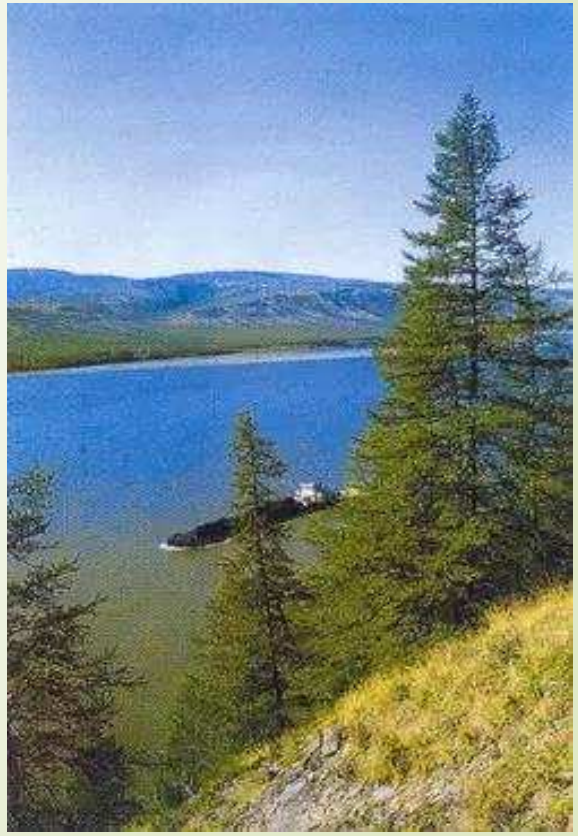
Природные, климатические и антропогенные особенности формирования стока р. Лена и состояние экосистемы

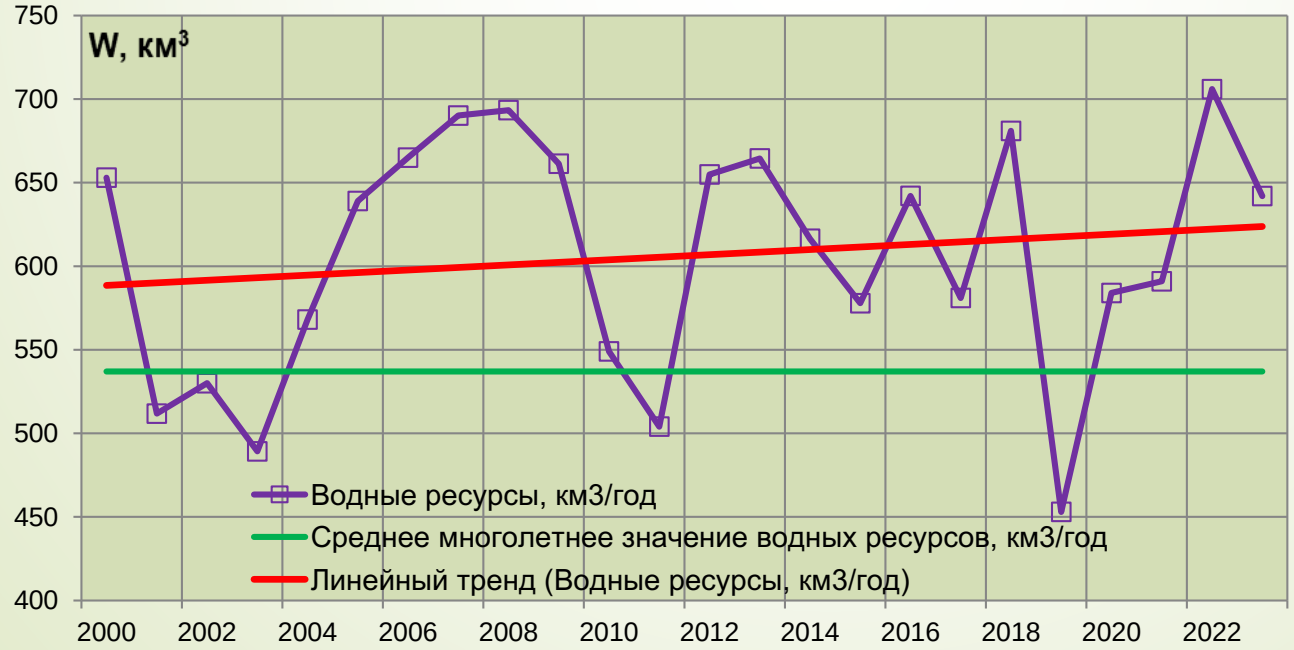
Черногаева Г. М. [1, 4] , Коронкевич Н. И. [4] , Вуглинский В. С. [2] , Трофимчук М. М. [3] , Бардин М. Ю. [1] , Ранькова Э.Я. [1] , Лихачева Э.М. [4] , Куприенок Е. И. [2] , Долгов С. В. [4] , Романюк О. Л. [3] , Журавлева Л. Р. [1] , Самохина О. Ф. [1] , Малеванов Ю. А. [1] , Барабанова Е. А. [4]

[1)] Институт глобального климата и экологии
[2)] Государственный Гидрологический институт
[3)] Государственный Гидрохимический институт
[4)] Институт географии РАН

