

МУНИЦИПАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«Лицей №3 им. А.С. Пушкина Октябрьского района г. Саратова»

Секция: Неорганическая химия

## Изучение общей жёсткости водопроводной и родниковой воды города Саратова

Автор работы:

Крюкова Анастасия Андреевна,  
Кошелева Кира Станиславовна, 10класс  
МАОУ «Лицей № 3 им. А.С. Пушкина»

Научный руководитель:

Лифатова Людмила Николаевна,  
учитель химии,  
МАОУ «Лицей № 3 им. А. С Пушкина»

Саратов, 2021г.

## Аннотация

Люди с давних лет напрямую зависели от воды. Мы используем воду в питьевых и гигиенических нуждах, в оросительных и отопительных системах, и в промышленности. Одним из важных свойств является жесткость воды.

Цель работы: оценка различий в общей жёсткости водопроводной, и родниковой воды, используемой населением, проживающим в центральной части города Саратова.

Задачами данной работы являются: проведение отбора проб из водопроводной сети в местах, сосредоточенных в центральной части города, а также из некоторых известных родников среди населения; проведение анализов общей жёсткости отобранных проб; на основании полученных результатов провести различий в показателях для водопроводной и родниковой воды.

Анализы жёсткости выполнялись методом комплексонометрии (титрованием), с использованием 0,05 Н раствора двунаатриевой соли этилендиамина тетрауксусной кислоты, иначе известной как комплексон III (трилон Б).

Анализ результатов определения общей жёсткости водопроводной воды Саратова показывает колебание значений в пределах 1,2-2,9 мг-экв/л. Различия объясняются определённым уровнем стабильности в работе водопроводной сети центральной части города, состоянием технологического оборудования водопровода, а также влиянием сезона на систему водозабора. Общая жёсткость родниковой воды изменяется от 1,2 до 7,45 мг-экв/л.

Данные исследования, на наш взгляд, имеют практическую значимость в плане водоснабжения города. Представленный материал показывает неплохой уровень качества воды, потребляемой населением. Вместе с тем, наиболее уязвимым элементом водоснабжения является состояние водопроводной сети. В разных частях города оно может

отличаться, и это отражается в колебаниях величины общей жёсткости. Состояние водопроводной сети определяется степенью износа труб и отражается в величинах жёсткости, в силу активной коррозии стенок труб и образования «железисто-известкового» камня. В этой связи, рекомендуется проводить отбор проб во всех административных районах, с периодичностью не менее 2-х раз в год, зимой (январь-февраль) и летом (август-сентябрь), сопоставляя с выходными данными фильтров городского водозабора.

По нашему мнению, данные о жёсткости нанесённые на карту города позволят выявить участки водопровода, находящиеся в предаварийной стадии. Такой подход позволит с одной стороны, проводить мониторинг одного из важных показателей качества, а с другой сократит неконтролируемые потери воды при авариях.

## Содержание

	Стр.
Введение.....	4
Что такое жёсткость? .....	4
Методика проведения исследования....	5
Результаты исследований.....	6
Влияние природных факторов на показатель жёсткости.....	8
Выводы.....	9
Используемая литература.....	10
Приложения	

## 1. Введение

Вода - на первый взгляд простейшее химическое соединение двух атомов водорода и одного атома кислорода - является, без всякого преувеличения, основой жизни и самым распространённым веществом на Земле. Люди с давних лет напрямую зависели от воды. Мы используем воду в питьевых и гигиенических нуждах, в оросительных и отопительных системах, и в промышленности.

Вода как растворитель обладает полезными, так и вредными свойствами. Полезность заключается в том, что к каждой клетке организма вода транспортирует необходимые вещества, необходимые для жизнедеятельности. Вместе с тем вода как растворитель может содержать избыточное количество вещества. При чём не редко эти вещества могут быть ядовитыми и опасными. Даже вещество на первый взгляд не вредное, в избыточном количестве может также негативно влиять на организм. Одним из важных свойств является жесткость воды.

