



# СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ЯКУТСКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ ЛЕНЫ

*Проведена оценка естественных ресурсов поверхностных и подземных вод Республики Саха (Якутия) для части бассейна реки Лены между гидропостами Крестовский и Кюсюр за период с 2008-2022 гг. Представлена водообеспеченность естественными ресурсами поверхностных и подземных вод для данной территории.*

**Ключевые слова:** нестационарный климат, водные ресурсы, подземные воды, меженный сток, годовой сток.

Работа выполнена в рамках научной программы Института водных проблем (проект FMWZ-2022-0001)



**Джамалов Р.Г.**  
д-р геол.-минерал. наук,  
профессор  
Институт водных  
проблем РАН  
заведующий  
лабораторией  
гидрогеологических  
проблем охраны  
окружающей среды  
roald@iwr.ru



**Оботуров А.С.**  
Институт водных  
проблем РАН,  
младший научный  
сотрудник  
phantom-91\_91@mail.ru



**Галагур К.Г.**  
Институт водных  
проблем РАН,  
младший научный  
сотрудник  
kristina3286@yandex.ru



**Сафронова Т.И.**  
Институт водных  
проблем РАН  
ведущий инженер  
tisafr@yandex.ru

Среди множества природных ресурсов республики водные ресурсы занимают особое положение. В Якутии насчитывается более 700 тысяч рек, многие из которых превышают длину 100 км.

Река Лена – главная водная артерия Восточной Сибири. Ее длина от истока вместе с дельтой составляет 4400 км, а площадь бассейна – 2490 тыс. км<sup>2</sup>.

Бассейн Лены – один из самых обеспеченных по ресурсам пресных вод. В Якутии также имеются значительные запасы воды в озерах, общая площадь которых превышает 83 тыс. км<sup>2</sup>. Оценочные запасы воды в озерах республики составляют примерно 300 км<sup>3</sup>.

Качество воды в бассейне р. Лены меняется от 2-го класса («слабо загрязненная» вода) в верхнем течении реки до 4-го класса («грязная») на отдельных участках притоков (в населенных пунктах без организованного сброса сточных вод) [1].

Основное антропогенное воздействие на речные воды в бассейне происходит за счет поступления недостаточно очищенных сточных вод промышленных предприятий, смыва минеральных удобрений и органических веществ с сельскохозяйственных и животноводческих ферм, влияния маломерного флота, безвозвратного изъятия воды на промышленные нужды, а также транзитного переноса загрязненных вод вниз по течению реки [2].

Наиболее характерными загрязняющими показателями для рек бассейна Лены являются медь, железо, органические вещества (по БПК<sub>5</sub> и ХПК) и фенолы, реже – нефтепродукты.

Подземные воды в России – стратегическое полезное ископаемое, которое нуждается в охране как необходимая система жизнеобеспечения. Это важный ресурс водообеспечения населения Республики Саха (Якутия). Удельный вес подземных источников составляет 72% (124 источника), поверхностных – 28% (48 источников) [3].

Общие прогнозируемые запасы подземных вод питьевого значения составляют примерно 10 км<sup>3</sup>. В Якутии также имеется множество минеральных источников подземных вод, которые, к сожалению, в настоящее время используются очень ограниченно.

Подземные воды более защищены от загрязнения и широко распространены, чем поверхностные, поэтому они ценны для хозяйственно-питьевых целей, и оценка их современных и перспективных ресурсов имеет не только научное, но и практическое значение.

Анализ современных пространственно-временных характеристик формирования речного стока как компонента водного баланса суши позволяет исследовать изменения в режиме го-

дового и межennaleго стока рек в различных природно-климатических зонах России, учитывая влияние глобальных климатических изменений и антропогенных факторов. Такое исследование сосредоточено на выявлении современных закономерностей распределения ресурсов поверхностных и подземных вод в условиях существующего климата и прогнозируемых его изменений.

### Материалы и методы

Бассейн реки Лены в Якутии занимает 1,642 млн км<sup>2</sup> [4] – чуть больше половины площади республики. Это территория 25 улусов (районов), в которых проживает 90% населения Якутии.