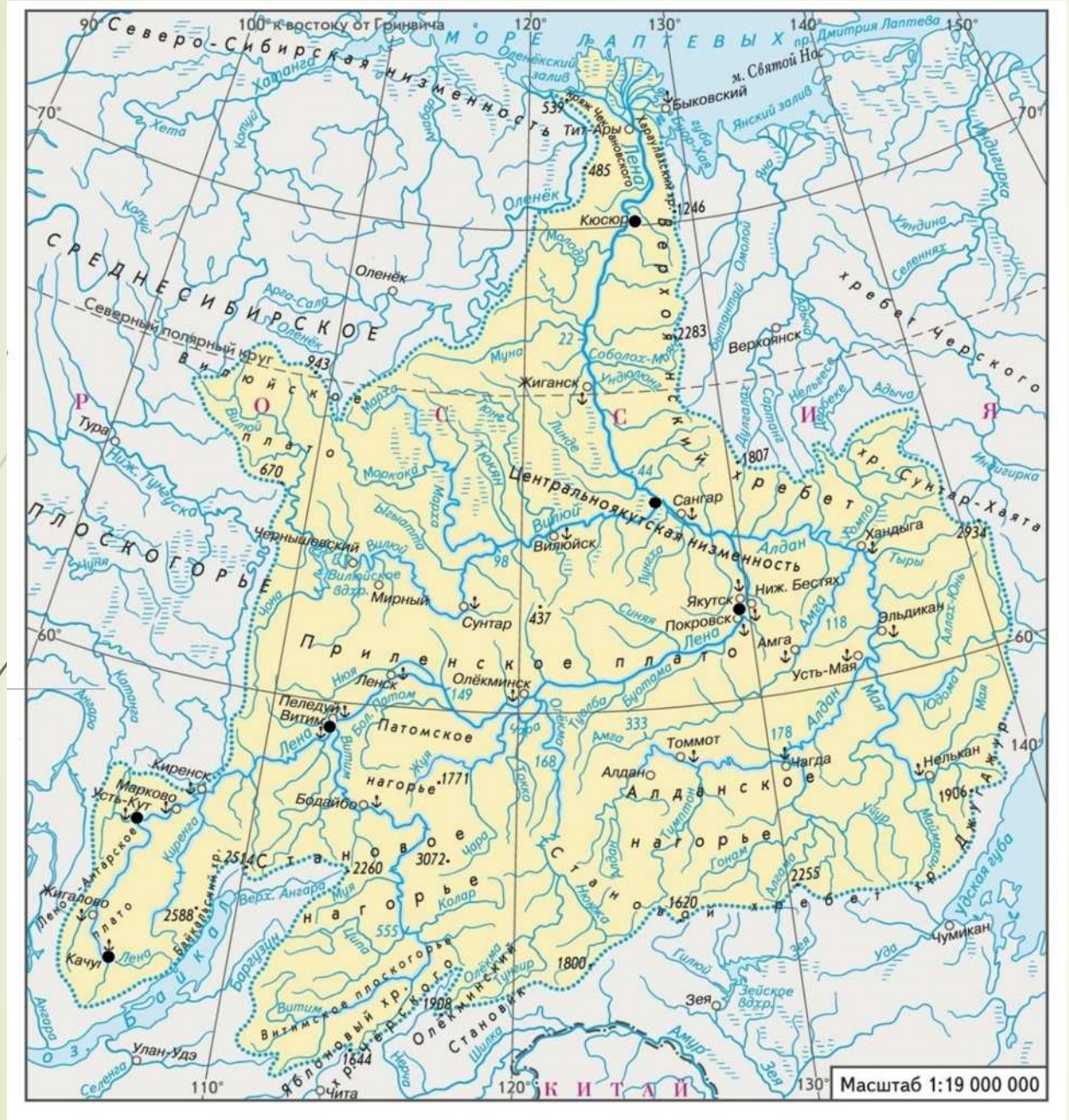


«ВОЗДУХ, ВОДА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ»
29-31 октября 2024 года, г. Санкт-Петербург

Водные ресурсы Российской Федерации за период 2000-2023 гг. (км^3/год) и отклонение от среднего многолетнего значения, % ***(наблюдается отсутствие тренда)***



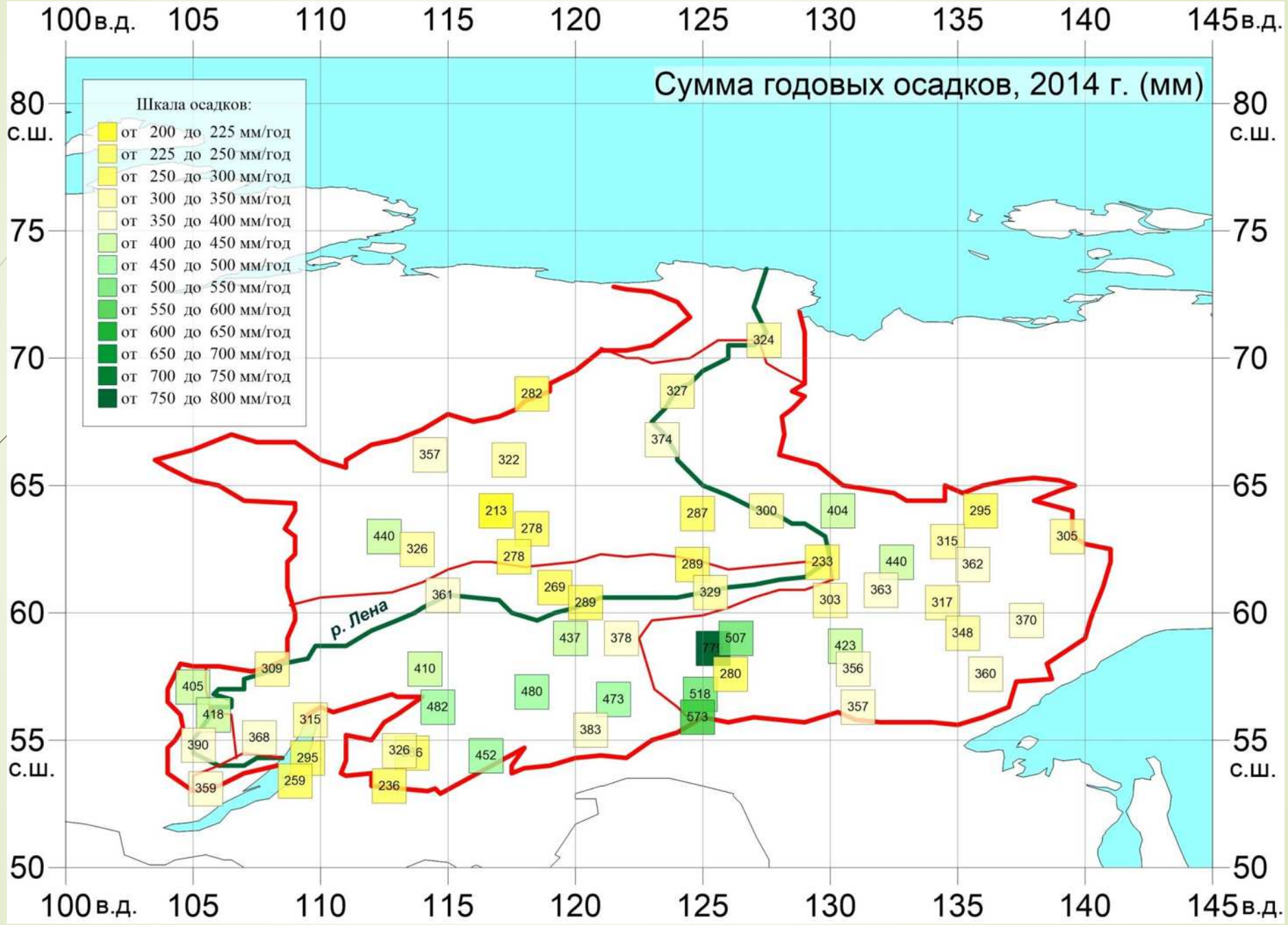
Водные ресурсы р. Лена за период 2000-2023 гг. (км^3/год)