Высокая жёсткость воды, особенно используемая для технических целей, является крайне вредным показателем её качества. При нагревании жёсткая вода образует нерастворимый осадок, представляющий собой смесь карбонатов кальция и магния, что в просторечии звучит как накипь.

Так что же такое жесткость, каковы ее свойства и значение для человека?

**Целью нашей работы** является оценка различий в общей жёсткости водопроводной и родниковой воды, используемой населением, проживающим в центральной части города Саратова.

**Задачами данной работы** являются: проведение отбора проб из водопроводной сети в местах, сосредоточенных в центральной части города, а также из некоторых известных родников среди населения; проведение анализов общей жёсткости отобранных проб; на основании

полученных результатов провести различий в показателях для водопроводной и родниковой воды.

## 2. Что такое жёсткость?

Жёсткость воды - это совокупность химических и физических свойств воды, обусловленная содержанием в ней растворённых солей щёлочноземельных металлов, а именно элементов II группы главной подгруппы Периодической системы. Под жёсткостью обычно понимают содержание в воде ионов  $Mg^{2+}$  и  $Ca^{2+}$

Ионы кальция ( $Ca^{2+}$ ) и магния ( $Mg^{2+}$ ), а также других щелочноземельных металлов, обуславливающих жесткость, присутствуют во всех минерализованных водах. Их источником являются природные залежи известняков, гипса и доломитов. Ионы кальция и магния поступают в воду в результате взаимодействия растворенного диоксида углерода с минералами и при других процессах растворения и химического выветривания горных пород. Источником этих ионов могут служить также микробиологические процессы, протекающие в почвах на площади водосбора, в донных отложениях, а также сточные воды различных предприятий.

Выделяют 2 типа жесткости воды:

1. Временная – карбонатная жесткость, обусловлена присутствием наряду с кальцием, магнием и железом гидрокарбонатных анионов;

2. Постоянная – некарбонатная жесткость, характеризуется присутствием сульфатных, нитратных и хлоридных анионов, соли кальция и магния которых прекрасно растворяются в воде;

Общая жесткость определяется как суммарная величина наличия солей магния и кальция в воде, то есть суммой карбонатной и некарбонатной жесткости. В соответствии с ГОСТом общая жесткость

воды измеряется в мг-экв/л. По величине общей жёсткости различают воду: мягкую (до 2 мг-экв/л); средней жёсткости (2-10 мг-экв/л) и жёсткую (более 10 мг-экв/л).

### 3. Методика проведения исследования

Для определения общей жёсткости водопроводной воды, отбор проб осуществлялся на территории всех шести районов Саратова, на участках, приуроченных к центральной части города (Приложение 1). Для решения этой задачи приняли участие учащиеся лицея № 3. Ученики набирали воду из крана холодной воды (без использования фильтров) в заранее подготовленную ёмкость. Объём каждой пробы составлял 500 мл. Для сравнения показателя общей жёсткости отбирались пробы из некоторых известных среди населения родников. Нами были выбраны следующие родники: родник у дороги, ведущей в санаторий «Октябрьское ущелье»; родник у подножья склона Лысой горы вверх по ул. Московской; родник у Алексеевского скита вверх по дороге от ост. 1-я Дачная. Все пробы (40 шт.) нумеровались с указанием точного адреса. Пробы оставлялись в лаборатории школы на сутки, для достижения комнатной температуры (Приложение 3). Анализы жёсткости выполнялись методом комплексонометрии, с использованием 0,05 Н раствора двуназатриевой соли этилендиамина тетрауксусной кислоты, иначе известной как **комплексон III** или **трилон Б**. К отмеренному объёму пробы в 50 мл, для создания слабо щелочной среды добавлялся аммиачный буферный раствор (2-2,5 мл). В качестве индикатора использовался эриохром «чёрный», смешанный с большим количеством хлорида натрия (для уменьшения концентрации индикатора). Далее к уже подготовленной пробе прибавлялось определённое количество реагента (трилона Б), который при достижении точки эквивалентности меняет цвет раствора индикатора от изначального вино-красного до сливово-синего (Приложение 3). Далее измерялся объём

