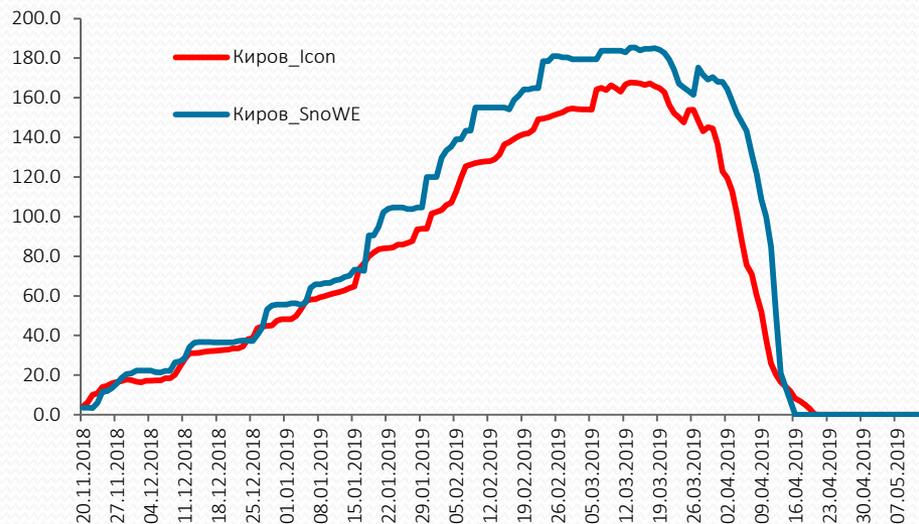
СОПОСТАВЛЕНИЕ СНЕГОЗАПАСОВ, РАССЧИТАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ МОДЕЛЕЙ ICON И SNOWE:

Горная и предгорная часть бассейна, результаты 2018-2019 гг.



СОПОСТАВЛЕНИЕ СНЕГОЗАПАСОВ, РАССЧИТАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ МОДЕЛЕЙ ICON И SNOWE:

Равнинная часть бассейна, результаты 2018-2019 гг.

