Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIV, вып. 2, 1962 г.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЯКУТСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

В. М. Максимов

Якутский артезианский бассейн принадлежит к числу крупнейших бассейнов СССР. Площадь его более одного миллиона квадратных километров. Бассейн занимает центральное положение среди других гидрогеологических районов северо-востока СССР — Хатангского бассейна (на севере), Оленекского и Тунгусского бассейнов (на северо-западе, западе), Верхнеленского бассейна, Алданского гидрогеологического массива (на юге), Восточно-Верхоянской и Западно-Верхоянской складчатых гидрогеологических областей (на востоке и северо-востоке, см. рисунок).

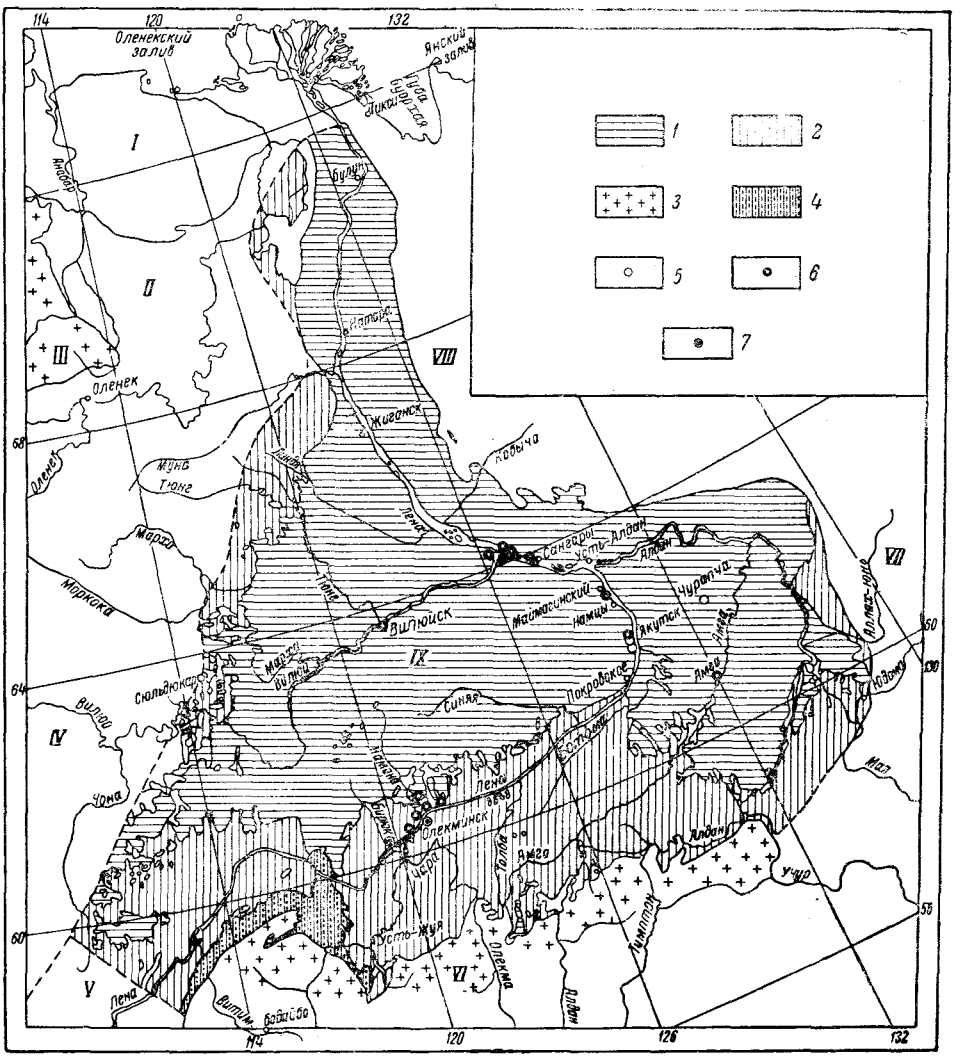
В строении бассейна принимают участие допалеозойские, палеозойские и мезокайнозойские отложения. Палеозойские карбонатные, гипсоносные и соленосные отложения преимущественно распространены по периферии бассейна, а мощный комплекс мезокайнозойских песчано-глинистых пресноводных образований — во внутренней его части. Кристаллические породы допалеозоя, представленные гранито-гнейсами, кристаллическими сланцами, кварцитами, слагают фундамент бассейна. В южных районах бассейна допалеозойские породы покрываются отложениями нижнего палеозоя, в окрестностях Якутска они вскрыты под мезокайнозоем на глубине 563 *м*, а в районе г. Вилюйска эти породы залегают на глубине более чем 3 *км*, так как скважина глубиной 2937 *м*, пройденная в мезокайнозое, не вскрыла даже палеозойских пород. Поверхность фундамента в границах бассейна неровная — встречаются области глубокого залегания фундамента (Намцы, Вилюйск, Тас-Тумус, Олекминск, Дельгей и др.) и близкого (поднятия, выступы — например, в районах Якутска, рр. Синей, Толбы и др.).