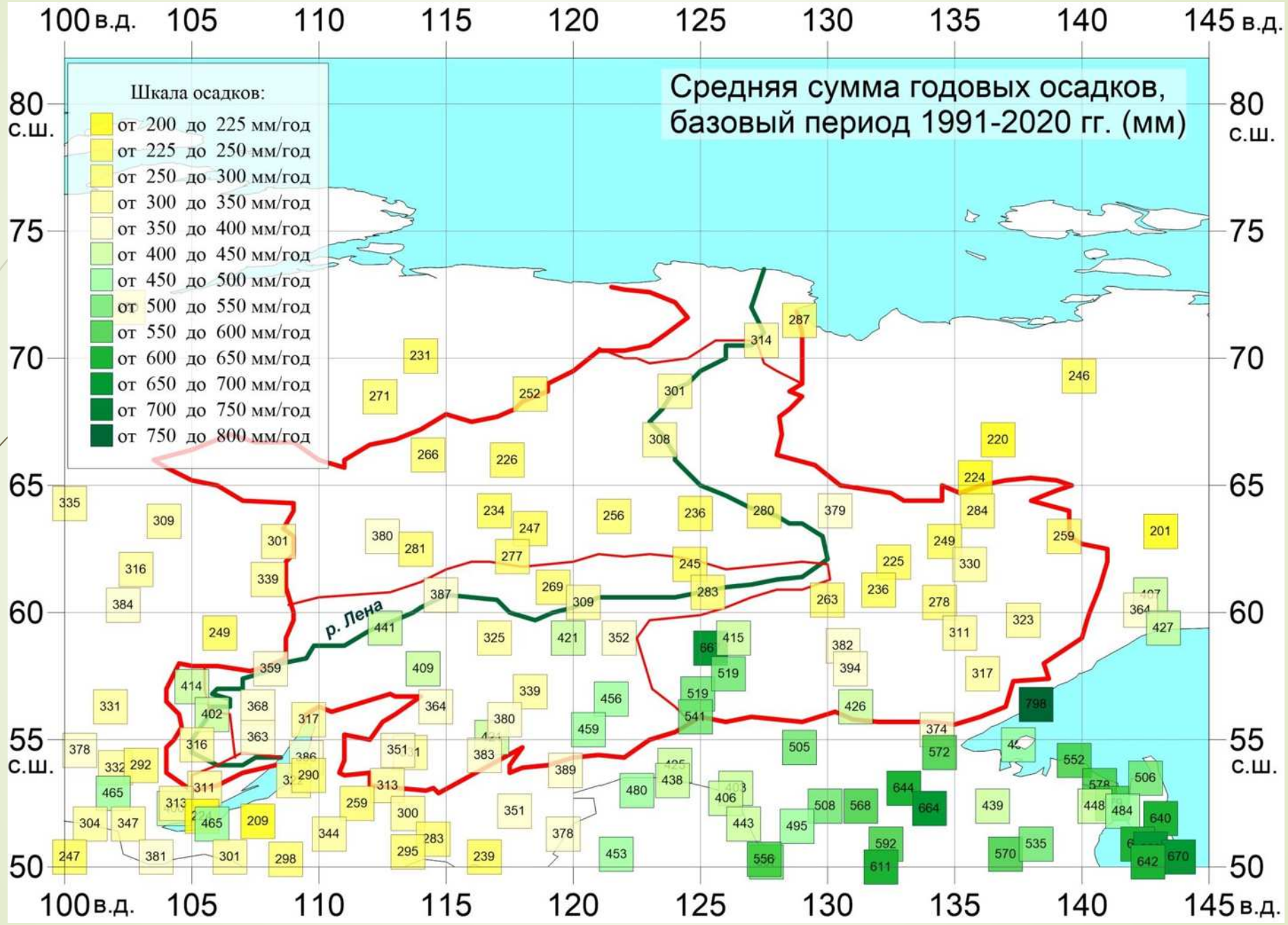


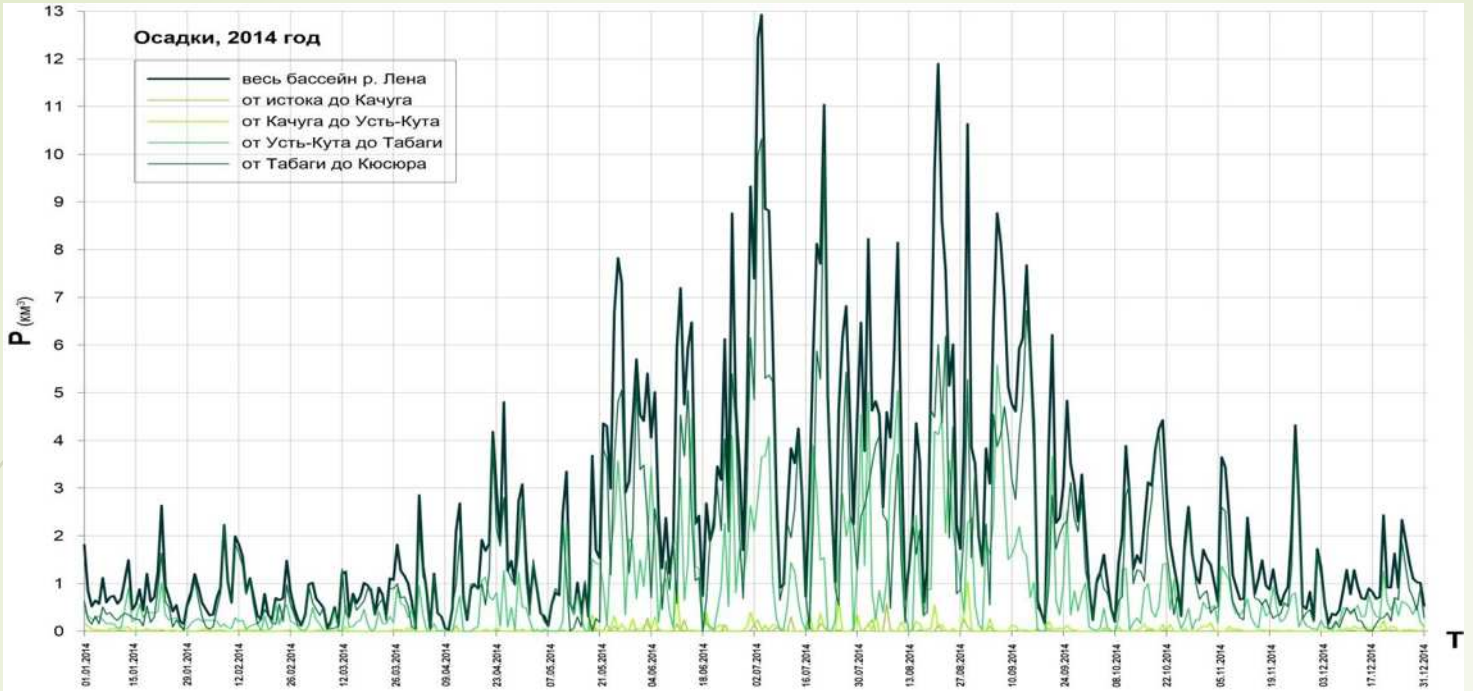
Бассейн реки Лена