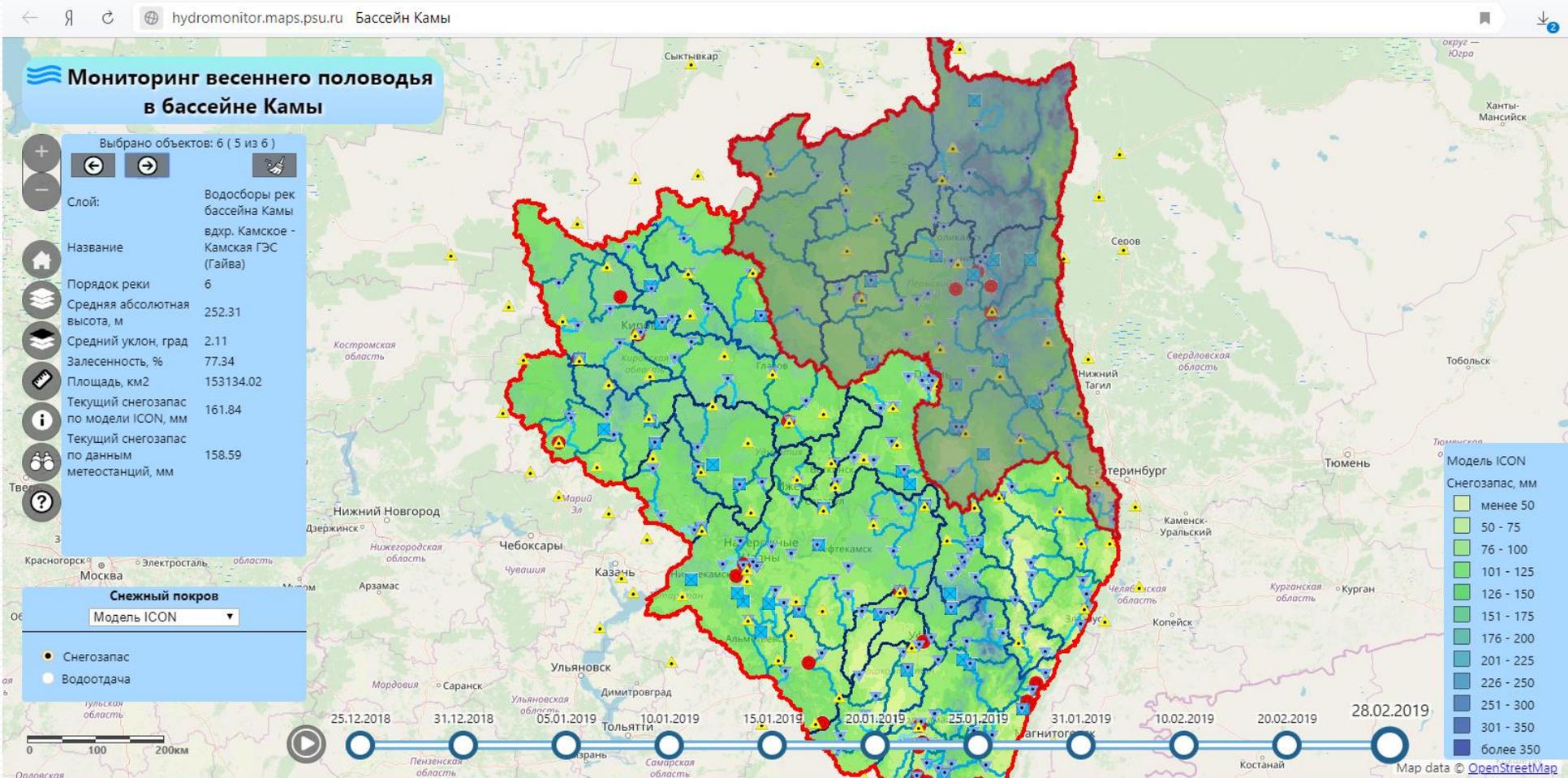


КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ СЕРВИС МОНИТОРИНГА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В БАССЕЙНЕ КАМЫ (<http://hydromonitor.maps.psu.ru>)