Палеозойские отложения с северо-запада, запада, юго-запада, юга, юго-востока окаймляют изменчивой по ширине полосой внутреннюю часть бассейна, сложенную породами юрского, мелового, третичного и четвертичного возрастов.

В пределах Якутского артезианского бассейна повсеместно прослеживается зона многолетнемерзлых горных пород [1], мощность которой при общем возрастании в северном направлении колеблется в широких пределах. В районах глубоких депрессий, выполненных мощным комплексом мезозойских и кайнозойских песчано-глинистых отложений

[1] В дальнейшем зона многолетнемерзлых горных пород называется мерзлой зоной. — *Прим ред.*

(Вилюйская, Намская депрессии), мощность мерзлой зоны превышает 450—500 *м*, тогда как в области развития карбонатных, гипсоносных и соленосных пород (южные районы бассейна) ее основание прослеживается на глубинах 100—150 *м*.



Схематическая гидрогеологическая карта Якутского артезианского бассейна:

I — Хатангский артезианский бассейн; *II* — Оленекский артезианский бассейн; *III* — Анабарский гидрогеологический массив; *IV* — Тунгусский артезианский бассейн; *V* — Верхнеленский артезианский бассейн; *VI* — Алданский гидрогеологический массив; *VII* — Восточно-верхоянская гидрогеологическая область; *VIII* — Западно-верхоянская гидрогеологическая область; *IX* — Якутский артезианский бассейн.

Подземные воды: *1* — мезокайнозойских отложений; *2* — палеозойских отложений; *3* — допалеозойских образований; *4* — синийских отложений (не изучены); *5* — эксплуатационные и разведочные скважины на воду; *6* — опорные и нефтегазоразведочные скважины; *7* — солеразведочные скважины.

Составлена В. М. Максимовым

Изменение мощности мерзлой зоны объясняется различной глубиной залегания фундамента и различными тепловыми свойствами мезокайнозойских и палеозойских пород.

Отметим, что мерзлая зона не сплошная: под большими реками — Леной, Вилюем, Алданом — и в приустьевых частях крупных притоков

этих рек в ней встречаются сквозные талики — своеобразные области питания и разгрузки самых различных водоносных комплексов и горизонтов Якутского артезианского бассейна.

Структура Якутского артезианского бассейна непроста. Так, Е. В. Ильина по геолого-структурному признаку выделяет в нем четыре гидрогеологические области и семь гидрогеологических районов: Приверхоянскую область с двумя районами — Китчанским и Тас-Тумусским; Вилюйскую область с Кемпендяйским районом; Ленскую область с Якутским, Амгинским, Березовским и Нюйским районами; область южного склона Анабарского щита и Сюльдюкарского поднятия [11]. Такое районирование Якутского бассейна более обосновано в геолого-структурном отношении, чем схемы районирования других гидрогеологов, занимающихся изучением подземных вод бассейна.

Гидрогеологическими исследованиями последних 15 лет установлено, что Якутский артезианский бассейн обладает огромнейшими запасами подземных вод. Эти воды залегают и циркулируют в палеозойских породах, образуя в них несколько водоносных комплексов и горизонтов, различных по своей мощности, водообильности, условиям залегания, напору и характеру дренирования, и в мезокайнозойских отложениях, где выявлено четыре водоносных комплекса, содержащих воду в жидкой фазе и залегающих над мерзлой зоной, внутри ее и преимущественно под зоной. Выявлены воды в твердой фазе — залежи подземного льда в зоне мерзлых пород Лено-Алданского междуречья.