Условные обозначения:

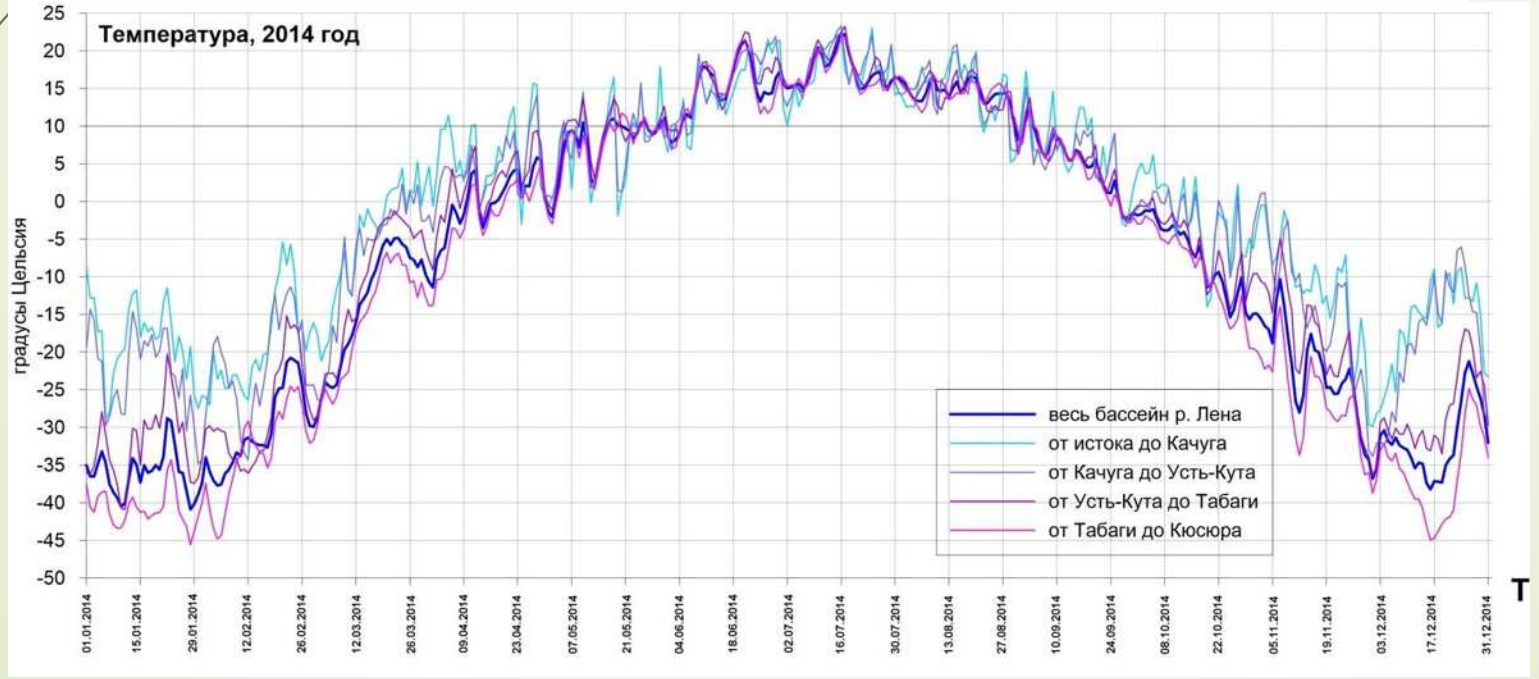
- *створы верхнего, среднего и нижнего течения р. Лена*