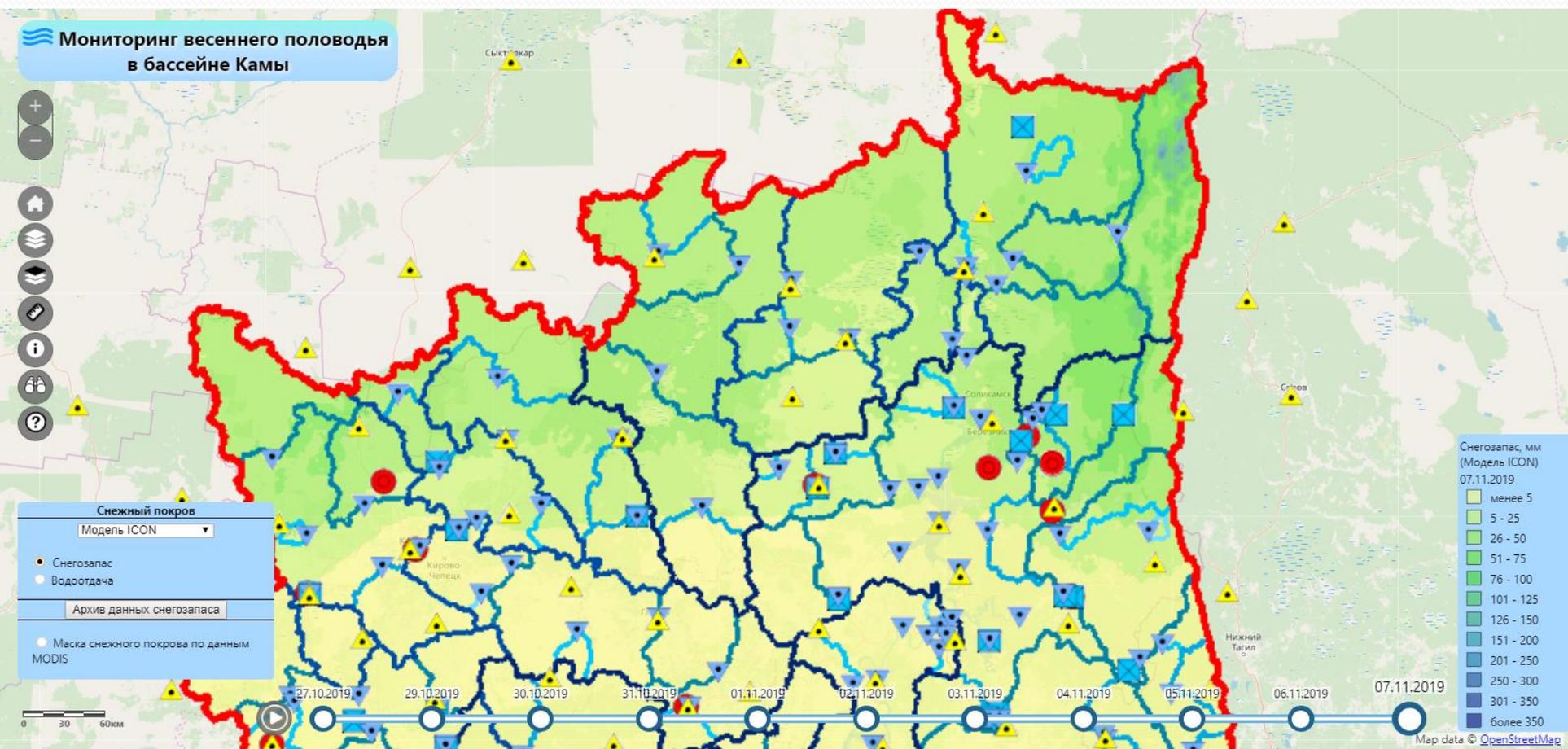
Информационное наполнение сервиса

- **Картографические слои гидропостов и речных бассейнов** (161 частный водосбор выделен по ЦМР GMTED-2010) с последующим исправлением ошибок по гидросети
- **Основные гидрографические характеристики** (средняя высота, средний уклон, лесистость) **для каждого водосбора.**
- **Атрибутивные данные** (дата открытия, расстояние до устья реки, площадь бассейна, максимальный зафиксированный уровень воды и дата его наблюдения, критическая отметка уровня воды) **для каждого гидропоста.**
- **Картографическая база данных случаев ЧС гидрологического характера** (в процессе наполнения) с привязкой к населенным пунктам.
- **Места образования ледовых заторов** по многолетним данным (Разумов и др., 2018)
- **Картографический слой зон максимального наблюдавшегося затопления** в поймах крупных рек по спутниковым снимкам Landsat.
- **Результаты расчета пространственного распределения снегозапасов по данным разных моделей и по данным метеостанций** в режиме мониторинга.
- **Оперативные спутниковые данные** (площадь заснеженности по MODIS).

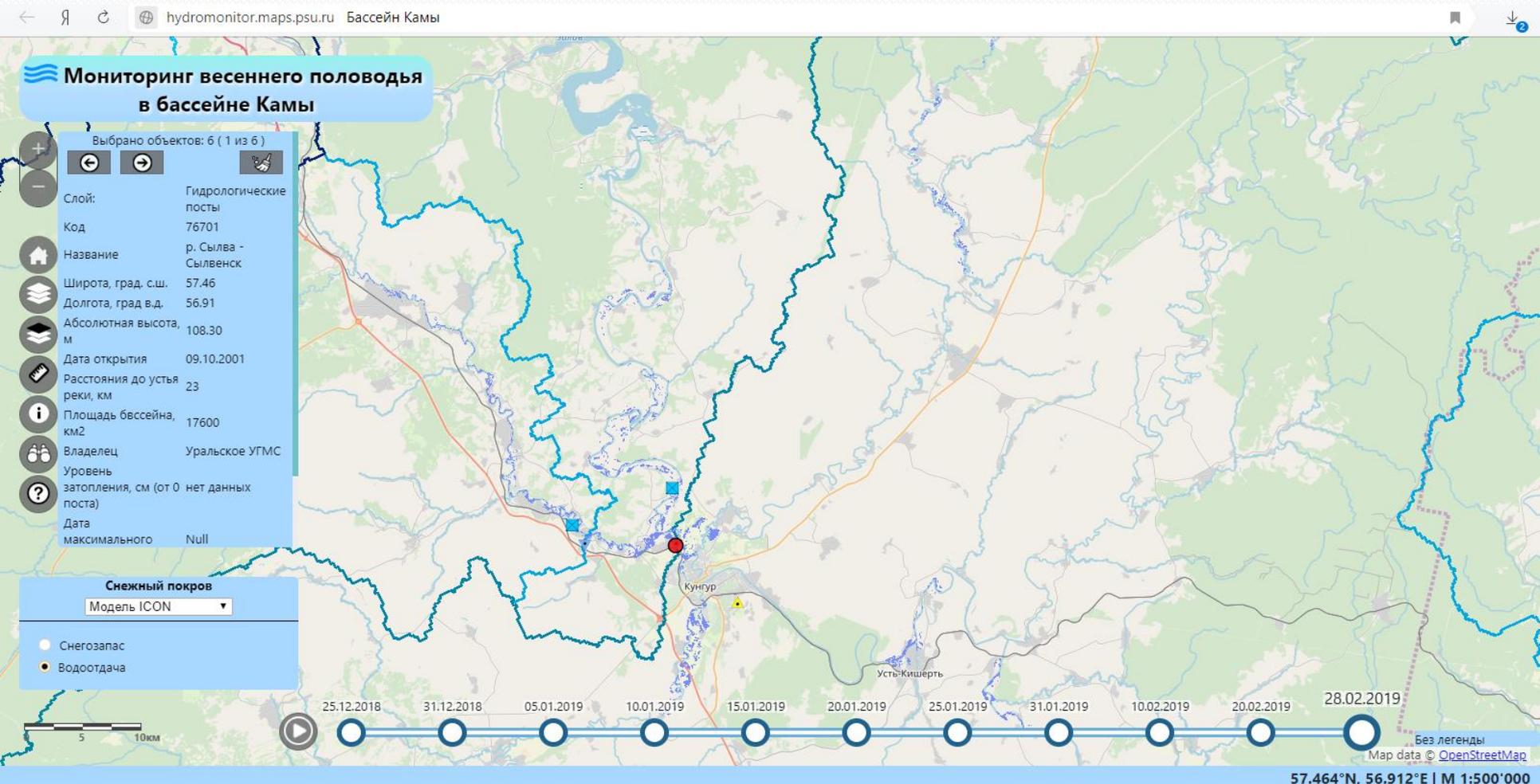
ОТОБРАЖЕНИЕ ДАННЫХ О СНЕГОЗАПАСАХ И ИХ СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПО БАССЕЙНАМ