По площади подземные воды в Якутском артезианском бассейне отчетливо распределяются по двум взаимосвязанным областям — внешней (около 25% площади), где развиты преимущественно минерализованные воды палеозойских карбонатных, гипсоносных и соленосных горных пород, и внутренней (примерно 75% площади), в песчано-глинистых отложениях мезокайнозоя которой залегают воды различного солевого состава.

Подземные воды Якутского артезианского бассейна планомерно начали изучаться с 1939 г. гидрогеологическим отрядом Якутской экспедиции Академии наук СССР, в состав которого входили Н. И. Толстихин и автор данной статьи. Позднее в отдельных районах Якутского бассейна гидрогеологические исследования проводились А. И. Ефимовым [7, 8, 9], П. И. Мельниковым [16, 17], Н. А. Грибовой [6], В. М. Максимовым [14, 15], Г. Д. Севонько [18], В. В. Крыловым, Н. П. Анисимовой [1, 2], В. В. Уземблo, Н. А. Вельминой [5], Е. А. Басковым [3, 4], В. П. Шугриным [21], Е. В. Ильиной [11], Л. А. Грубовым и др. Результатом этих исследований являются отчеты и печатные работы, в большинстве которых подземные воды делятся на классы и подклассы, главным образом относительно зоны мерзлых пород, т. е. в соответствии с классификацией подземных вод, предложенной в свое время Н. И. Толстихиным для всей области развития многолетнемерзлых пород в СССР [20]. Эта классификация не утратила своего значения до настоящего времени. Больше того, она составляет основу более поздних классификаций подземных вод области развития мерзлых пород, например классификации А. И. Калабина (см. таблицу [12]).

В настоящее время в Якутском артезианском бассейне по геолого-стратиграфическому признаку можно выделить три группы подземных вод, приуроченных к трем этажам водоносных горных пород[1] (см.

[1] Подземные воды синийских отложений, развитых на юге бассейна, совершенно не изучены и здесь не рассматриваются. При дальнейшем изучении гидрогеологии бассейна воды синия займут особое место в классификации подземных вод бассейна. Пока лишь, по данным геологии, можно предполагать, что в породах синия широко распространены трещинно-пластовые и трещинно-карстовые воды.

Группа подземных вод	Водоносный комплекс и горизонт *	Виды подземных вод						Практическое значение и использование подземных вод
		по залеганию и характеру вмещающих воду горных пород	по залеганию относительной зоны мерзлых пород	по характеру напора	по минерализации	по газовому составу	по фазовому состоянию	
I. Воды допалеозойских образований	1. Водоносный комплекс архейских пород	Трещинные воды зоны выветривания пород архея и протерозоя, залегающих в пределах деятельного слоя и надмерзлотных таликов	Надмерзлотные	Периодически напорные	Преимущественно пресные	Кислородные, кислородно-азотные	Жидкая, твердая	Временное водоснабжение
	2. Водоносный комплекс протерозойских пород	Трещинно-жильные воды отдельных трещин и зон тектонического происхождения	Межмерзлотные и подмерзлотные	Напорные	Пресные, минерализованные	Не изучены	Жидкая	Постоянное водоснабжение, лечебные цели (?)
II. Воды палеозойских отложений	1. Водоносный комплекс нижнекембрийских отложений (водоносные горизонты толбинской, пестроцветной, толбочанской, чарской свит)	Трещинные воды, зоны выветривания пород *палеозоя*, *залегающие* в пределах деятельного слоя и надмерзлотных таликов Трещинно-пластовые Трещинно-карстово-пластовые	Надмерзлотные	Периодически напорные	Преимущественно пресные	Кислородные, кислородно-азотные	Жидкая, твердая	Временное водоснабжение
	2. Водоносный комплекс среднекембрийских отложений Трещинно-жильные							
	3. Водоносный комплекс верхнекембрийских отложений (водоносные горизонты кемпендяйской, курунгурях-ской, верхоленской свит) 4. Водоносный комплекс ордовикских отложений (водоносные горизонты устькутской, криволуцкой, чертовской, макаровской свит) 5. Водоносный комплекс силурийских отложений		Мерзлотные и подмерзлотные	Напорные; иногда безнапорные (воды сквозных таликов)	Пресные, минерализованные, рассолы	Кислородно-азотные, углекисло-азотные, метаново-углекисло-азотные, азотно-метановые, метановые с содержанием тяжелых углеводородов	Жидкая	Постоянное водоснабжение (пресные воды), добыча соли, брома, лечебные цели и нефтегазопоисковое значение (рассолы, минерализованные воды)