Сумма годовых осадков, 2014 г. (мм)
Шкала осадков:
от 200 до 225 мм/год
от 225 до 250 мм/год
от 250 до 300 мм/год
от 300 до 350 мм/год
от 350 до 400 мм/год
от 400 до 450 мм/год
от 450 до 500 мм/год
от 500 до 550 мм/год
от 550 до 600 мм/год
от 600 до 650 мм/год
от 650 до 700 мм/год
от 700 до 750 мм/год
от 750 до 800 мм/год
р. Лена
100 в.д.
105
110
115
120
125
130
135
140
145 в.д.
80 с.ш.
75
70
65
60
55 с.ш.
50


Средняя сумма годовых осадков,
базовый период 1991-2020 гг. (мм)
Шкала осадков:
от 200 до 225 мм/год
от 225 до 250 мм/год
от 250 до 300 мм/год
от 300 до 350 мм/год
от 350 до 400 мм/год
от 400 до 450 мм/год
от 450 до 500 мм/год
от 500 до 550 мм/год
от 550 до 600 мм/год
от 600 до 650 мм/год
от 650 до 700 мм/год
от 700 до 750 мм/год
от 750 до 800 мм/год
р. Лена
100 в.д.
105
110
115
120
125
130
135
140
145 в.д.
80 с.ш.
75
70
65
60
55 с.ш.
50



Средние суточные осадки (км³) по участкам бассейна р. Лена и бассейну в целом



Средние суточные температуры воздуха (°С) по участкам бассейна р. Лена и бассейну в целом

Среднее число дней в году с отрицательными и положительными температурами воздуха с среднем за разные по водности годы

Участок бассейна		F (км^2)	Число дней с отрицательной температурой	Число дней с положительной температурой
от истока до р.п. Качуг	верхнее течение	17.4	173	192
от р.п. Качуг до г. Усть-Кут	верхнее течение	41.5	177	188
от г. Усть-Кут до с. Табага	среднее течение	838.1	195	170
от с.Табага до с. Кюсюр	нижнее течение	1533.0	210	155

Осредненные осадки за холодный и теплый периоды года в %

Годы	Твердые осадки	Жидкие осадки
многоводный (2008 г.) два средних по водности года (2014 г., 2021 г.) маловодный (2019 г.)	25-30	75-70

Наименьшее количество жидких осадков 66% от годовой суммы наблюдалось в маловодный 2019 год. Вариация осадков холодного и теплого периодов по участкам бассейна и по годам незначительна.

Осадки по отдельным участкам и бассейну в целом (от истока до с. Кюсюр) за разные по водности годы, (км^3)

Участки бассейна	F (км^2)	Осадки по годам, км^3			
		Многоводный 2008 г.	Средний по водности 2014 г.	Средний по водности 2021 г.	Маловодный 2019 г.
от истока до р.п. Качуг	17.4	6,5	6,2	5,9	5,5
от р.п. Качуг до г. Усть-Кут	41.5	19,6	16,8	12,8	16,2
от г. Усть-Кут до с. Табага	838.1	384,3	292,3	346,5	282,8
от с.Табага до с. Кюсюр	1533.0	643,1	569,5	533,1	552,1