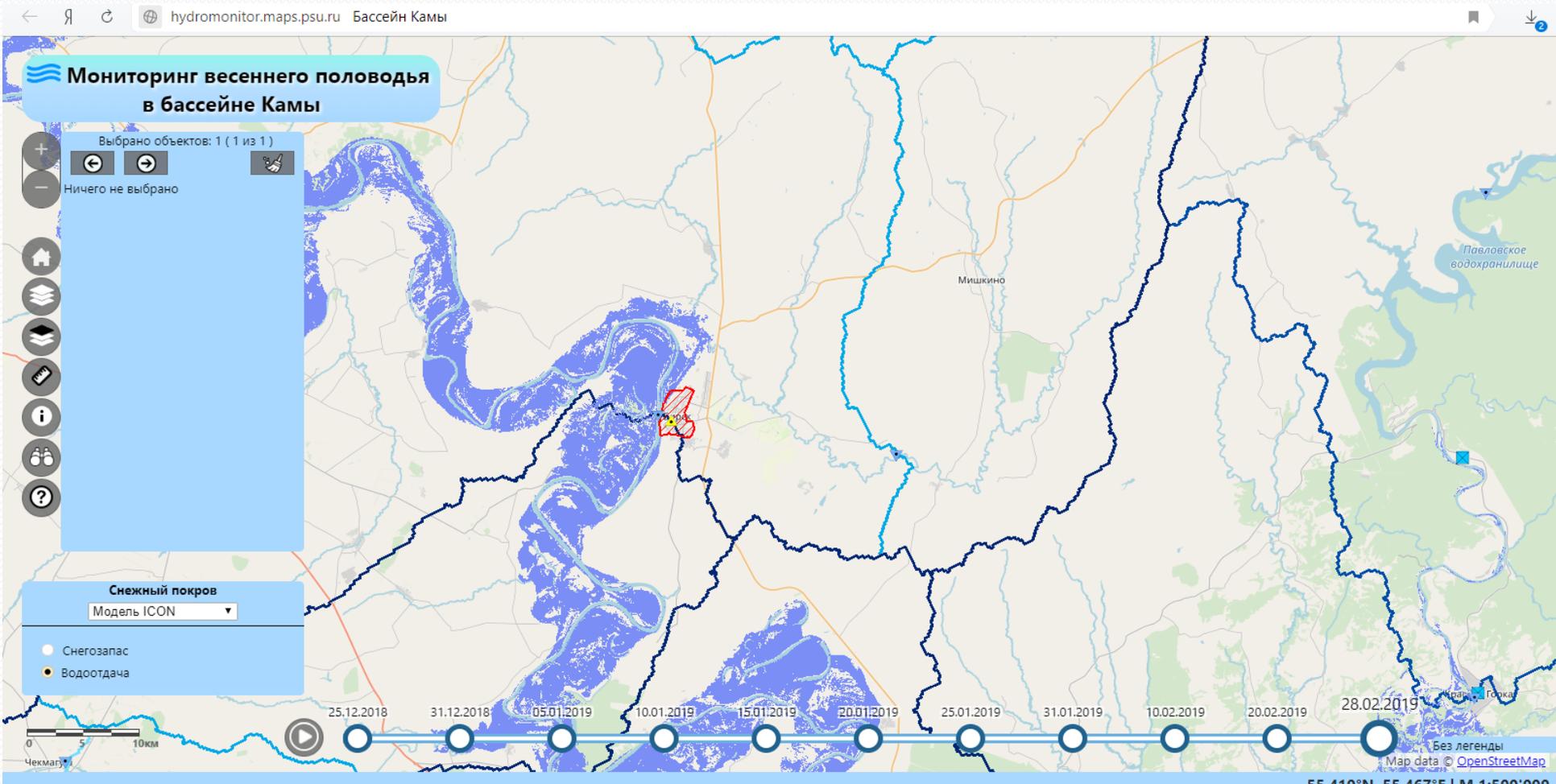
СНЕГОЗАПАСЫ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА КАМЫ НА 07.11.2019