трилона Б, затраченного на титрование. Расчёт самой жёсткости производился по формуле:

$$C = \frac{V \cdot n \cdot 1000}{v}$$

где: С- жёсткость воды (мг-экв/л)

V- Объём трилона Б пошедшего на титрование (мл)

n- Нормальность раствора трилона Б (Н)

v- Объём пробы водопроводной воды (мл)

Для достижения наиболее точных результатов каждая проба делилась на три равные части и отдельно титровалась. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1. Проверка реагентов проводилась титрованием дистиллированной воды.

Результаты определения общей жёсткости воды родников представлены в таблице 2.

#### **4. Результаты исследований**

Анализ результатов исследований общей жёсткости водопроводной воды Саратова показывает, что выборочная совокупность однородна, что свидетельствует об отсутствии иных, кроме естественных, факторов формирования жёсткости воды. В результате проведенных опытов были выявлены следующие особенности:

Общая жёсткость водопроводной воды Саратова, находится в пределах 1,2-2,9 мг-экв/л. Общая жёсткость родниковой воды находится в пределах 1,2-7,45 мг-экв/л.

Таблица 1

**Результаты анализа водопроводной воды на общую жёсткость**

№ пробы	Адрес	Район	Результат, мг-экв/л
1	Бахметьевская ,7	Октябрьский	2,5
2	Рабочая, 90/104	Фрунзенский	2,5
3	Томская ,7	Заводской	2,8
4	Яблочкова,28/54	Фрунзенский	2,7
5	Чернышевского,223/231	Волжский	2,7
6	Слонова,10/16	Фрунзенский	2,6
7	Проспект Кирова,31	Фрунзенский	2,6
8	Советская,72/82	Фрунзенский	2,5
9	Остановка 4 жил.уч.	Заводской	2,4
10	Зарубина,100/120	Кировский	2,6
11	Волжская,48/50	Октябрьский	2,5
12	Блинова,21	Ленинский	1,2
13	Верхоянская,4	Заводской	2,6
14	Московское шоссе,15	Ленинский	2,4
15	Пр.Строителей	Ленинский	2,4
16	Мичурина,17	Волжский	2,4
17	Мичурина,96	Октябрьский	2,4
18	50 лет Октября, 89	Кировский	2,4
19	Чернышевского, 143	Заводской	2,4
20	Береговая,1/15	Октябрьский	2,4
21	Рабочая,80	Октябрьский	2,2
22	Кедровая, 8	Волжский	2,4
23	Вавилова,8/26а	Фрунзенский	2,3
24	Дегтярная,28	Октябрьский	2,3
25	Советская,22/28	Октябрьский	2,4
26	Лицей №3	Октябрьский	2,9
27	Кутякова, 102	Кировский	2,4
28	Рахова/Рабочая ,61/71	Октябрьский	2,3
29	Гоголя,112/116	Кировский	2,4
30	Рахова,96	Фрунзенский	2,4
31	Карла Маркса,32/40	Октябрьский	2,4
32	Бахметьевская,24	Октябрьский	2,4
33	Пр.50 лет Октября, 20	Кировский	2,5
34	Чапаева, 97	Октябрьский	2,1
35	Белоглинская,34	Октябрьский	2,4
36	Чапаева.4	Октябрьский	2,3
37	Мичурина,19,27	Октябрьский	2,5

Таблица 2

**Результаты анализа на общую жёсткость родниковой воды Саратова**

№ родника	Расположение родника	Район	Дебит, л/ч	Результат, мг-экв/л
1	Родник у дороги ведущей в санаторий «Октябрьское ущелье»	Фрунзенский	1800	7,45
2	Родник у подножья склона Лысой горы вверх по ул. Московской	Кировский	280	2,09
3	Родник у Алексеевского скита вверх по дороге от ост. 1-я Дачная	Ленинский	500	1,2



## 5. Влияние природных факторов на показатель жёсткости

Жёсткость связана с рядом природных факторов, среди которых можно выделить особенность геологического строения исследуемой территории.