Естественные ресурсы поверхностных и подземных вод Республики Саха (Якутия) рассчитаны для части бассейна между гидропостами Крестовский и Кюсюр за период с 2008-2022 гг. (*табл. 1*). Для этого значения величин рассчитывались, как разница между соответствующими значениями на этих постах.

Исходными материалами послужили Государственный водный кадастр, российские базы гидрометрических данных и информационные бюллетени о состоянии недр Российской Федерации и отдельно для Дальневосточного федерального округа.

Меженный сток для региона рассчитан как сумма месячных значений объемов стока с ноября по апрель. Значения месячных объемов стока находили по формуле  $W=Qt$ , где  $Q$  – среднемесячный расход воды,  $t$  – время в секундах, рассчитанное для каждого месяца, исходя из количества дней (28-31) и составляет приблизительно  $2,42-2,68 \cdot 10^6$  секунд [1].

### Результаты и обсуждение

Питание рек бассейна Лены – смешанное (дождевое, снеговое, ледники, наледи, надмерзлотные и подмерзлотные подземные воды). Питание самой р. Лены – снеговое и дождевое.

В верхнем течении р. Лены (до впадения р. Киренги) основным источником питания является таяние снега, дающее около 40% годового стока; дождевой сток несколько уступает ему, составляя в среднем около 35%; на долю подземных вод приходится 25% годового стока. В соответствии с этим водный режим на этом участке характеризуется высоким весенним половодьем и низкой меженью. Водоносный правый приток Витим с резким преобладанием дождевого стока (88%) значительно меняет характер питания Лены ниже по течению. Здесь расходы дождевых паводков превышают расходы весеннего половодья. Летняя межень отсутствует. Еще ниже

Таблица 1. Естественные ресурсы поверхностных и подземных вод Республики Саха (Якутия) и их использование в 2008-2022 гг.

Год	Площадь, тыс. км <sup>2</sup>	Числ-ть населения, чел	Естеств. ресурсы речного стока, км <sup>3</sup> /год	Естеств. ресурсы подземных вод (меженный сток), км <sup>3</sup> /год	Мин. месячные ресурсы подземных вод, км <sup>3</sup> /год	Водообеспеченность, тыс. м <sup>3</sup> /год на чел.				Водообеспеченность, тыс. м <sup>3</sup> /год на км <sup>2</sup>				Водоотбор, км <sup>3</sup> /год
						Естеств. ресурсы поверхност. вод	ресурсами подземных вод	мин. ресурсами подземных вод	Естеств. ресурсами поверхност. вод	ресурсами подземных вод	Естеств. ресурсами поверхност. вод	ресурсами подземных вод	мин. ресурсами подземных вод	
2008	1830,4	891985	516,70	48,01	4,60	579,27	53,82	5,16	282,29	26,23	2,51	-	-	
2009	1830,4	893044	467,43	43,72	2,85	523,41	48,96	3,19	255,37	23,89	1,55	0,06	0,06	
2010	1830,4	894072	406,60	33,45	1,74	454,78	37,41	1,95	222,14	18,27	0,95	0,06	0,06	
2011	1830,4	894758	365,51	36,41	2,10	408,50	40,69	2,35	199,69	19,89	1,15	0,02	0,02	
2012	1830,4	894099	286,94	48,76	4,67	320,92	54,54	5,22	156,76	26,64	2,55	0,04	0,04	
2013	1830,4	895214	235,37	22,65	2,06	262,92	25,30	2,30	128,59	12,37	1,13	0,04	0,04	
2014	1830,4	895873	244,46	38,18	4,67	272,88	42,62	5,21	133,56	20,86	2,55	0,04	0,04	
2015	1830,4	898210	183,48	16,49	2,27	204,28	18,36	2,52	100,24	9,01	1,24	0,04	0,04	
2016	1830,4	901500	255,46	40,59	3,49	283,37	45,03	3,87	139,57	22,18	1,91	0,05	0,05	
2017	1830,4	904923	206,32	38,52	3,47	228,00	42,57	3,84	112,72	21,05	1,90	0,05	0,05	
2018	1830,4	907102	157,18	36,45	3,46	173,27	40,18	3,82	85,87	19,91	1,89	0,05	0,05	
2019	1830,4	910584	131,18	52,74	4,07	144,06	57,92	4,47	71,67	28,82	2,22	0,03	0,03	
2020	1830,4	916184	79,49	33,05	1,86	86,76	36,07	2,03	43,43	18,06	1,02	0,03	0,03	
2021	1830,4	926202	411,30	46,78	5,69	444,07	50,51	6,14	224,70	25,56	3,11	0,03	0,03	
2022	1830,4	937025	451,62	30,92	1,61	481,97	33,00	1,72	246,73	16,89	0,88	0,03	0,03	