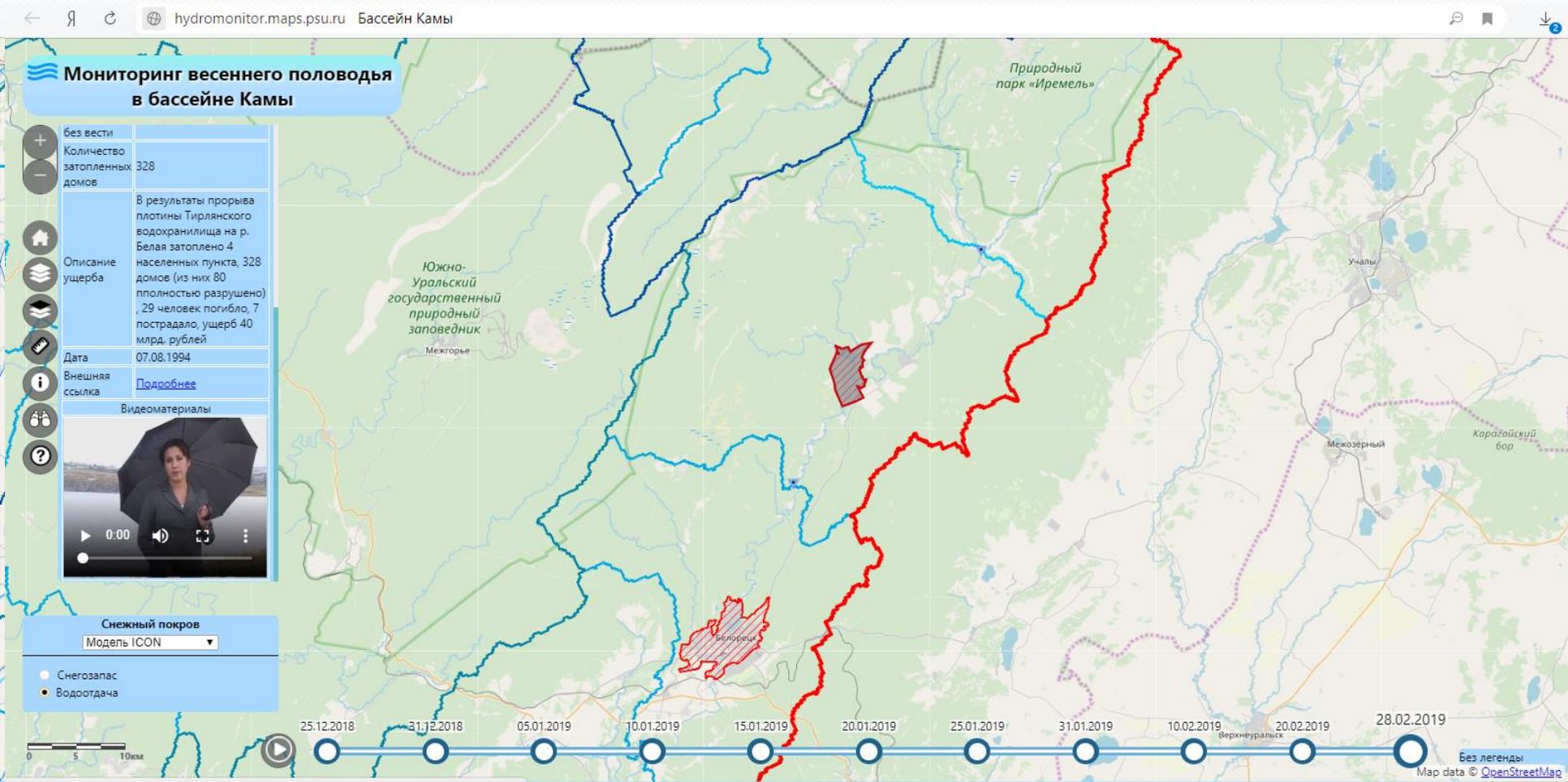
ОТОБРАЖЕНИЕ ДАННЫХ О ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПОСТАХ



ОТОБРАЖЕНИЕ ДАННЫХ О МАКСИМАЛЬНЫХ НАБЛЮДАВШИХСЯ ЗОНАХ ЗАТОПЛЕНИЯ



ОТОБРАЖЕНИЕ ДАННЫХ О ЧС ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА



АВТОРЫ ПРОЕКТА (ВЕБ-ГИС)

- **С.В. Пьянков** (кафедра картографии и геоинформатики Пермского университета) разработка концепции и структуры, постановка задач
- **Р.К. Абдуллин** (кафедра картографии и геоинформатики Пермского университета) - создание базы данных под управлением PostgreSQL разработка функциональных возможностей и дизайна
- **А.Н. Шихов** (кафедра картографии и геоинформатики Пермского университета) - моделирование формирования и таяния снежного покрова и подготовка других тематических слоев
- **С.И. Перминов** (группа компаний СканЭкс) – разработка скриптов для загрузки и конвертации метеоданных моделей прогноза погоды
- **А.В. Тарасов** (кафедра картографии и геоинформатики Пермского университета) – разработка скриптов по загрузке и обработке данных метеостанций
- **П.Г. Михайлюкова** (геогр. факультет МГУ им. М.В. Ломоносова) – обработка спутниковых данных

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

- Результаты расчетов снегозапаса по данным глобальных моделей атмосферы сопоставимы по точности с полученными ранее на основе данных мезомасштабной модели WRF.
- Предварительно, наиболее реалистичные поля распределения снегозапасов получены по данным модели ICON (однако требуется верификация по данным снегосъемок и расширения ряда). В 2017-2018 г. минимальную ошибку давала модель ПЛ-АВ.
- Максимальный снегозапас на метеостанциях, расположенных в бассейне Камы, по модели ICON меньше, чем по модели SNOWE на 8%, в южной равнинной части занижение достигает 30-40%.
- Перспективы
- Развитие модели снежного покрова, в частности за счет совершенствования расчета потерь на испарения и таяние.
- Разработка новых инструментов визуализации на картографическом сервисе.

ПУБЛИКАЦИИ

- Ryankov S.V., Shikhov A.N., Kalinin N.A., Sviyazov E.M. A GIS-based modeling of snow accumulation and melt processes in the Votkinsk reservoir basin // Journal of Geographical Sciences, 2018. Vol. 28(2), P. 221–237
- Шихов А.Н., Быков А.В. Расчет снегозапасов на крупном водосборе с использованием данных глобальных моделей прогноза погоды // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018. № 1 (367). С. 64–79.
- Ryankov S.V., Kalinin N.A., Shikhov A.N., Abdullin R.K., and Bykov A.V. Simulation of snow cover formation and melt with publication of the output data on the web map service (on the example of Kama river basin) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 321. 2019. Art. No. 012009. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/321/1/012009>
- Чурюлин Е.В., Копейкин В.Н., Розинкина И.А., Фролова Н.Л., Чурюлина А.Г. Анализ характеристик снежного покрова по спутниковым и модельным данным для различных водосборов на Европейской территории Российской Федерации // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2018. № 2 (368). С. 120–143.

An aerial topographic map showing a river system and several lakes. The terrain is color-coded by elevation, with greens and yellows for lower elevations and browns for higher elevations. A prominent river flows from the top left towards the bottom left. Several lakes are scattered across the landscape, with the largest one being a bright blue lake in the center. The text 'Спасибо за внимание' is overlaid in white on the map.

Спасибо за внимание

Андрей Шихов
Кафедра картографии и геоинформатики
Пермского государственного университета
e-mail: and3131@inbox.ru
URL: <http://accident.perm.ru/>