По литературным источникам известно, что общая жёсткость воды водопроводной сети связана также с климатическими факторами – средне-суточной температурой воздуха и воды. В целом, жесткость поверхностных вод, как правило, меньше жесткости вод подземных. Жёсткость природных вод может варьироваться в довольно широких пределах и в течение года непостоянна. Увеличивается жёсткость из-за испарения воды. Уменьшается в сезон дождей, а также в период таяния снега и льда, что связано эффектом разбавления, за счёт поступления дополнительных объёмов за счёт осадков. На данном этапе полученные результаты связаны с температурой воды в сети водопровода с октября по декабрь прошлого года.

Если же оценивать жёсткость в родниках, то к температурному фактору добавляется - геологический, т. е. вещественным составом горных пород, являющихся как коллекторами, так и водоупорами. Геологическое строение Лысогорского массива в пределах Саратова изучено нами в ходе пройденных маршрутов. В частности, в Завокзальном ущелье нам удалось проследить следующую последовательность напластования горных пород (снизу - вверх) (Приложение 2):

1. Сенманский ярус ( $K_{2s}$ ) слагает основание. Представлен песками мелкозернистыми кварцевыми, с включениями глауконита и слюды. Мощность 40 м.

2. Турон-коньякские ( $K_{2t-k}$ ) нерасчленённые отложения обнажаются уплотненным песчаным мелом с галькой фосфоритов диаметром до 8 мм. Мощность составляет 0.5-1 м.

3. Сантонский ярус ( $K_{2st}$ ) сложен трещиноватыми опоками с прослоями глин и кремнистых алевроитов. В основании разреза залегает фосфоритовый горизонт мощностью 1-1,5 м. Общая мощность 25 м.

4. Кампанский ярус ( $K_{2km}$ ) представлен песчаниками кварцево-глауконитовыми и вышележащими трещиноватыми опоками. Мощность не превышает 7 м.

5. Маастрихтский ярус ( $K_{2m}$ ) в окрестностях г. Саратова представлен двумя пачками: глинистой и мергелистой. Глинистая (нижняя пачка) состоит из переслаивающихся чёрных глин и белых мергелей, мощностью 12-26 м. Мергелистая пачка сложена мергелем с включениями линз алевроита. Мощность составляет 35 м.

6. Сызранская свита ( $P_{1sz}$ ) в своей нижней части сложена тёмно-серыми трещиноватыми опоками, сменяемыми выше ритмичной пачкой песчаников и алевролитов. Мощность составляет 40 м.

7. Саратовская свита ( $P_{1sr}$ ) образована циклически чередующимися песками, песчаниками с тонкими прослоями глин. Мощность составляет до 7 м.

Склоны Лысой горы практически повсеместно покрыты осыпями, образующимися при разрушении пород слагающих Лысогорский массив. Они представляют собой делювиальные и коллювиальные отложения мощностью около 2-3 м.

Коллювиальные (оползневые) отложения распространены весьма локально, в местах заброшенных карьерных разработок. Мощность достигает 20 м.

Родники выходят на склоне Лысогорского массива и приурочены к отдельным водоносным горизонтам. Знакомясь с результатами гидрогеологических исследований, мы отмечаем наличие 7 водоносных горизонтов. Из них наиболее выделяются три.

Водоносный сызранский терригенный горизонт мощностью от 1,0 до 17,0 м и глубиной залегания в среднем от 30 до 70 м. Этот горизонт питает

большинство родников, используемые населением с дебитом от 0,03 до 3,0 л/с. Суммарный родниковый сток составляет 1055 куб.м/сут. Минерализация от 0,2 до 0,5 г/дм<sup>3</sup>. Воды по своему химическому составу преимущественно сульфато-гидрокарбонатные, на что влияют карбонатные породы маастрихтского яруса, являющиеся водоупором.