III. Воды мезокайнозойских отложений	1. Водоносный комплекс юрских отложений (водоносные горизонты нижней пресноводной свиты в районе Якутска и на Лено-Амгинском междуречьи, чечумской и байлыкской серий в районах Намска, Сангар, Тас-Тумаса, Китчан)	Трещинные воды зоны выветривания юрских и меловых пород, залегающие в пределах деятельного слоя и надмерзлотных таликов Поровые воды деятельного слоя и таликов Порово-пластовые воды Трещинно-пластовые воды Трещинно-жильные воды Залежи подземного льда	Надмерзлотные	Периодически напорные	Преимущественно пресные	Кислородно-азотные	Жидкая, твердая	Временное и мелкое водоснабжение
	2. Водоносный комплекс меловых отложений (водоносные горизонты сангарской серии района Сангар)		Межмерзлотные и подмерзлотные	Напорные, иногда безнапорные (воды сквозных таликов)	Пресные и минерализованные	Азотно-метановые, метановые с содержанием тяжелых углеводородов	Жидкая	Постоянное водоснабжение (пресные воды); нефтегазопоисковое значение
	3. Водоносный комплекс четвертичных отложений (грунтовые воды деятельного слоя, подрусловых и подозерных таликов. Подземные льды Лено-Алданского междуречья)		Межмерзлотные	—	—	—	Твердая	Индивидуальное водоснабжение

* Подземные воды синия не изучены, поэтому здесь не показаны.

таблицу): *I* — допалеозойских образований; *II* — палеозойских отложений; *III* — мезокайнозойских отложений.

Как видно из приведенной таблицы, каждая группа подразделяется на водоносные комплексы и горизонты, а также на виды по условиям залегания и характеру вмещающих воду горных пород, характеру напора, фазовому состоянию воды, ее газовому составу, минерализации и наличию мерзлой зоны земной коры.

I. **Воды допалеозойских образований.** Эти воды связаны с горными породами докембрия, которые участвуют в строении фундамента Якутского артезианского бассейна. По условиям залегания и характеру вмещающих воду горных пород эти воды делятся на трещинные и трещинно-жильные. Первые связаны с трещинами выветривания докембрийских кристаллических пород. Глубина их распространения обычно не выходит за пределы первых ста метров, считая от поверхности земли. Вторые — приурочены к трещинам тектонического происхождения, встречаемым в южной части бассейна (область развития допалеозойских пород).

Воды допалеозойских образований залегают над мерзлой зоной (надмерзлотные воды), внутри зоны (межмерзлотные воды) и под зоной (подмерзлотные воды). Часто эти воды бывают гидравлически связаны между собой, а также с водами осадочных горных пород, покрывающих допалеозойские породы или контактирующих с ними. По характеру напора допалеозойские[1] воды относятся к периодически напорным или безнапорно-напорным (надмерзлотные) и напорным (межмерзлотные и подмерзлотные).

II. **Воды палеозойских отложений.** Эти воды связаны с породами различных свит нижнего, среднего, верхнего кембрия, ордовика, силура, карбона и перми. По условиям залегания и характеру вмещающих воду горных пород воды палеозойских отложений подразделяются на трещинные, трещинно-пластовые, трещинно-карстовые и трещинно-жильные.

Трещинные воды характерны для зоны выветривания палеозойских пород, залегающих в пределах деятельного слоя и надмерзлотных таликов. Они аналогичны трещинным грунтовым водам районов, не занятых многолетнемерзлыми породами, с той лишь разницей, что в зимний период они в основном полностью промерзают. Трещинно-пластовые воды бывают связаны с пластами осадочных горных пород (известняками, доломитами, доломитизированными известняками, песчаниками и др.). В подавляющем большинстве этих пород трещины преобладают над порами. Трещинно-карстово-пластовые воды залегают и циркулируют по трещинам и подземным карстовым формам (каналам, пещерам и т. п.) в карбонатных, гипсоносных и соленосных горных породах (южные районы Якутского бассейна). Трещинно-жильные воды приурочены к тектоническим трещинам и зонам, наблюдаемым в местах развития дизъюнктивных нарушений палеозойских пород.