Примечание: численность населения – [7]; ресурсы поверхностных и подземных вод – [8]

по течению, после впадения Алдана, в питании р. Лены снова начинают преобладать талые воды. Наибольшая часть стока проходит весной, зимний сток незначительный.

В качестве меженного стока рек Восточной Сибири принят зимний сток с ноября по март, когда реки покрыты льдом и в их питании принимают участие только подземные воды. Это дает основание по данным меженных расходов рек оценить масштабы и направленность изменений подземной и минимальной составляющей общего речного стока за последние годы [5].

Зимний сток р.Лены мал (1-3 л/с\*км<sup>2</sup>), малые реки перемерзают. Наличие многолетнемерзлых пород и крутой рельеф бассейна обуславливают относительно быстрое протекание половодья за 1-2 месяца, на которое приходится от 34% годового стока в верховьях бассейна в пределах Иркутской области до 59% в низовьях. На многих участках прохождение половодья сопровождается образованием заторов. Половодье зачастую имеет несколько пиков, что связано с выпадением дождей и заморозками. Летняя межень выражена на реках бассейна с преобладающим снеговым питанием и часто прерывается паводками [6].

Одной из характерных черт Восточной Сибири является широкое распространение многолетнемерзлых пород (ММП). В северных и центральных районах их мощность достигает 200-500 метров и более. В южных частях Забайкалья, в бассейне верхней Лены, мощность мерзлых пород снижается, и появляются участки переходной и островной мерзлоты с таликами.

При сплошном распространении ММП доля таликов составляет не более 5% от всей территории, в зоне переходной мерзлоты – 50%, а в островной мерзлой зоне – свыше 80% [5].

В бассейне Лены отмечаются сравнительно высокий уровень поверхностного и подземного стока (несмотря на относительно низкое количество атмосферных осадков в большинстве районов региона, минимальные потери от испарения в условиях сурового климата, а также широкое распространение маломощных водоносных горизонтов).

Оценка современных водных ресурсов бассейна Лены свидетельствует об их изменении в различной степени по всем рассмотренным створам р. Лены и ее притоков за последние десятилетия. Годовой речной сток уменьшался до 2020 г. почти в 6 раз (с 516,7 до 79,49 км<sup>3</sup>/год), а потом возрос до 451,62 км<sup>3</sup>/год. Динамика меженного стока схожая – уменьшение к 2015 году (с 48,01 до 16,49 км<sup>3</sup>/год), затем чередование относительно высоких и низких значений с максимумом 52,74 км<sup>3</sup>/год в 2019 г. (рис. 1). В 2022 г. меженный сток составил 30,92 км<sup>3</sup>/год.

В результате этого в 2020 г. наблюдалась крайне низкая водообеспеченность естественными ресурсами поверхностных вод – 86,76 тыс. м<sup>3</sup>/год на чел. или 43,43 тыс. м<sup>3</sup>/год на км<sup>2</sup>. За 15-летний период население, проживающее в якутской части бассейна р. Лены, выросло на 400 тыс. человек, поэтому возрастает значение подземных вод, водообеспеченность которыми в 2022 г. составила – 33,00 тыс. м<sup>3</sup>/год на чел. или 16,89 тыс. м<sup>3</sup>/год на км<sup>2</sup> (рис. 2, 3).