Водопроницаемый локальный сантон-кампанский карбонатно-терригенный водоносный горизонт со слабым обводнением без образования родников.

Сеноманский водоносный горизонт развит в основании Лысогорского массива. Подошва горизонта находится на абс. отм 93-97 м. Водовмещающие породы представлены песками мелко- и среднезернистыми. Общий дебит 259 м<sup>3</sup>/сут. Минерализация 0,5- 1,0 г/л.

Данные по геологическому изучению позволили прийти к заключению о том, что на жёсткость воды оказывает влияние вещественный состав карбонатно-кремнистых отложений.

## **8. Выводы**

Анализ результатов определения общей жёсткости водопроводной воды Саратова показывает колебание значений в пределах 1,2-2,9 мг-экв/л. Различия объясняются определённым уровнем стабильности в работе водопроводной сети центральной части города, состоянием технологического оборудования водопровода, а так же влиянием сезона на систему водозабора.

Общая жёсткость родниковой воды изменяется от 1,2 до 7,45 мг-экв/л. Колебания этого показателя напрямую связаны с геологическими и гидрогеологическими условиями (последовательность напластования пород и состояние водоносных горизонтов) Лысогорского массива. В соответствии с документом (ГОСТ Р 52407-2005) жёсткость

водопроводной воды оценивается как невысокая и средняя, а жёсткость родниковой воды - средняя.

**Данные исследования, на наш взгляд, имеют практическую значимость в плане водоснабжения города.** Представленный материал показывает неплохой уровень качества воды, потребляемой населением. Вместе с тем, наиболее уязвимым элементом водоснабжения является состояние водопроводной сети. В разных частях города оно может отличаться, и это отражается в колебаниях величины общей жёсткости. Состояние водопроводной сети определяется степенью износа труб и отражается в величинах жёсткости, в силу активной коррозии стенок труб и образования «железисто-известкового» камня. В этой связи, рекомендуется проводить отбор проб во всех административных районах, с периодичностью не менее 2-х раз в год, зимой (январь-февраль) и летом (август-сентябрь), сопоставляя с выходными данными фильтров городского водозабора.

По нашему мнению, **данные о жёсткости нанесённые на карту города позволят выявить участки водопровода, находящиеся в предаварийной стадии. Такой подход позволит с одной стороны, проводить мониторинг одного из важных показателей качества, а с другой сократит неконтролируемые потери воды при авариях.**

#### **Используемая литература**

Белонович А.В. Химико-аналитические исследования // Саратовский научно-образовательный геоэкологический полигон: Учеб. Пособие – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2007г. – с. 177-184.

Гладков В.А. Аналитическая химия промышленных сточных вод. - М. 1984..

Лурье Ю.Ю. Методы химического анализа вод. кн. 1, 2, 3 - М. 1977,

Родники Саратова / Ред. кол. Балахнин А.И., Иванов В.П., Смотров В.Н. и др. - Саратов. 2000. ИКД «Пароход». 48 с.