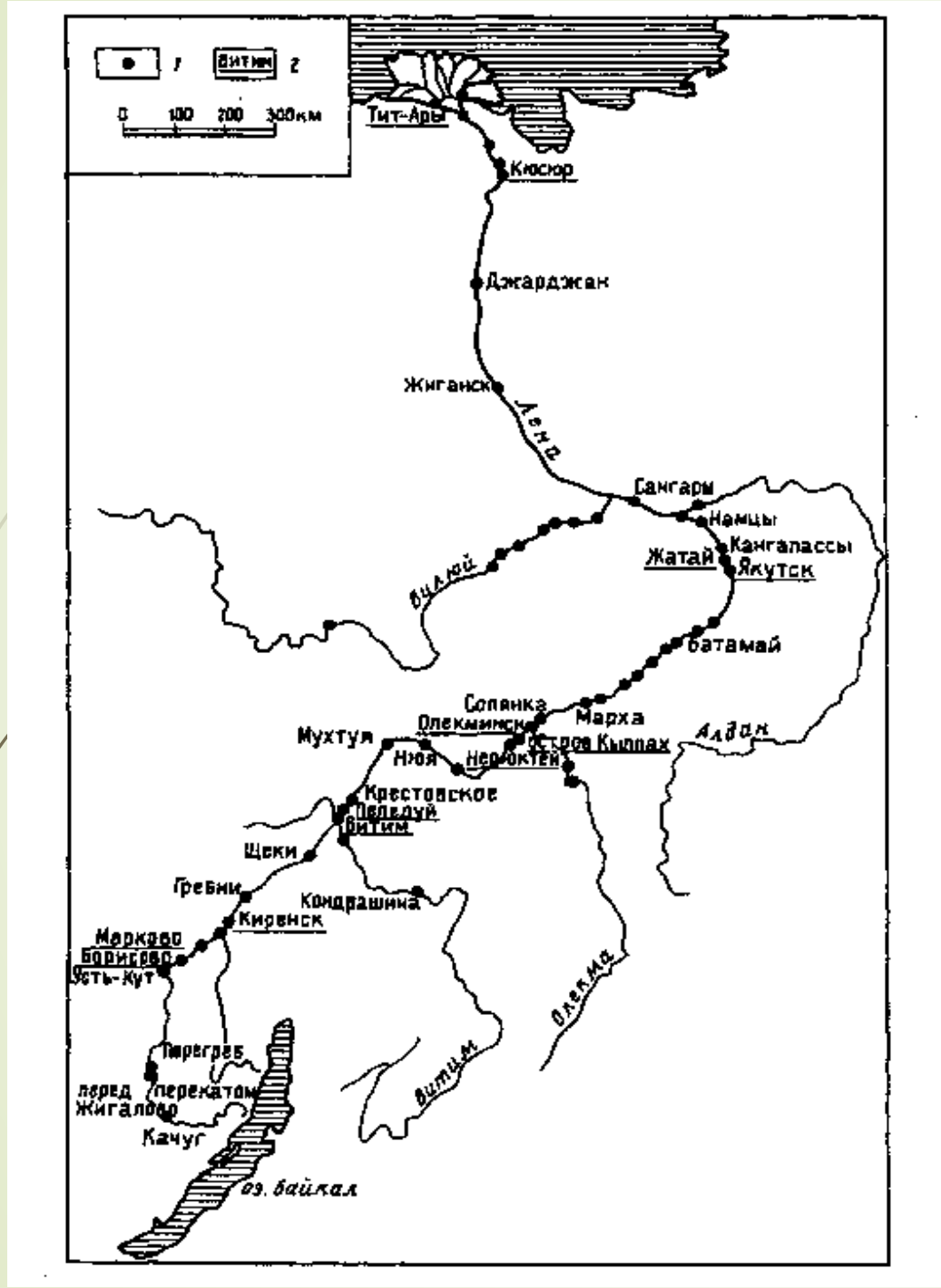


Схема размещения наиболее крупных заторов на р. Лене

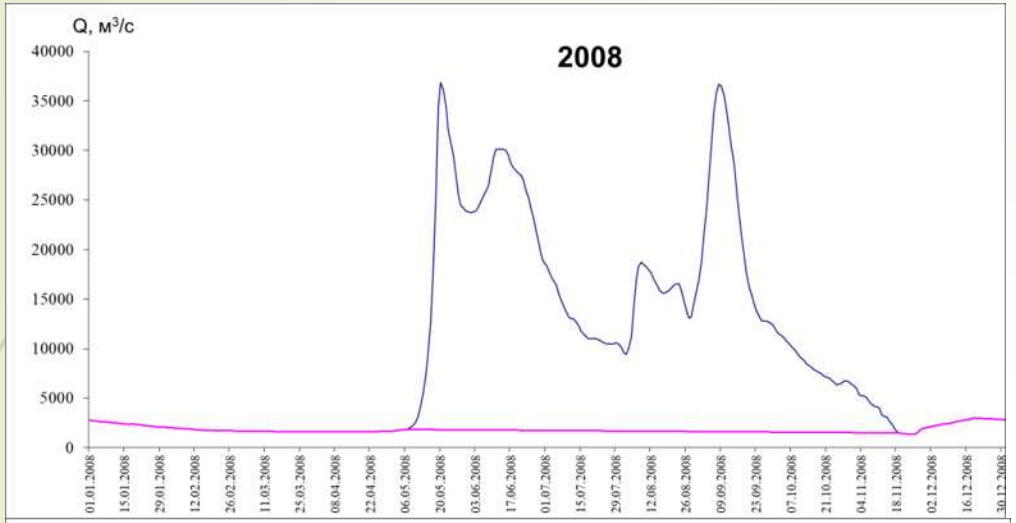
1 – крупные ледовые заторы,

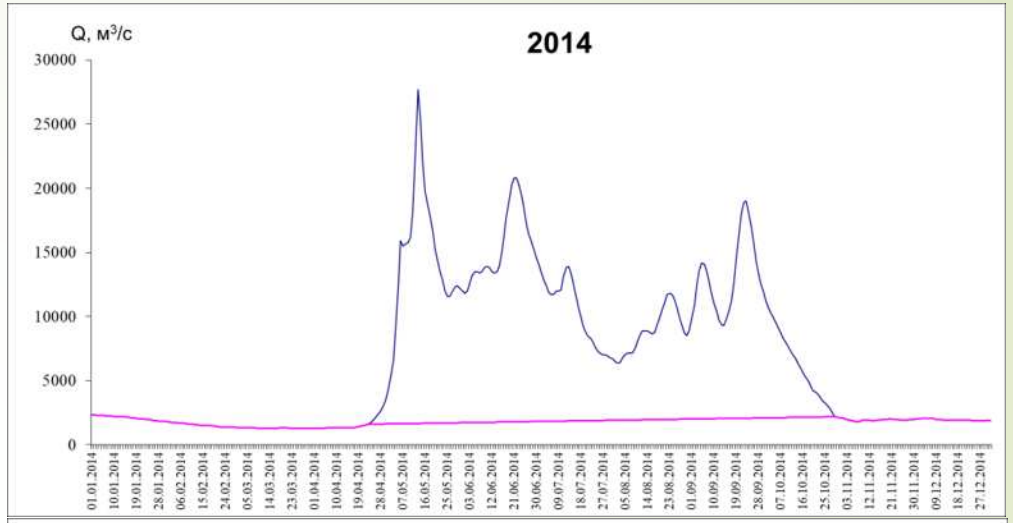
2 – катастрофические ледовые заторы

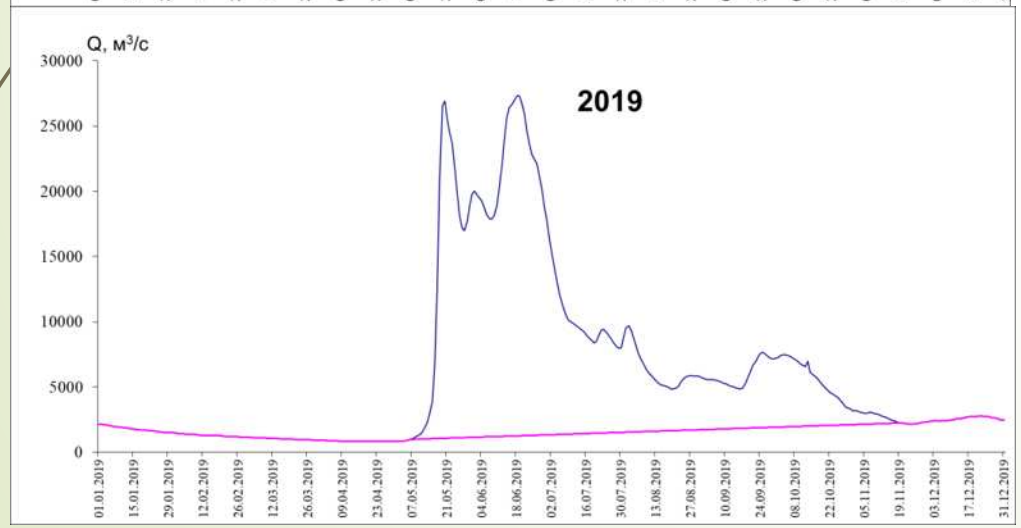
Объем и модуль стока р. Лена в разных створах и в годы различной водности