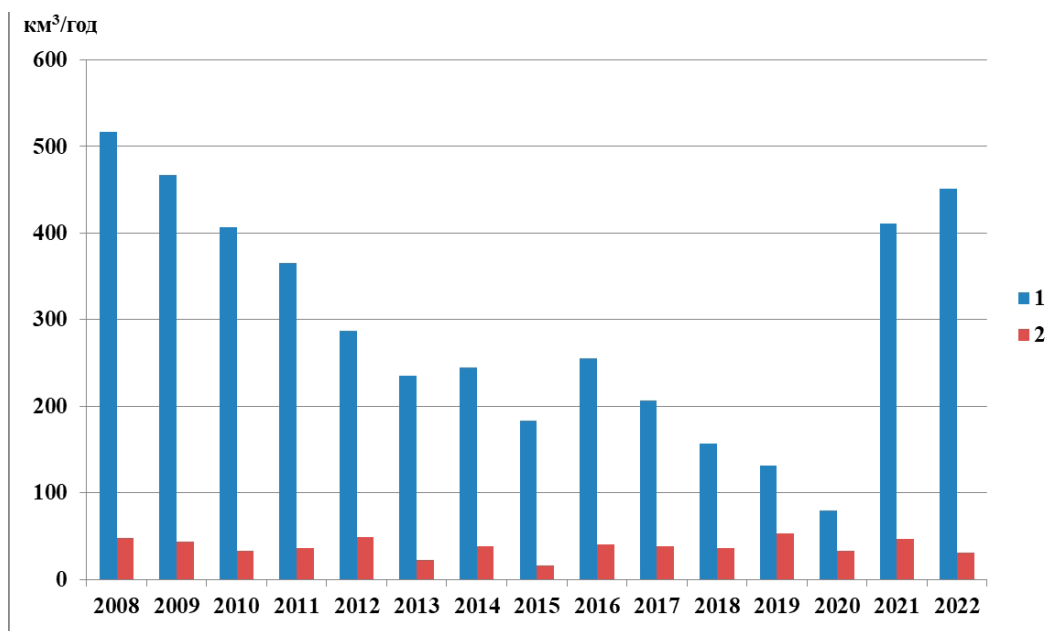
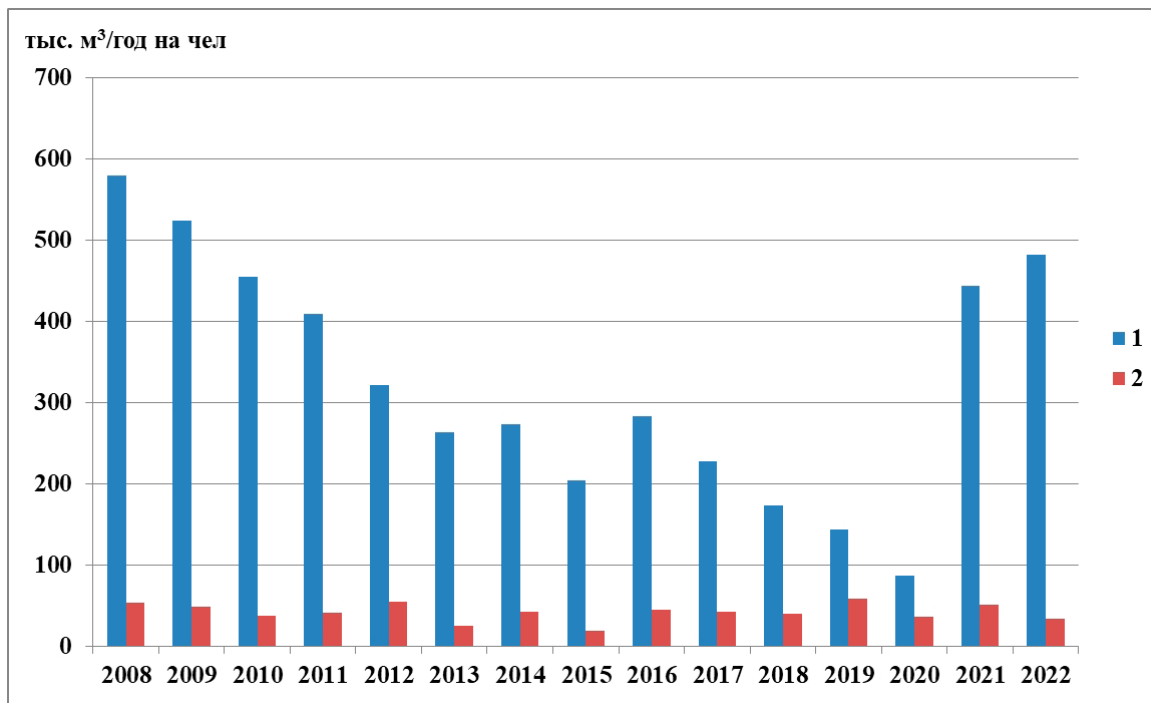