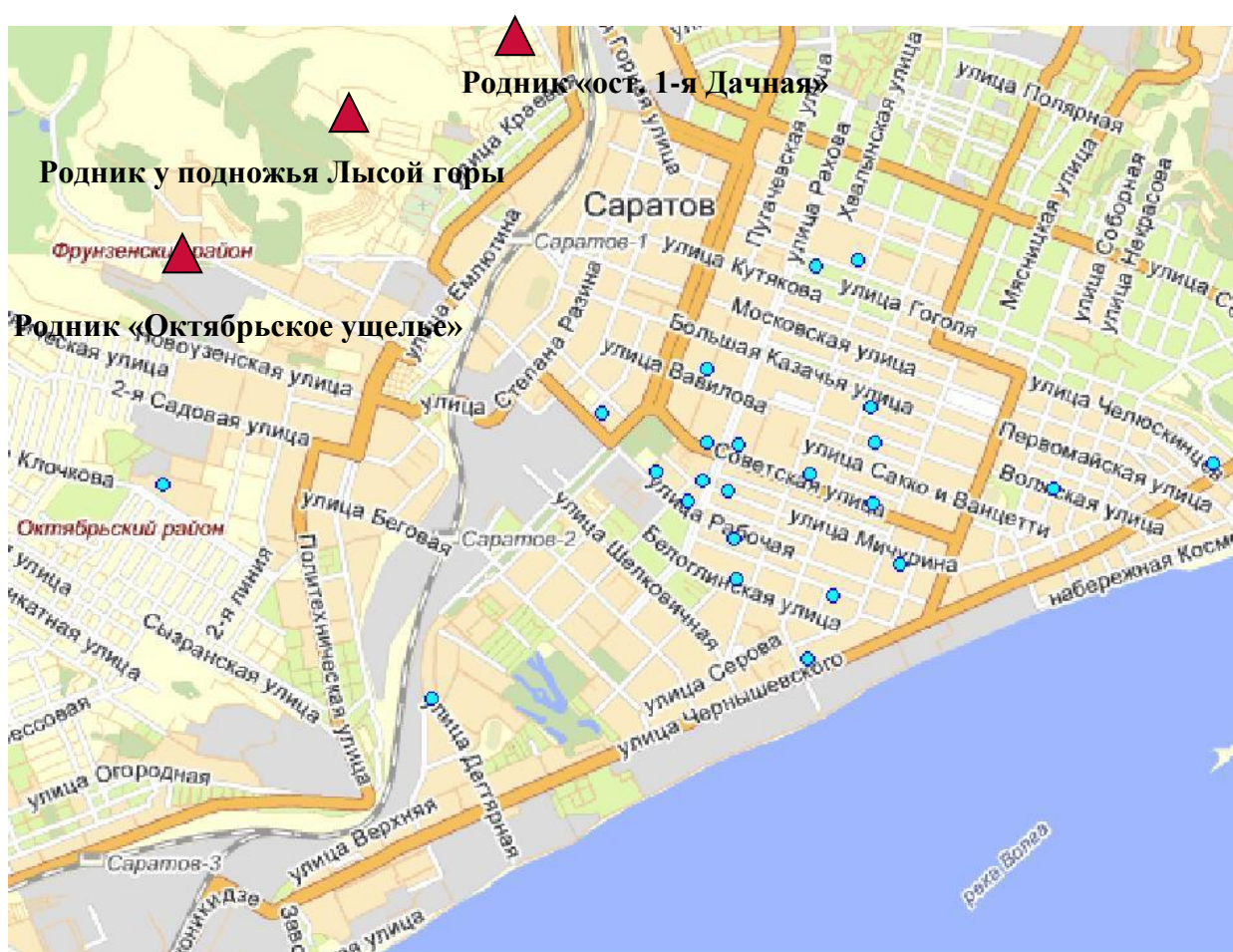
Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши, под ред. А.Д. Семенова. Л., 1977;

Унифицированные методы исследования качества вод. ч. 1. // Интернетресурсы


Шишкин А.Д. Анализ результатов проб родниковой воды в окрестностях Саратова // материалы диссертации. – Саратов. 2005.