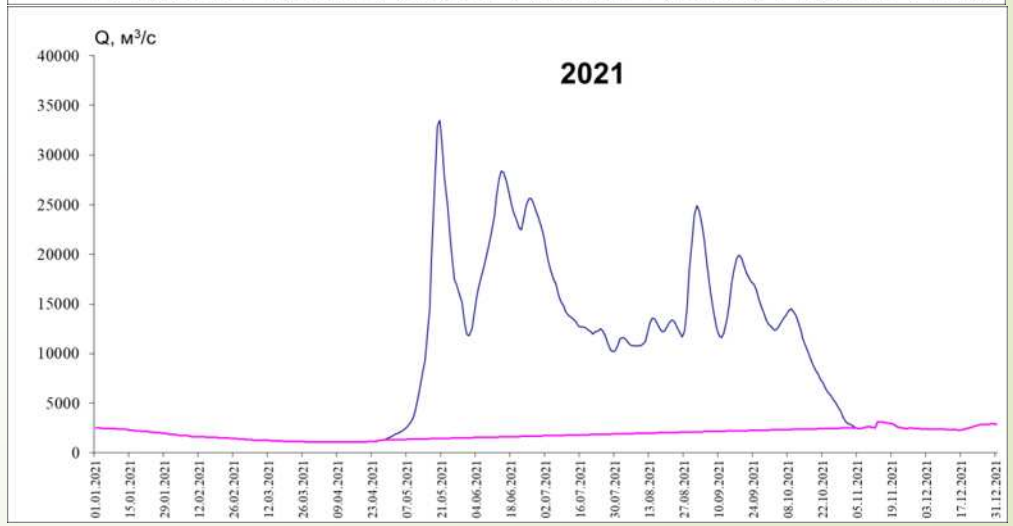
Створ	F, км^2	Объем стока, км^3	Модуль стока, л/с км^2
2008 г.			
р.п. Качуг	17400	3,40	6,18
г. Усть-Кут	58900	7,14	3,83
с. Табага	897000	301,20	10,62
с. Кюсюр	2430000	682,26	8,88
2014 г.			
р.п. Качуг	17400	2,21	4,02
г. Усть-Кут	58900	4,79	2,58
с. Табага	897000	209,38	7,40
с. Кюсюр	2430000	598,69	7,81
2019 г.			
р.п. Качуг	17400	1,84	3,35
г. Усть-Кут	58900	4,76	2,56
с. Табага	897000	187,21	6,62
с. Кюсюр	2430000	423,15	5,52
2021 г.			
р.п. Качуг	17400	3,06	5,57
г. Усть-Кут	58900	7,22	3,89
с. Табага	897000	265,28	9,38
с. Кюсюр	2430000	555,13	7,24

Гидрографы речного стока в районе с. Табага за разные по водности годы









-устойчивый подземный сток, м³/с

Средние суточные расходы воды и массы ингредиентов в створе с. Кюсюр в разные по водности годы

Дата отбора проб	Расходы, км^3/сут	Сумма ионов, кг/сут	ВВ, кг/сут	Fe общ., кг/сут	Нефтепродукты, кг/сут
2008 г.					
21.05.08	0,4	29,2	6.4	0,1	0,1
28.06.08	4,9	181,2	99,5	1,9	0,2
17.07.08	2,7	111,1	43,5	0,8	0,2
18.08.08	3,2	218,7	50,0	0,8	0,2
22.09.08	4,8	262,3	84,1	1,8	0,2
13.10.08	2,2	143,9	11,6	0,4	0,2
2014 г.					
28.04.14	0,2	17,6	3,1	0,1	0,1
10.05.14	0,2	82,8	2,4	0,1	0,1
02.06.14	7,9	1643,6	15,1	0,7	0,4
16.07.14	2,4	106,7	14,5	0,3	0,1
16.08.14	2,0	301,0	32,3	0,4	0,1
16.09.14	2,1	178,5	19,3	0,3	0,1
2019 г.					
16.05.19	0,2	70,2	3,8	0,1	0,1
02.06.19	9,2	1867,4	18,5	0,9	0,4
19.06.19	4,3	272,1	41,5	0,8	0,2
11.07.19	3,0	123,4	19,9	0,4	0,1
15.08.19	1,4	131,5	20,0	0,2	0,1
25.09.19	1.1	85,3	10,8	0,2	0,1
14.10.19	1.5	279,8	19,3	0,2	0,1
2021					
28.05.21	6,3	455,4	4,4	3,5	0,2
10.06.21	4,4	222,5	286,9	2,5	0,2
24.06.21	4,4	14719,4	289,8	2,6	0,3
11.07.21	3,4	143,4	23,1	0,5	0,1
16.08.21	2,2	196,9	29,9	0,4	0,1
25.09.21	2,1	163,3	20,6	0,3	0,1
10.10.21	2,0	358,9	24,7	0,3	0,1

Приоритетный список среднесуточного содержания в воде ингредиентов в разные по водности годы на р. Лена от истока к устью:

- ***Сумма ионов,***
- ***ВВ,***
- ***Железо,***
- ***Нефтепродукты***

Корреляция между суточным расходом воды и среднесуточным содержанием ингредиентов в данных расходах:			
железо	**Сумма ионов**	**ВВ**	**нефтепродукты**
0,8 - 0,9	**0,7 – 0,9**	**от 0,4**	**от 0,2**