Воды палеозойских отложений залегают под мерзлой зоной (подмерзлотные), внутри зоны (межмерзлотные) и над верхней поверхностью зоны (надмерзлотные). Первые из них встречаются в жидкой фазе, вторые — в жидкой и твердой и последние — в жидкой (летом) и твердой (зимой) фазах.

По характеру напора подмерзлотные воды — напорные, межмерзлотные — напорные и безнапорные (в сквозных таликах), надмерзлотные — периодически напорные или безнапорно-напорные (безнапорные летом, напорные в период промерзания).

[1] Здесь и ниже термин *допалеозойские* и другая стратиграфическая терминология относятся к возрасту водоносных пород, но не вод. — *Прим. ред.*

В палеозойских породах Якутского бассейна распространены воды различной минерализации: от пресных, обычно залегающих в зоне дренирующего влияния гидрографической сети бассейна, до солоноватых, соленых вод и рассолов, содержащих в высоких и повышенных концентрациях Br, J и другие микроэлементы, характерные для соленосных и нефтеносных фаций (южные районы бассейна).

Пресные воды могут использоваться для водоснабжения, а рассолы — для добычи соли (Кемпендяй и др.) и представляют несомненный практический интерес для извлечения из них Br, J, а также имеют лечебное и нефтегазопоисковое значение.

III. **Воды мезозойских и кайнозойских отложений.** Эти воды приурочены к юрским, меловым, третичным отложениям и породам четвертичного возраста аллювиального, элювиального, делювиального и пролювиального происхождения, покрывающим юрско-меловые и палеозойские отложения, а в районе Алданского массива — породы допалеозоя. По условиям залегания и характеру вмещающих воду горных пород воды мезокайнозойских отложений можно разделить на трещинные, поровые, порово-пластовые, трещинно-пластовые и трещинно-жильные.

Трещинные воды встречаются в зоне интенсивного выветривания трещиноватых пород мезозоя (юра и мела), не перекрытых рыхлыми песчано-глинистыми образованиями четвертичного возраста и залегающих в пределах деятельного слоя и надмерзлотных таликов. Трещиноватые породы юры и мела в Якутском бассейне представлены песчаниками, аргиллитами, углями. Вмещающими породами для поровых вод в Якутском бассейне являются пески различной зернистости и глинистости и галечники аллювиального, пролювиального происхождения, а также песчано-глинистые породы элювия и делювия. К порово-пластовым относятся воды, залегающие в песках, слабосцементированных песчаниках, алевролитах и конгломератах юры и мела; к трещинно-пластовым — воды, связанные с пластами сильносцементированных, трещиноватых песчаников и конгломератов, а также трещиноватых аргиллитов, широко развитых в разрезах юрско-меловых отложений Якутского бассейна. Трещинно-жильные воды характерны для дизъюнктивных дислокаций района Сангар и др.

Воды мезокайнозойских отложений залегают над зоной мерзлых пород (надмерзлотные), внутри ее (межмерзлотные) и под зоной (подмерзлотные). По характеру напора надмерзлотные воды являются периодически напорными или безнапорно-напорными; межмерзлотные — напорными, реже (в сквозных таликах) — безнапорными; подмерзлотные — напорными.

Особое место среди подземных вод мезокайнозоя занимают залежи подземного льда Лено-Алданского междуречья, относимые нами к твердой фазе межмерзлотных вод. Минерализация вод мезокайнозойских отложений различная — встречаются как пресные, слабоминерализованные, так и воды с повышенной и высокой минерализацией, с содержанием микроэлементов (Br, J, Sr, Ba, Mn, Cu, Cr, Ti, B и др.) и растворенных в них газов (CH_4, тяжелые углеводороды), характерных для состава пластовых нефтяных вод (Китчанская структура, Намская скважина и др.).

Итак, в разрезе Якутского артезианского бассейна отчетливо выделяются три этажа водоносных горных пород — допалеозойский, палеозойский и мезокайнозойский. Каждый этаж включает ряд водоносных комплексов и горизонтов с пресными и минерализованными водами, со своими областями питания, напора и дренирования, которые определяются не только геологоструктурным строением бассейна, но и наличием зоны многолетнемерзлых пород. Влияние мерзлой зоны на подзем-

ные воды бассейна огромно: она затрудняет условия питания и дренирования водоносных комплексов и горизонтов. Кроме того, в зоне мерзлых пород многие водоносные горизонты промерзлены полностью, поэтому запасы жидких пресных подземных вод в бассейне не согласуются с размерами бассейна по глубине и площади, они значительно сокращены наличием зоны многолетнемерзлых горных пород.