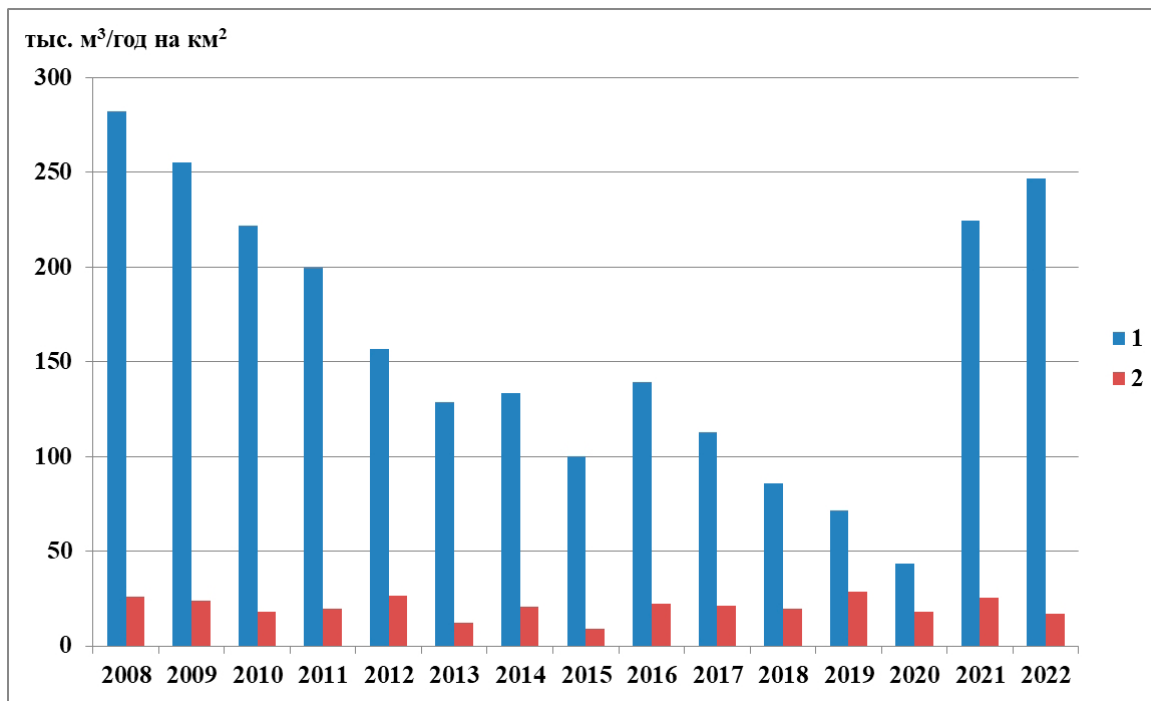