#### Приложение 1

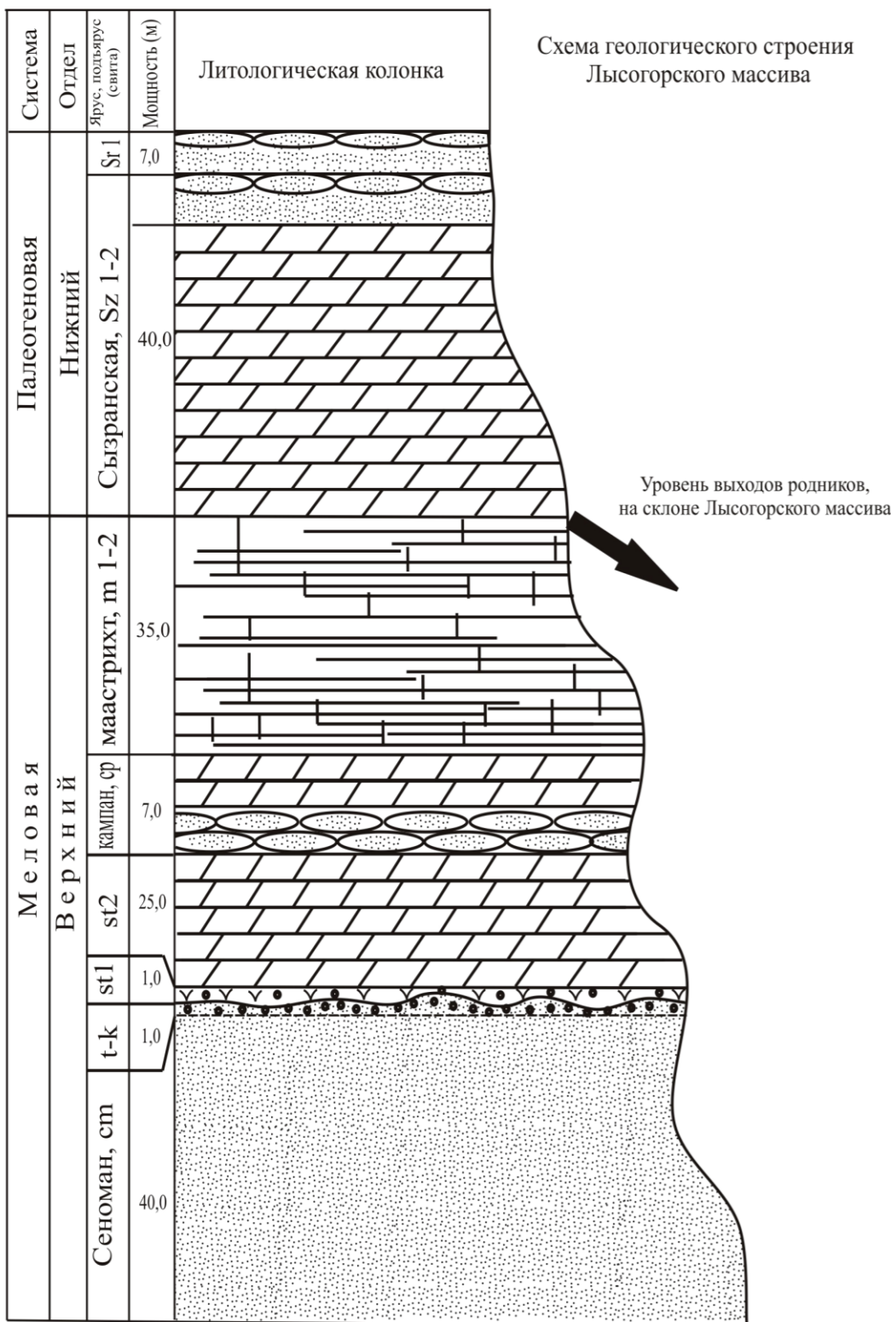
Места отбора проб водопроводной воды и из родников, отмечены на карте (показана центральная часть города)








Условные знаки

 места отбора водопроводной воды

 места отбора родниковой воды



Условные знаки

-  - опока
-  - песок
-  - мергель
-  - песчаник
-  - фосфориты; "губковый горизонт"



Работа в лаборатории



Используемые реактивы



Подготовка проб к анализу



Создание щелочной среды



Добавление реагента



Готовый к анализу реактив



Окраска раствора до титрования



Окраска раствора после титрования