Приводимая схема классификации подземных вод Якутского артезианского бассейна не отражает всех сторон существования и развития подземных вод в Якутском артезианском бассейне, а преследует чисто практические цели. Она может быть использована геологами и гидрогеологами при обработке материалов различных гидрогеологических съемок, проводимых в отдельных районах Якутского бассейна, и при составлении и изучении гидрогеологических разрезов скважин при разведке на воду, нефть, газ, уголь, соль, алмазы и другие полезные ископаемые.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимова Н. П. Химический состав подземных и поверхностных вод и некоторые закономерности его изменения в условиях распространения многолетнемерзлотных пород (район среднего течения р. Лены). Автореферат канд. дисс. Ин-т мерзлотовед. АН СССР, Якутск, 1957.

2. Анисимова Н. П. О химическом составе подземных вод некоторых глубоких горизонтов на территории Центральной Якутии. Мат-лы к основам учения о мерзлых зонах земной коры. Изд-во АН СССР, 1956, вып. III.

3. Басков Е. А. Подземные воды южной части Якутского артезианского бассейна. Автореферат канд. дисс. ВСЕГЕИ, 1958.

4. Басков Е. А. Подземные воды Якутского артезианского бассейна и некоторые возможности их практического использования. Мат-лы ВСЕГЕИ, 1959, вып. 24.

5. Вельмина Н. А., Узембло В. В. Гидрогеология центральной части Южной Якутии. Изд-во АН СССР, 1959.

6. Грибова Н. А. Геохимия и генетическая классификация вод Иркутской области и Якутии в связи с поисками нефти. Тр. ВНИГРИ, 1954, вып. 13.

7. Ефимов А. И. Якутский артезианский бассейн подмерзлотных вод. Изв. АН СССР. Серия геол., 1945, № 4.

8. Ефимов А. И. Источники водоснабжения территории Центральной Якутии. Мат-лы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии. Изд-во АН СССР, 1954, вып. 1.

9. Ефимов А. И. Некоторые особенности формирования подземных вод в пределах Южной и Центральной Якутии. Мат-лы по общему мерзлотоведению. Изд-во АН СССР, 1959.

10. Зайцев И. К., Гуревич М. С., Беляков Е. Е. Гидрохимическая карта Сибири и Дальнего Востока (объяснительная записка). Тр. ВСЕГЕИ. Новая серия, 1956, т. 3.

11. Ильина Е. В. Гидрогеология Якутского артезианского бассейна. Мат-лы по геологии и нефтеносности ЯАССР. Тр. ВНИГРИ, 1959, вып. 130.

12. Калабин А. И. Подземные воды северо-востока СССР. Магадан, 1958.

13. Каменский Г. Н., Толстихина М. М., Толстихин Н. И. Гидрогеология СССР. Госгеолиздат, 1959.

14. Максимов В. М. Подземные воды окрестностей Олекминска (ЯАССР). Зап. ЛГИ, 1955, т. XXXI.

15. Максимов В. М. О химизме подземных вод Якутского артезианского бассейна. Зап. ЛГИ, 1958, т. XXXIV, вып. 2.

16. Мельников П. И. О закономерностях распространения и развития мерзлых почв и горных пород в бассейне р. Лены. Мат-лы по общему мерзлотоведению. Изд-во АН СССР, 1959.

17. Мельников П. И., Ефимов А. И. Опыт эксплуатации подземных вод в области распространения вечной мерзлоты Центральной Якутии. Изд-во АН СССР, 1953.

18. Севонько Г. Д. Вечная мерзлота в бассейне р. Толбы. Тр. Ин-та мерзлотоведения АН СССР, 1952, т. IX.

19. Толстихин Н. И., Максимов В. М. Якутский артезианский бассейн. Зап. ЛГИ, 1955, т. XXXI.

20. Толстихин Н. И. Подземные воды мерзлой зоны литосферы. Госгеолиздат, 1941.

21. Шугрин В. П. Геохимическое изучение природных газов и вод Центральной Якутии. Автореф. канд. дисс. Моск. нефт. ин-т, 1955.