Рис.1. Естественные ресурсы поверхностных (1) и подземных (2) вод бассейна р. Лены.



**Рис.2.**  
Водообеспеченность естественными ресурсами поверхностных (1) и подземных (2) вод бассейна р. Лены на одного человека.



**Рис.3.**  
Водообеспеченность естественными ресурсами поверхностных (1) и подземных (2) вод бассейна р. Лены на квадратный километр.

Среди факторов формирования и изменения стока рек Восточной Сибири ведущая роль принадлежит климатическим характеристикам. Вместе с тем, особого внимания заслуживают особенности формирования стока в зимний период, который в этих климатических условиях составляет 5-6 месяцев.

В качестве межлетнего стока рек Восточной Сибири принят зимний сток с ноября по март, когда реки покрыты льдом и в их питании принимают участие только подземные воды. Это дает основание по данным межлетних расходов рек оценить масштабы и направленность изменений подземной и минимальной составляющих общего речного стока за последние годы в связи с климатическими вариациями.

#### Выводы

Выполнена комплексная региональная оценка водных ресурсов Якутской части бассейна Лены. Годовой речной сток и водобеспечен-

ность естественными ресурсами поверхностных вод к 2020 году уменьшились в 4-6 раз, но затем выросли до значений 87% и 64% от уровней 2008 г. соответственно.

Меженный сток уменьшался к 2015 году, но затем вернулся к первоначальным значениям.

Современный режим речного стока характеризуется увеличением зимней межени или подземной составляющей. В результате этого на фоне ежегодного роста населения в республике возрастает значение подземных вод, водообеспеченность которыми составляет – 33,00 тыс. м<sup>3</sup>/год на чел. или 16,89 тыс. м<sup>3</sup>/год на км<sup>2</sup>.

Актуальность выполненных исследований постоянно возрастает в связи с сохраняющейся нестационарностью климатических характеристик. Данные оценки водных ресурсов и режима стока найдут применение при разработке мероприятий по использованию и охране водных ресурсов региона. ❶

#### Литература

1. Джамалов Р. Г., Власов К. Г., Галагур К. Г., Сафронова Т. И., Григорьев В. Ю., Ефимов В. А., Решетняк О. С., Оботуров А. С. Закономерности изменений модуля химического стока рек бассейна Лены в 2010–2019 годах // Водные ресурсы. 2023. Том 50, No 2. С. 1-12.
2. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Решетняк О.С., Кондакова М.Ю. Транспорт загрязняющих веществ по крупным рекам Европейского Севера и Сибири // Водные ресурсы. 2015. Том 42, № 3. С. 279-287
3. Материалы к государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации» по Республике Саха (Якутия) за 2022 год. 280 с.
4. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна р. Лена. Книга 1. Общая характеристика речного бассейна. 2014. 137 с.
5. Джамалов Р.Г., Кричевец Г.Н., Сафронова Т.И. Современные изменения водных ресурсов в бассейне р. Лены // Водные ресурсы. 2012. том 39, № 2. С. 131-145.
6. Гидрохимический сток реки Лены. Атлас / Джамалов Р.Г., Решетняк О.С., Сафронова Т.И., Власов К.Г., Оботуров А.С., Галагур К.Г., Григорьев В.Ю., Под ред. Джамалова Р.Г., Решетняк О.С. М: ООО «Роликс», 2024. 155 с.
7. Численность и состав населения // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия) URL: [https://14.rosstat.gov.ru/chisl\\_sostav](https://14.rosstat.gov.ru/chisl_sostav) (дата обращения: 15.09.2024).
8. Информационные бюллетени о состоянии недр федеральных округов // Гидроспецгеология URL: <https://specgeo.ru/monitoring-sostoyaniya-nedr/gosudarstvennyy-monitoring-nedr-gmsn/production-info/> (дата обращения: 10.09.2024).

UDC: 556.5; 504.064

**R.G. Dzhamalov**, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory of Hydrogeological Problems of Environmental Protection, roald@iwp.ru

**T.I. Safronova**, Lead engineer, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, tisafr@yandex.ru

**K.G. Galagur**, junior research assistant, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, kristina3286@yandex.ru

**A.S. Oboturov**, junior research assistant, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, phantom-91\_91@mail.ru

## THE QUALITY OF RIVER WATERS OF THE LENA RIVER BASIN

**Abstract:** The assessment of natural resources of surface and groundwater of the Republic of Sakha (Yakutia) for the part of the Lena River basin between the Krestovsky and Kyushur hydro posts for the period from 2008-2022 was carried out. The water availability of natural resources of surface and groundwater for this territory is presented.

**Keywords:** non-stationary climate, water resources, groundwater, inter-soil runoff, annual runoff.