Объем сброшенных сточных вод в 2018 г., млн м^3, в т.ч.	233,6
недостаточно очищенных	41,5
загрязненных	57,5
без очистки	4,6

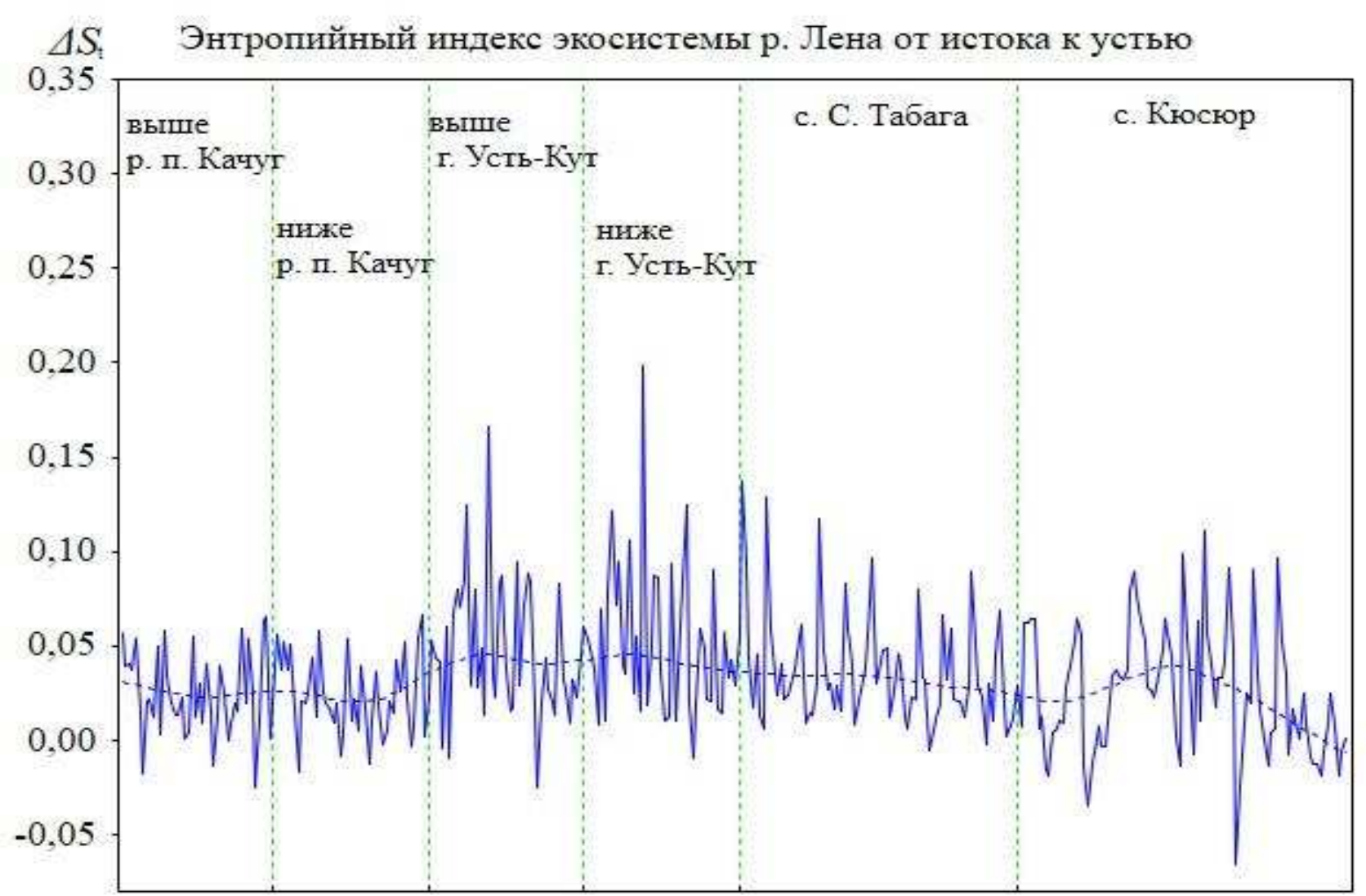
То есть, кратность разбавления сточных вод средним многолетним стоком Лены превышает 2600 раз, а загрязненных почти 10 тыс. раз.

В качестве критерия обобщенного экологического состояния водного объекта предложено изменение энтропии водной экосистемы, обусловленное процессами фотосинтетического продуцирования и деструкции органического вещества, и возможность расчета этого показателя по концентрации растворенного кислорода и температуре воды.
Указанный показатель определяли по формуле:

$$\Delta S_t = \ln T_2 / T_1,$$

где $\Delta S_t = S_2 - S_1$ – изменение энтропии;
индекс t при ΔS_t означает, что время t=const. (т.е. изменение энтропии не по времени, а по температуре). T_1 – температура воды в водном объекте; T_2 – температура воды, соответствующая 100% насыщению кислородом при измеренной концентрации.

В рамках этого способа разработана шкала оценки, включающая пять градаций экологического состояния экосистем – от предельно благополучного (значение энтропийного индекса от -0,123 до 0,062) до предельно неблагополучного (значение энтропийного индекса от 0,250 до 0,312).



Результаты измерений по створам

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, показана, в первую очередь, сложная система формирования стока р. Лена и её экологического состояния, зависящих как от постоянных факторов (геологических и геоморфологических характеристик рельефа), так и от сильно изменчивых погодно-климатических условий. Корреляция с климатическими условиями высока для веществ, имеющих природное происхождение (до 0.8 для железа), и незначительна для антропогенных загрязнений (всего 0.2 для нефтепродуктов).

В целом по имеющимся данным экологическое состояние р. Лена может быть в современный период охарактеризовано, как относительно благополучное.

Однако, необходимо подчеркнуть недостаточную изученность гидрологического режима и гидрохимических наблюдений на р. Лена.